

Rapport

Waterhuishouding

Plangebied Zwaluwenbunders te Tilburg



Rapport

Waterhuishouding

Plangebied Zwaluwenbunders te Tilburg

OPDRACHTGEVER	Gemeente Tilburg Postbus 90155 5000 LH Tilburg
DATUM	2 juli 2024
DOCUMENTNUMMER	P21-0934-060
OPGESTELD DOOR	Roos Lindemulder en Tjeerd van Spronsen
PROJECTLEIDER	Arjan Averink

BOOT organiserend ingenieursburo bv
Plesmanstraat 5
3905 KZ Veenendaal

WEBSITE www.buroboot.nl
E-MAIL info@buroboot.nl

Titelpagina

ONDERZOEK	Waterhuishouding Klimaatlandgoed Zwaluwenbunders
DATUM	2 juli 2024
OPDRACHTGEVER	Gemeente Tilburg Postbus 90155 5000 LH Tilburg Telefoon: 06-31986236
CONTACTPERSOON	O. Keij
UITGEVOERD DOOR	BOOT organiserend ingenieursburo bv Plesmanstraat 5 3905 KZ Veenendaal
CONTACTPERSOON	Arjan Averink

Inhoudsopgave

1	INLEIDING.....	4
1.1	AANLEIDING.....	4
1.2	DOEL	4
1.3	LEESWIJZER	4
2	GEOHYDROLOGISCHE TYPERINGEN GEBIED.....	5
2.1	LOCATIE.....	5
2.2	LANDGEBRUIK.....	7
2.3	GEOLOGIE	8
2.4	GRONDWATER	14
2.5	OPPERVLAKTEWATER	25
3	GEOHYDROLOGISCHE WERKING SYSTEEM.....	27
3.1	INUNDATIE.....	27
3.2	DROOGVAL	28
3.3	INDICATIE BESCHIKBARE WATERBERGING	28
4	ONTWERP	30
4.1	MAAIVELD	30
4.2	OPPERVLAKTEWATER	31
5	EFFECTEN ONTWERP OP HET WATERSYSTEEM.....	32
5.1	INUNDATIE VANUIT GRONDWATER	32
5.2	INUNDATIE VANUIT WATERGANGEN	32
5.3	DROOGVAL	33
5.4	BESCHIKBARE WATERBERGING	33
6	WATERBALANS	35
7	KASTEELLOOP	36
7.1	PROGRAMMA VAN EISEN KASTEELLOOP IN ZWALUWENBUNDERS	36
7.2	RANDVOORWAARDEN HYDROLOGIE.....	36
7.3	MODEL AANPASSINGEN	37
7.4	EFFECT ZOMERPERIODE	38
7.5	EFFECT EXTREME NEERSLAG.....	38
8	CONCLUSIES.....	45
8.1	WATERHUISHOUDING ZWALUWENBUNDERS.....	45
8.2	KASTEELLOOP.....	45

BIJLAGEN

A	: Meetreeksen onderzoek van Oranjewoud, 2011
B	: Indicatieve ligging gronddammen
C	: Ontwerp natuurgordel
D	: Aanpassingen dwarsprofielen in Sobekmodel
E	: Resultaten water op maaiveld

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Gemeente Tilburg heeft het plan om ten noordoosten van Tilburg een klimaatlandgoed te ontwikkelen. Om een duurzaam klimaatlandgoed te realiseren is het van belang goed inzicht te hebben in de (grond)waterhuishouding in het gebied, en de eventuele toekomstige veranderingen.

1.2 Doel

Het doel van dit onderzoek is om de (grond)waterhuishouding en de beschikbare waterberging binnen het plangebied in de huidige en toekomstige situatie in beeld te brengen. Dit betreft zowel de bovengrondse als ondergrondse waterberging. Daarnaast wordt gezocht naar een combinatie met het optimaliseren van de Kasteelloop.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zijn de geohydrologische typering van het gebied in de huidige situatie beschreven. De geohydrologische werking van het huidige systeem is in hoofdstuk 3 toegelicht. In hoofdstuk 4 is het ontwerp (versie van op moment van schrijven) toegelicht. In hoofdstuk 5 zijn de verwachte effecten van de toekomstige situatie toegelicht. De waterbalans is weergegeven in hoofdstuk 6. De effecten van het aanpassen van de dwarsprofielen in de Kasteelloop is beschreven in hoofdstuk 7. Aanbevelingen die vanuit de voorliggende rapportage volgen zijn opgenomen in hoofdstuk 8.

2 Geohydrologische typeringen gebied

2.1 Locatie

Het plangebied Zwaluwenbunders heeft een grootte van circa 300 ha en is grotendeels in gebruik als agrarisch gebied met enkele kleine bosgebieden. Het gebied is globaal gelegen tussen Tilburg, Berkel-Enschot en Udenhout. De exacte begrenzing wordt gevormd door de Quirijnstokstraat, Waalwijkseweg, Waalwijksebaan en De Kraan aan de west- en noordzijde. Aan de oostzijde vormt de gemeentegrens tussen Tilburg en Berkel-Enschot een groot deel van de begrenzing. Aan de zuidzijde wordt het gebied doorsneden door de Burgermeester Bechtweg (N261) met ten zuiden daarvan versnipperd enkele percelen die ook tot het gebied behoren. Het plangebied is weergegeven in figuur 2-1.



Figuur 2-1: Ligging plangebied Zwaluwenbunders.

Cultuurhistorie

Begin 1900 was gebied Zwaluwenbunders onderdeel van een nat en bosrijk gebied dat richting het noorden doorliep tot aan natuurgebied de Brand (figuur 2-2 links). Zwaluwenbunders is lange tijd intact gebleven, mede door de relatief lage en natte ligging ten opzichte van de omgeving. De eerste ontginning vond plaats vanaf de omringende wegen. De oudste cultureel-landelijke landschapselementen bevinden zich daarom aan de grenzen van het projectgebied. Gedurende de twintigste eeuw maakt het gebied plaats voor een kleinschalig agrarisch landschap dat gekenmerkt wordt door een rechtlijnige kavelstructuur (figuur 2-2 rechts).



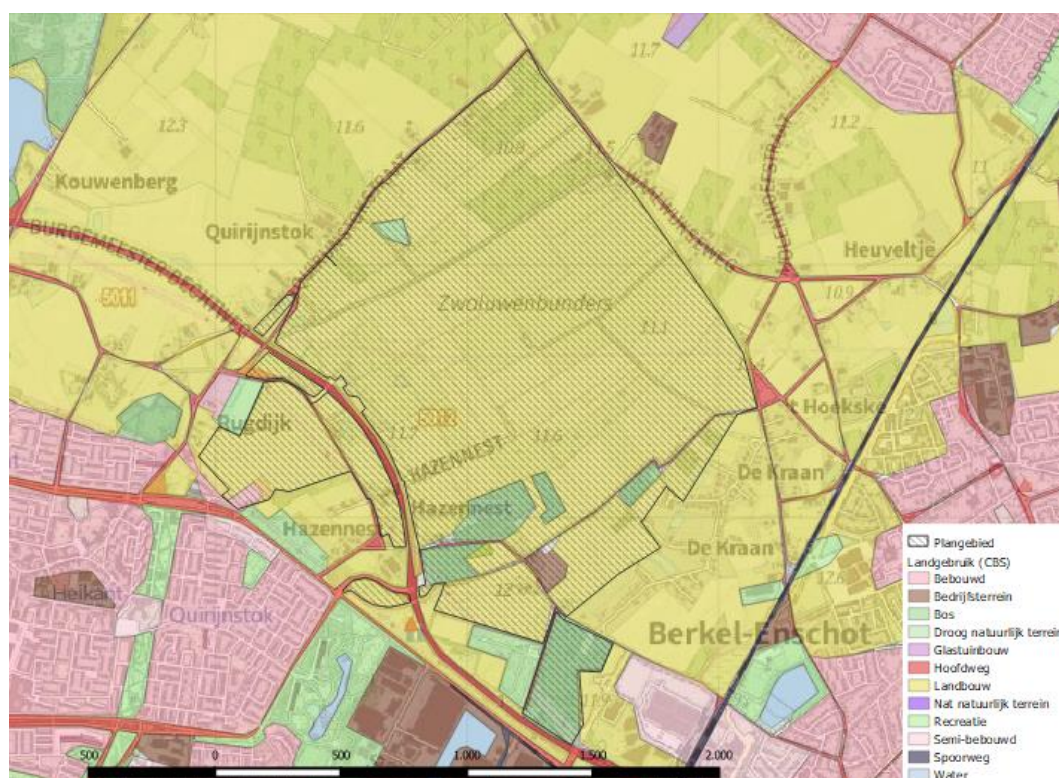
Figuur 2-2: Topografische kaart 1910 (links) en 1930 (rechts).

2.2 Landgebruik

Een kaart met het huidige landgebruik is weergegeven in figuur 2-3, het areaal per type landgebruik staat in tabel 2-1 ruim 90% bestaat uit landbouwgebied. Bijna de helft van het aanwezige bosgebied wordt vertegenwoordigd door het meest zuidelijke perceel, dit bestaat enkel uit bos. Het landbouwareaal bestaat uit akkerbouw en boomkwekerijen.

Tabel 2-1: Areaal landgebruik.

LANDGEBRUIK	OPPERVLAKTE IN M ²	PERCENTAGE
Bebouwd	12.137	0,4%
Bedrijfsterrein	17.230	0,6%
Bos	197.774	7,1%
Hoofdweg	21.381	0,8%
Landbouw	2.544.940	90,8%
Recreatie	9.254	0,3%
Eindtotaal	2.802.716	100,0%

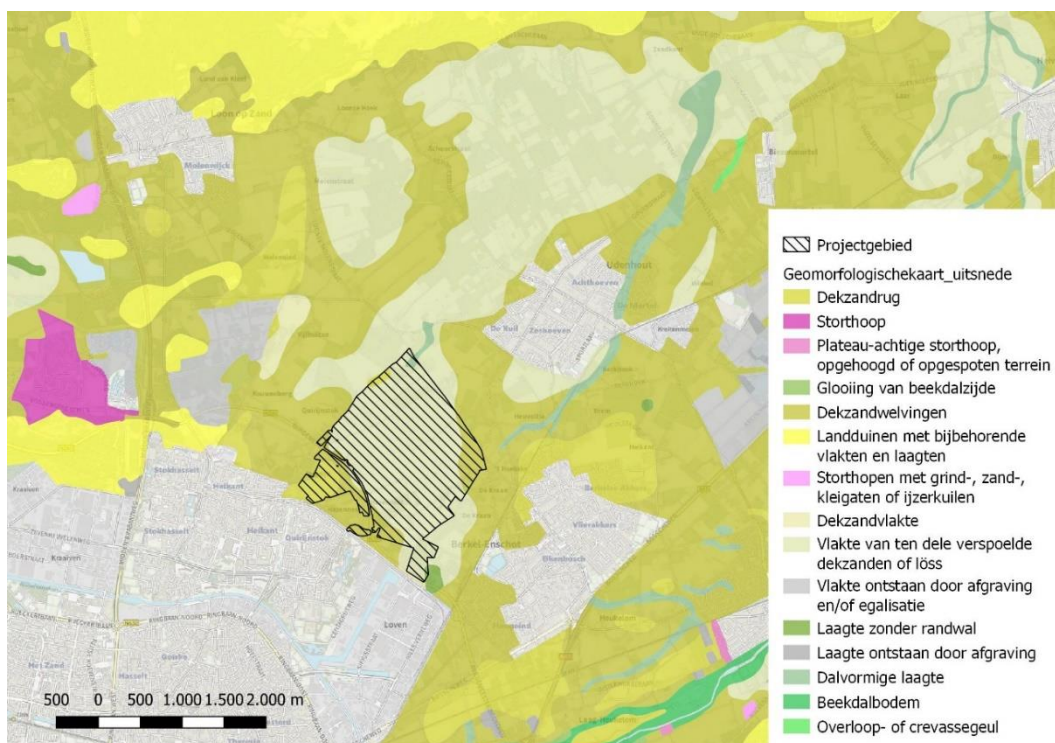


Figuur 2-3: Landgebruik plangebied. Bron: CBS, 2010.

2.3 Geologie

Geomorfologie

Zwaluwenbunders ligt in de Centrale Slenk. In het gebied komen pleistocene dekzandafzettingen, behorende tot de Formatie van Boxtel, aan de oppervlakte. Volgens de geomorfologische kaart (figuur 2-4) ligt het gebied voor een groot deel in een vlakte van ten dele verspoelde dekzanden. In het uiterste zuidwesten bevindt zich een dekzandrug. Ook in het noordwesten bevindt zich op de rand van het gebied een kleine dekzandrug.



Figuur 2-4: Geomorfologische kaart (bron: Nationaal Georegister)

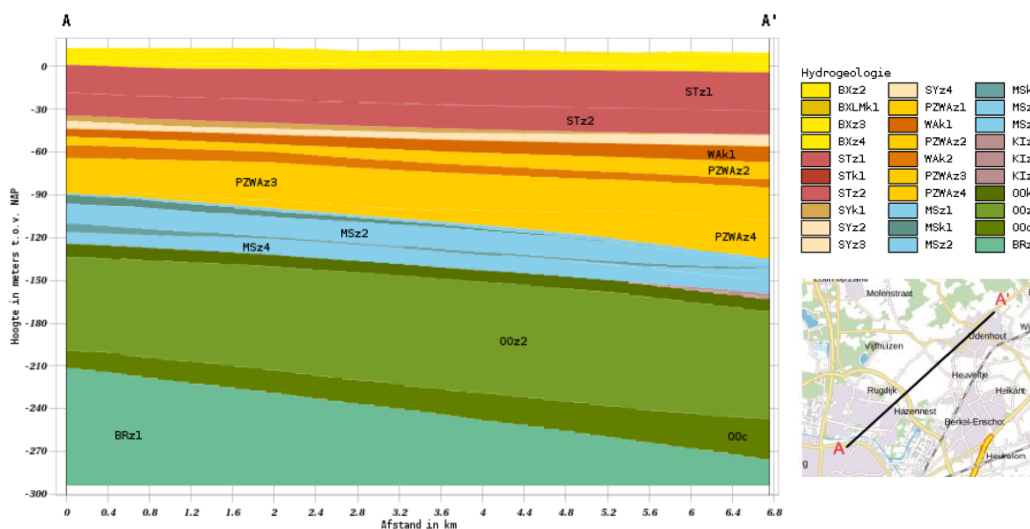
Geohydrologische schematisatie

Figuur 2-5 en figuur 2-6 tonen een geohydrologisch dwarsprofiel van de ondergrond op basis van respectievelijk REGIS en GeoTOP. Waar REGIS een model is tot dieptes van enkele honderden meters, beschrijft GeoTOP de eerste 50 m op een hoger detailniveau.

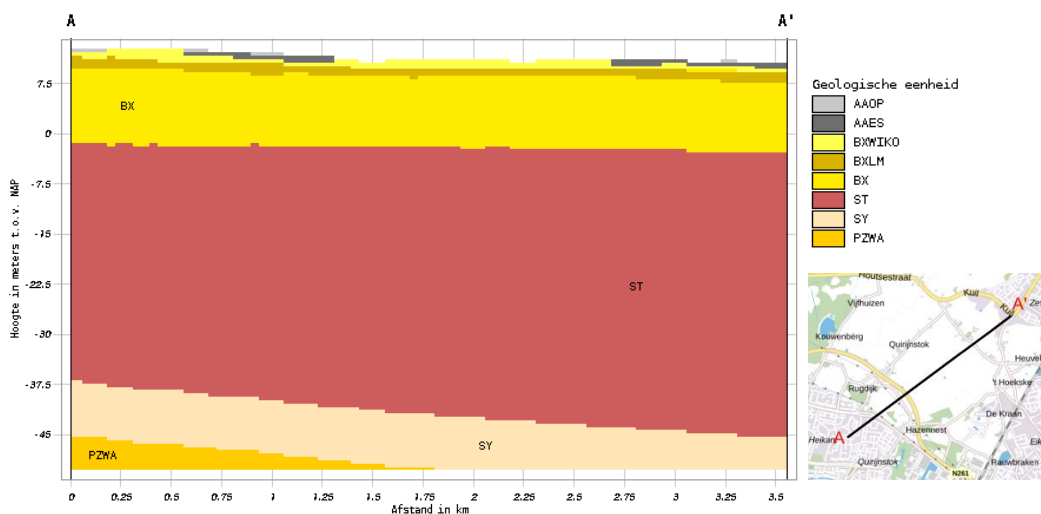
De eerste ca. 8 m bevat zeer tot matig fijn zand van de Formatie van Boxtel met op veel plaatsen een leemlaag (Fm. van Boxtel, laagpakket van Liempde) op een diepte variërend van 0,5 tot 2 m-mv. Verderop in de tekst volgt een meer gedetailleerde beschrijving van deze leemlaag. Boven de leemlaag komt veelal de Formatie van Boxtel, laagpakket van Wierden en laagpakket van Kootwijk voor. Deze laagpakket bevatten fijn tot matig grove zanden.

Vanaf circa NAP -1 m gaat de Formatie van Boxtel over in de Formatie van Sterksel met grof tot matig grofzandige afzettingen en op een diepte van circa NAP -20 m op enkele plaatsen een dunne kleiige laag. Op een diepte van circa NAP -40 m bevindt zich een leem-/kleilaag van de Formatie van Stamproy. Deze wigt uit in noordoostelijke richting. Ter plaatse van Tilburg heeft de laag een dikte van circa 4 m. De laag eindigt onder Udenhout. Ter hoogte van Zwaluwenbunders heeft de laag een dikte van circa 1 m.

Onder de Formatie van Stamproy wordt de formatie van Peize en formatie van Waalre aangetroffen, met afwisselend zand- en leemlagen tot circa NAP -100 m. Verder de diepte in worden de Formaties van Maassluis en Oosterhout aangetroffen. De Formatie van Oosterhout wordt beschouwd als de geohydrologische basis voor dit gebied.



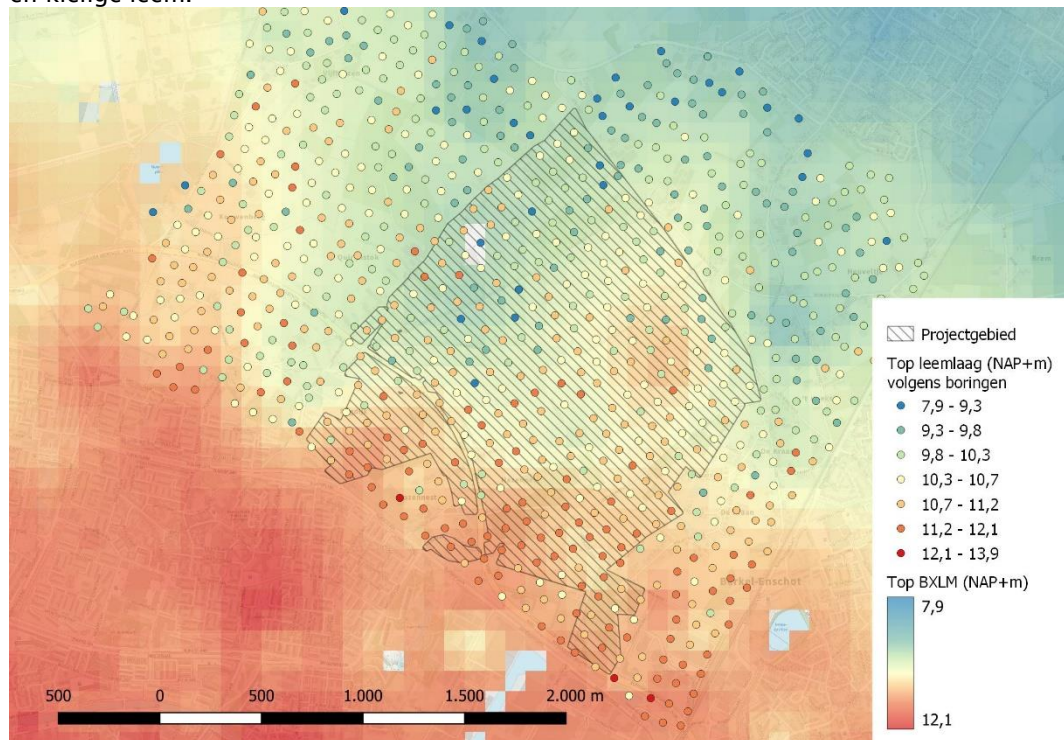
Figuur 2-5: Geohydrologisch dwarsprofiel o.b.v. REGIS II v2.2 (bron: TNO)



Figuur 2-6: Geohydrologisch dwarsprofiel van bovenste 50 m o.b.v. GeoTOP v1.4.1 (bron: TNO)

Toplaag, voorkomen en ligging ondiepe leemlaag

Zoals hierboven beschreven, wordt in het gebied van Zwaluwenbunders een ondiepe leemlaag aangetroffen. Figuur 2-7 toont de hoogte van de top van de leemlaag (BxLM) o.b.v. GeoTOP en boringen (bron: TNO, Dinoloket). Bij de interpretatie van de boringen is aangenomen dat de leemlaag wordt gedefinieerd door de lithologieklassen zandige leem en kleiige leem.

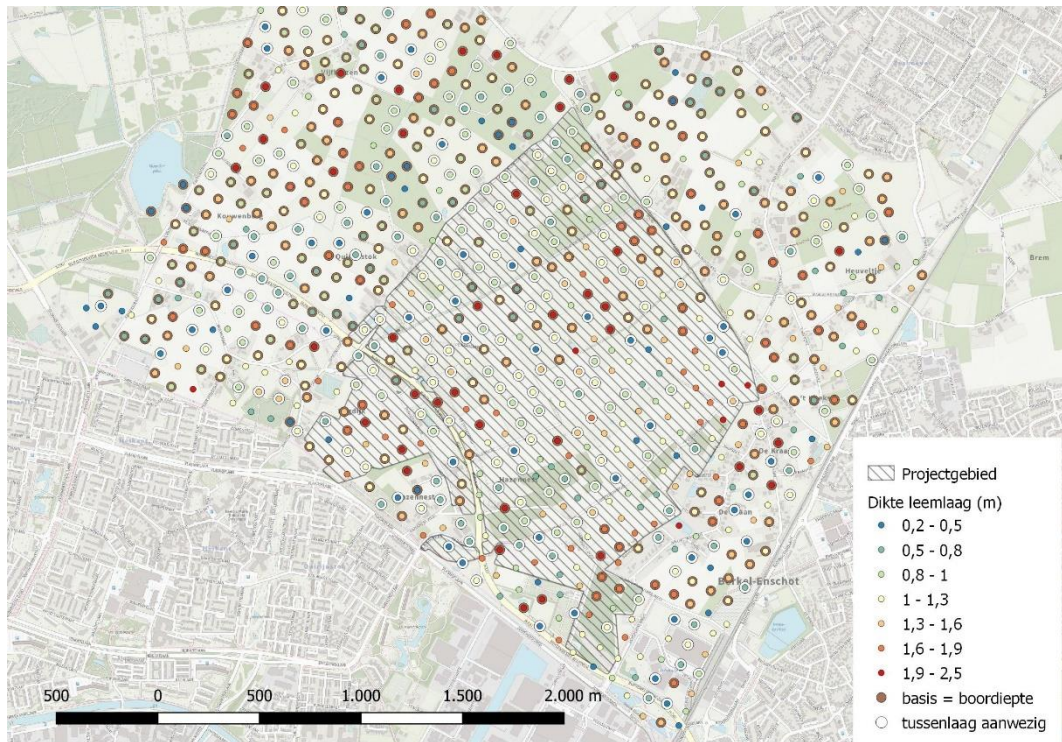


Figuur 2-7: Top leemlaag (BxLM) conform GeoTOP v1.4.1 en boringen (bron: TNO)

De eerste 0,5 – 1,0 m van de bodem bestaat veelal uit zeer fijn (matig) humeus zand. Op sommige plekken is het zand lemig. Daaronder bevindt zich de (zandige) leemlaag. Het patroon van deze leemlaag is erg grillig. De laag varieert in dikte en aanvangsdiepte en bestaat geregeld uit verschillende lagen. De dikte van de leemlagen varieert tussen 0,2 m en ongeveer 2,0 m, de gemiddelde dikte bedraagt circa 1,0 m. De aanvangsdiepte van de (bovenste) leemlaag ligt globaal tussen 0,5 m en ongeveer 2,0 m-mv. De gemiddelde aanvangsdiepte bedraagt circa 1,1 m-mv. De einddiepte van de (onderste) leemlaag is bepaald tussen 1,0 en 3,0 m-mv met een gemiddelde einddiepte van circa 2,4 m-mv. Hierbij dient opgemerkt te worden dat veel boringen tot 3 m-mv zijn uitgevoerd. Op een aantal locaties kan de leemlaag dus nog tot dieper dan 3 m-mv voorkomen. Hydrologisch gezien kan worden gesproken van een aaneengesloten leemlaag, waarbij de bovenkant en laagdikte varieert over het gebied en waarbij op diverse locaties tussenlaagjes van zandige afzettingen voorkomen.

Zoals uit deze beschrijving blijkt, varieert zowel de dikte als de aanvangsdiepte van de leemlaag sterk. Dit is in de GeoTOP kartering wat minder te zien dan in de boringen, omdat het GeoTOP model gebaseerd is op aanzienlijk minder boringen.

Figuur 2-8 toont de dikte van de leemlaag. Daar waar op de einddiepte van de boring de basis van de leemlaag nog niet is bereikt, is dit aangegeven (basis = boordiepte). Op deze locatie kan de basis van de leemlaag dus nog dieper liggen. Ook zijn de boorlocaties gemarkeerd waar een of meerdere tussenlagen zijn waargenomen. In deze tussenlagen kan leemarm zand tot zeer sterk lemig zand voorkomen.



Figuur 2-8: Dikte leemlaag op basis van de boringen (bron: TNO)

De leemlaag beïnvloedt de grondwaterstand, doordat de afvoer van de neerslag in de bodem hierop stagneert. Door de slechtdoorlatende leemlaag kunnen er tijdelijk en plaatselijk schijngrondwaterspiegels ontstaan, doordat geïnfiltreerd water boven op de leemlaag blijft staan.

Onder de leemlaag komt zeer fijn tot matig fijn, matig leemarm zand voor. Uit een aantal diepere boringen blijkt dat op een diepte van 8 – 12 m-mv enkele leemlaagjes en/of een aaneengesloten leemlaag en lokaal veen voorkomt.

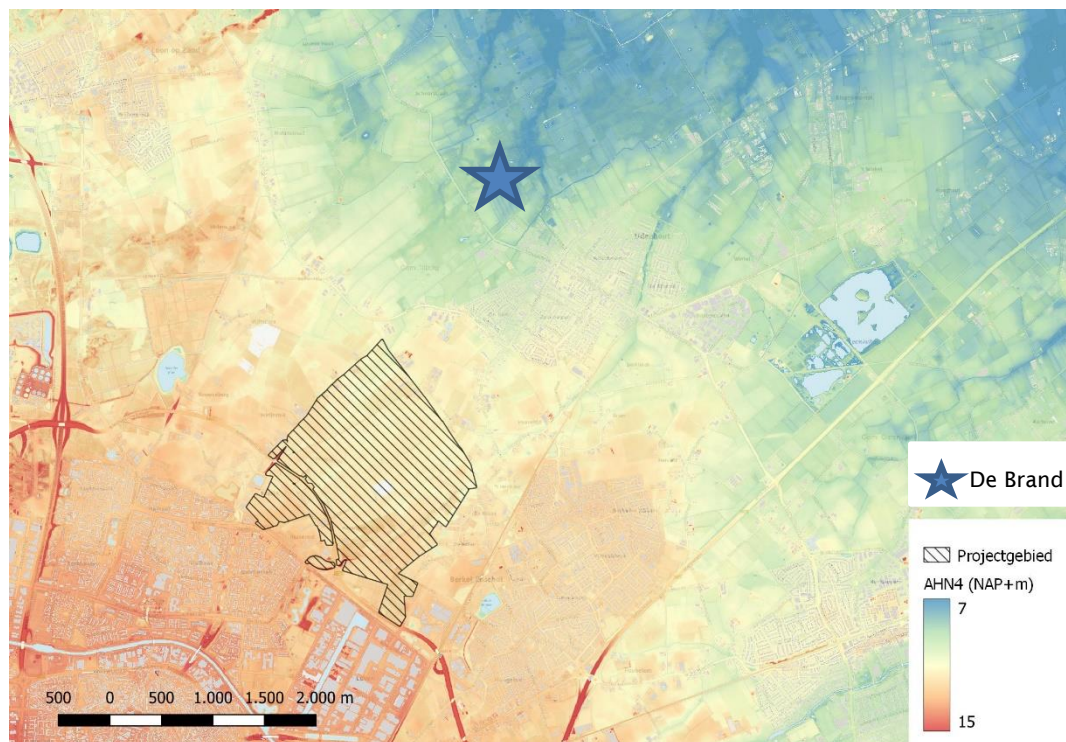
Doorlatendheden

In het onderzoek van Oranjewoud uit 2011 zijn in de zuidwestelijke hoek van Zwaluwenbunders bodemdoorlatendheden gemeten. Het onderzoek vermeldt een horizontale doorlatendheid van zeer fijn zand van circa 0,8 m/d. De verticale doorlatendheid wordt geacht kleiner te zijn (< 0,5 m/d). Voor de leemlaag werd een doorlatendheid van 0,02 m/d gemeten.

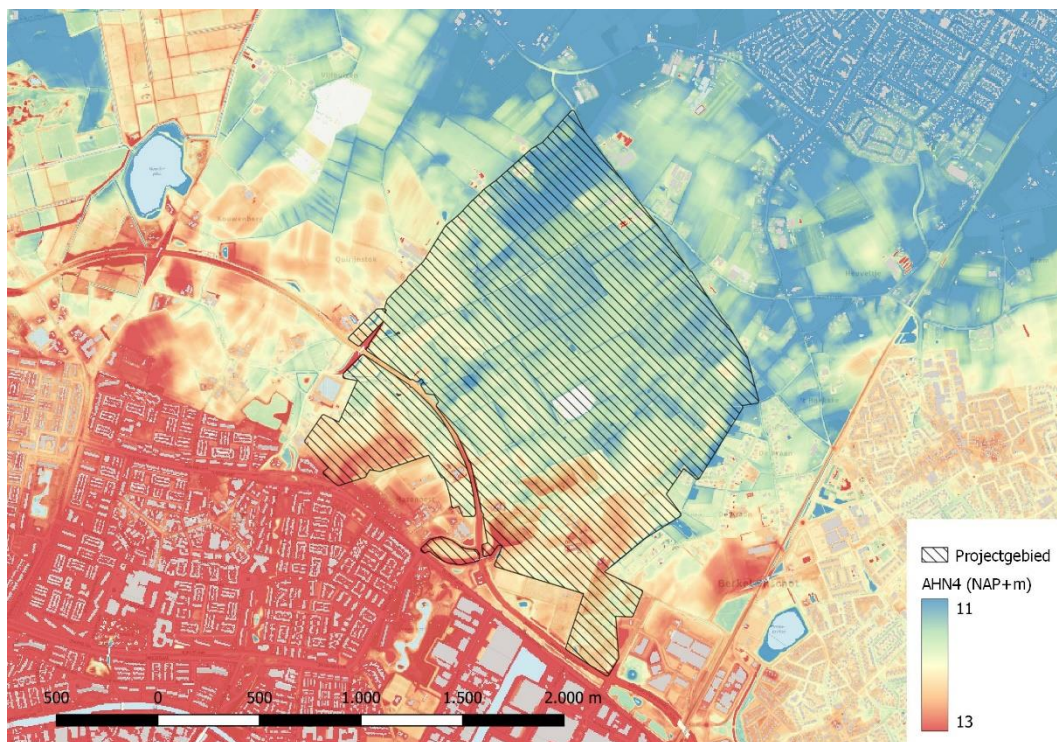
Hoogteligging

In de huidige situatie is het merendeel van het gebied in gebruik als landbouwgrond. Uit de AHN4 hoogtekaart (zie figuur 2-9 en figuur 2-10), blijkt dat de hoogteligging van Zwaluwenbunders varieert tussen de circa NAP +11 m en NAP +13 m. Globaal neemt de hoogte af in noordoostelijke richting. Natuurgebied De Brand ligt op circa NAP +7 tot +8 m. In figuur 2-9 is de dekzandrug in de zuidwestelijke hoek van Zwaluwenbunders goed te zien; deze ligt 0,5 tot 1 m hoger dan de omgeving.

Tevens is uit de hoogtekaart op te maken dat het maaiveld in het midden van de percelen vaak wat hoger ligt dan richting de sloten. Bij veel neerslag kan daardoor eventueel water over het maaiveld naar de sloten afstromen.



Figuur 2-9: Maaiveldverloop in de omgeving van het plangebied. Bron: AHN

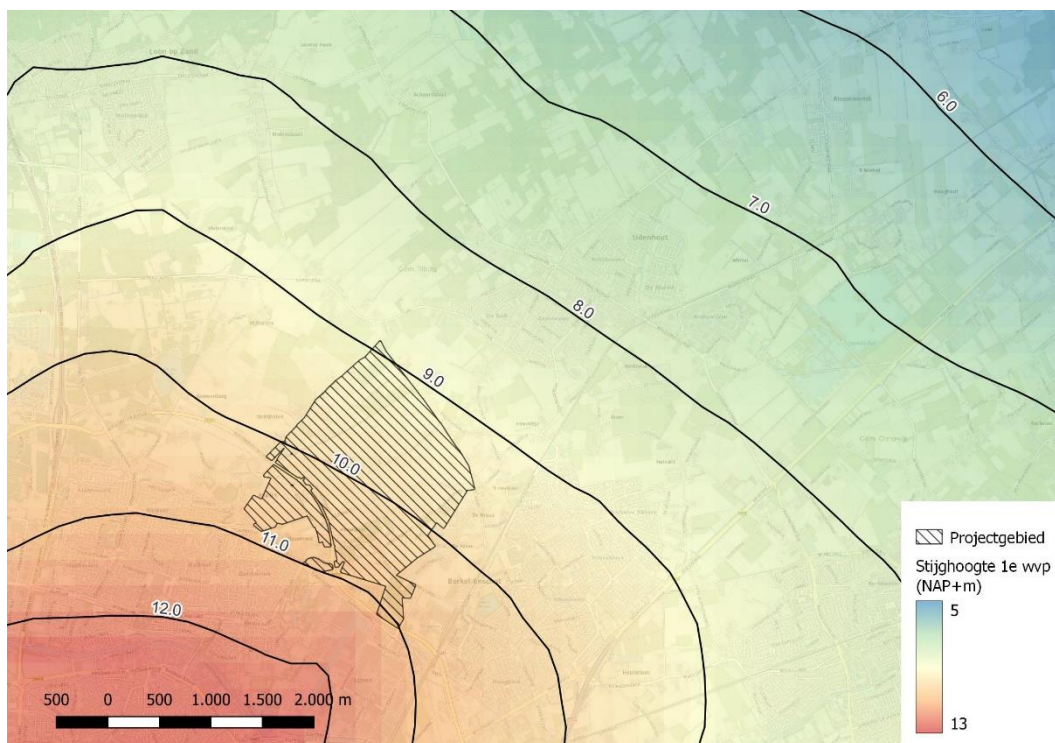


Figuur 2-10: Maaiveldverloop binnen het plangebied. Bron: AHN4

2.4 Grondwater

Grondwaterstroming

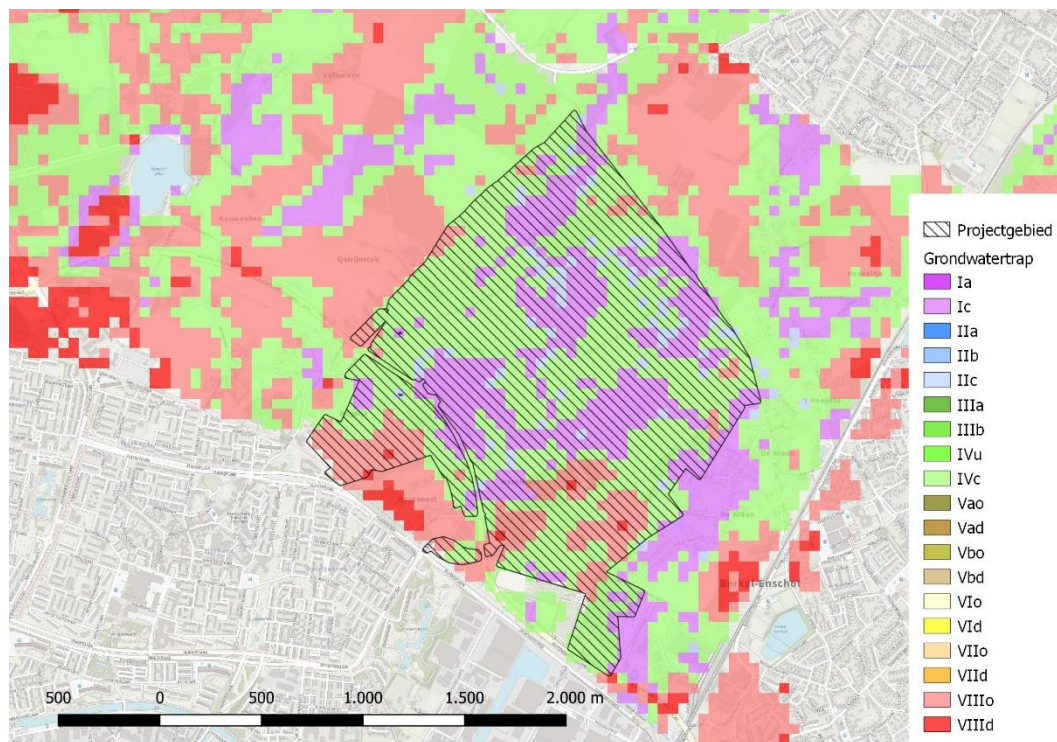
Uit het isohypsenbeeld van Grondwaterstanden in Beeld (TNO), zie figuur 2-11, en de eerdere hydrologische onderzoeken blijkt dat het grondwater in het eerste watervoerend pakket in noordoostelijke richting stroomt. Het verval neemt in noordoostelijke richting af van circa 1 meter per km naar 0.5 m per km.



Figuur 2-11: Stijghoogtepatroon eerste watervoerend pakket, Formatie van Boxtel/Sterksel (bron: TNO Grondwaterstanden in Beeld)

Grondwaterstanden

Op de bodemkaart van Nederland zijn grondwatertrappen aangegeven. Deze zijn weergegeven in figuur 2-12. In Zwaluwenbunders komen volgens deze kaart hoofdzakelijk grondwatertrap IVc, Ic, Ilc en Vlllo/d voor. Tabel 2-2 bevat de indeling voor betreffende grondwatertrappen. De diepere grondwatertrap VIII komt met name voor ter plaatse van de zuidwestelijke dekzandrug en de hoger gelegen delen in het zuidoosten van het gebied.



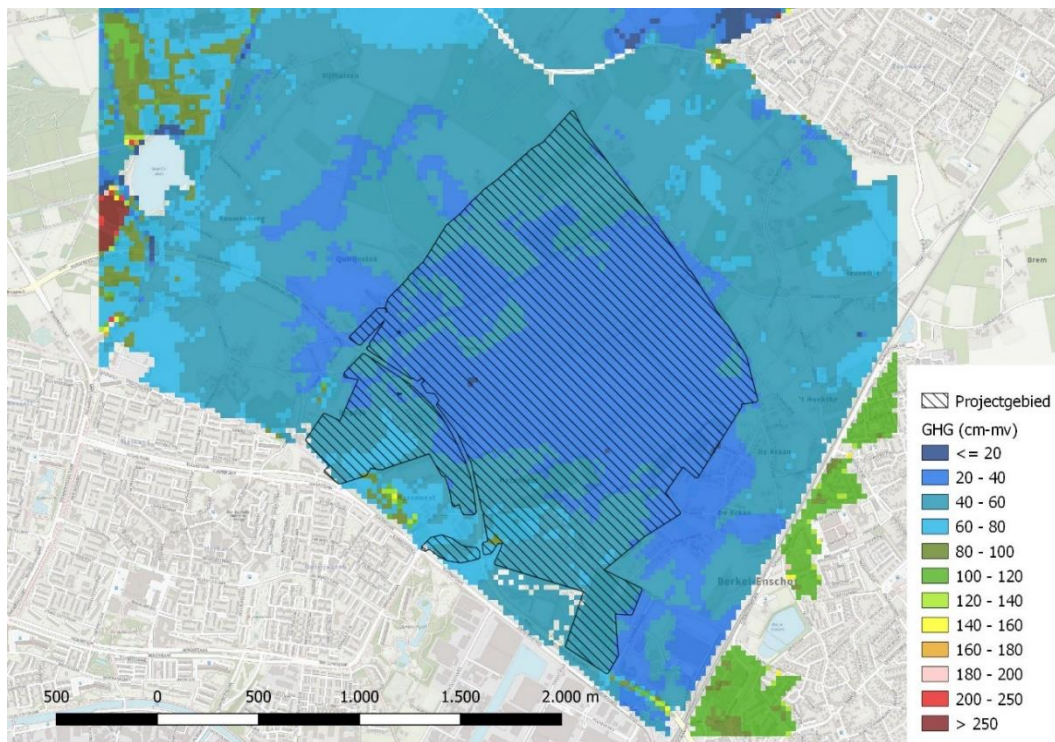
Figuur 2-12: Grondwatertrappen op basis van de bodemkaart 1:50.000 (bron: Nationaal Georegister)

Tabel 2-2: Voorkomende grondwatertrappen

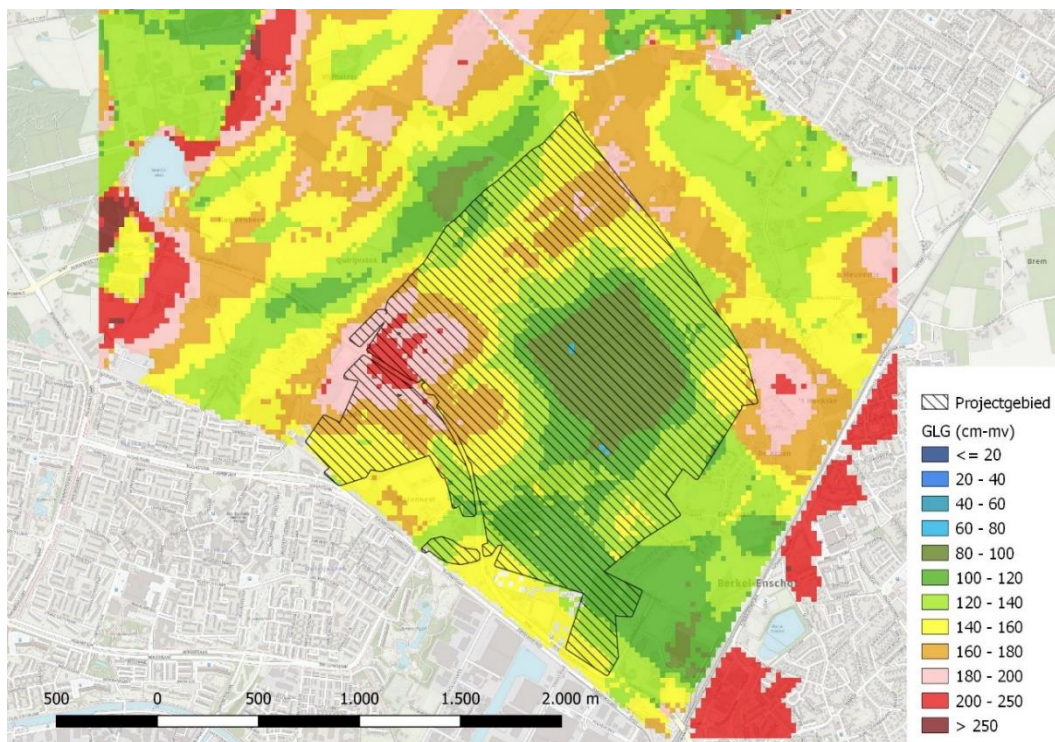
CODE	GHG IN CM-MV	GLG IN CM-MV
Ic	> 25	< 50
IIc	> 40	50 - 80
IVc	> 80	80 - 120
VIIIo	> 140	120 - 180
VIIIId	> 140	> 180

Naast de grondwatertrappenkaart zijn er ook GHG- en GLG-kaarten beschikbaar op basis van een Gd-kaart (gd= grondwaterdynamiek) van waterschap De Dommel. Deze zijn weergegeven in figuur 2-13 respectievelijk figuur 2-14. Daarnaast bevat 2-15 de gemodelleerde grondwaterdynamiek berekend als GHG minus GLG. Deze informatie is vrij gedateerd (voor 2004). In figuur 2-16 is een uitsnede weergegeven van model iDomingo. Dit model is gebaseerd op de periode 2009-2017. iDomingo is een gekalibreerd regionaal grondwatermodel voor het beheergebied van Waterschap De Dommel. In dit model zijn – waar mogelijk – parameterwaarden overgenomen uit het provinciale Brabantmodel2018. De ondergrond van het model is gebaseerd op REGIS II v2.2. Het model is in eerste instantie niet bedoeld voor detailstudies op lokale schaal; hiervoor moet een gedetailleerder deelmodel gebouwd worden, waarin met name de lokale geologie en de detailontwatering wordt verbeterd. In iDomingo wordt detailontwatering namelijk vlakdekkend gemodelleerd en niet als expliciete lijnelementen. De getoonde kaartbeelden zijn dus slechts indicatief.

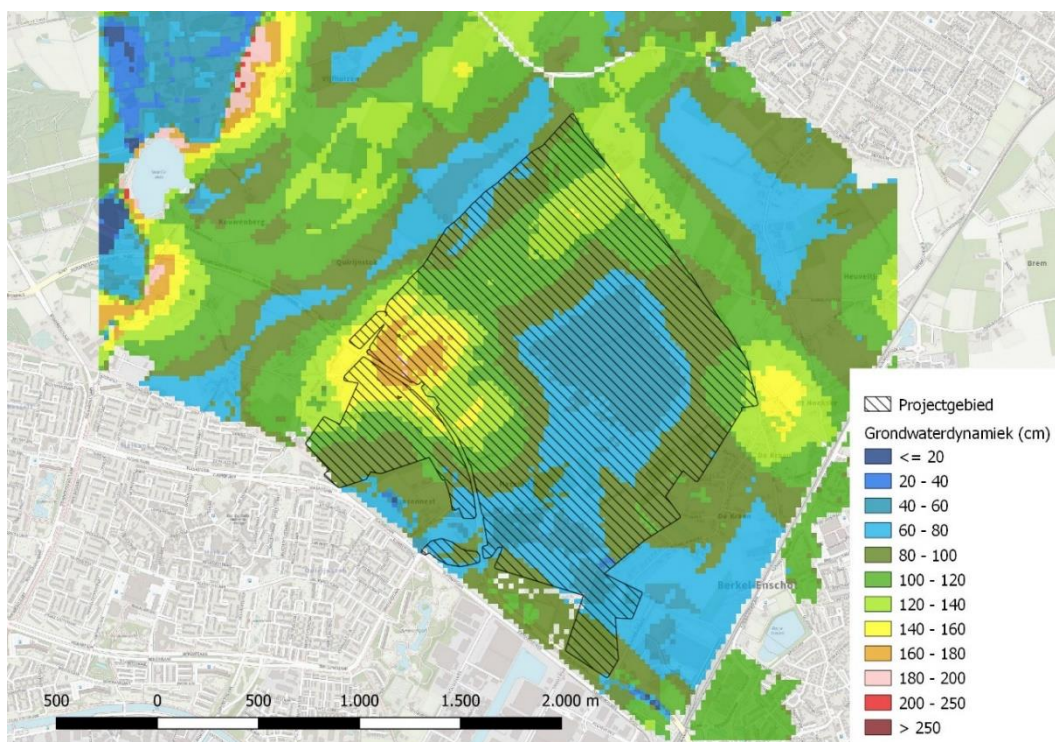
In het centrale deel van Zwaluwenbunders is volgens het model de dynamiek circa 60 cm met een GHG van 30 - 40 cm en een GLG van > 90 cm. Daarmee geeft het model in de winter een nattere situatie dan volgens de van de bodemkaart afgeleide grondwatertrap-pen.



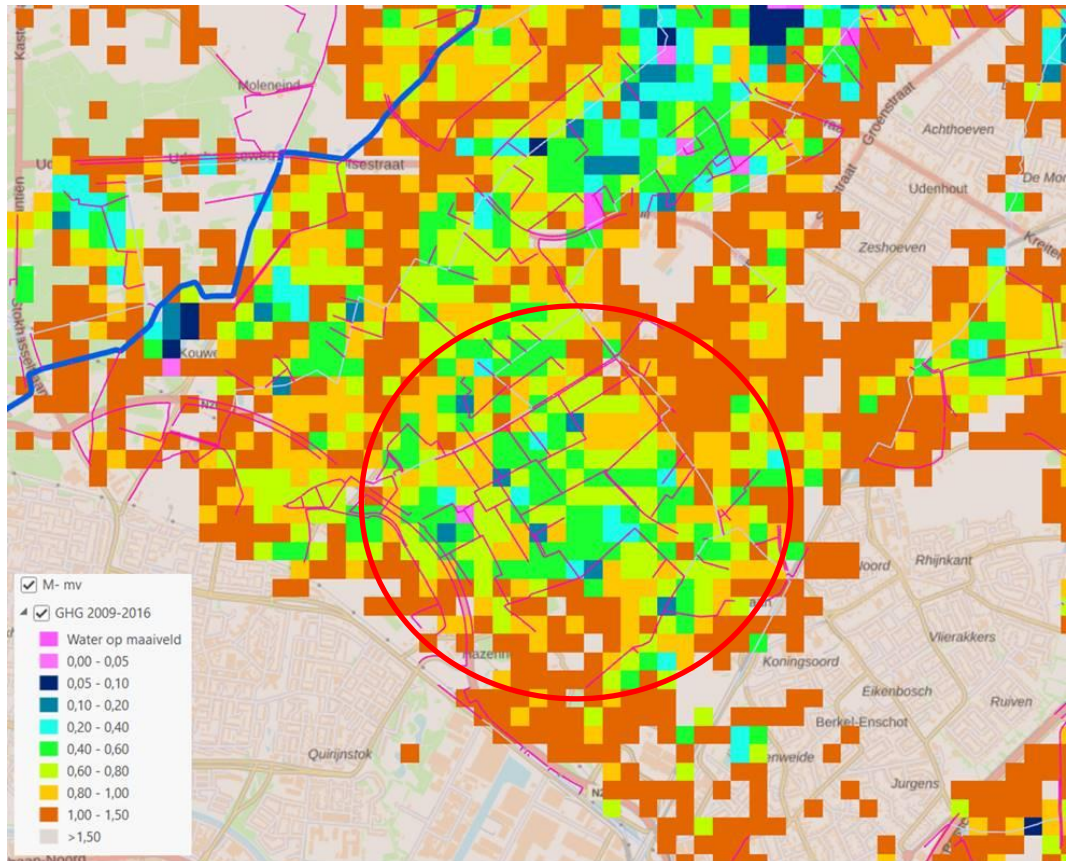
Figuur 2-13: Gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) op basis van de Gd-kaart van waterschap De Dommel



Figuur 2-14: Gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) op basis van de Gd-kaart van waterschap De Dommel



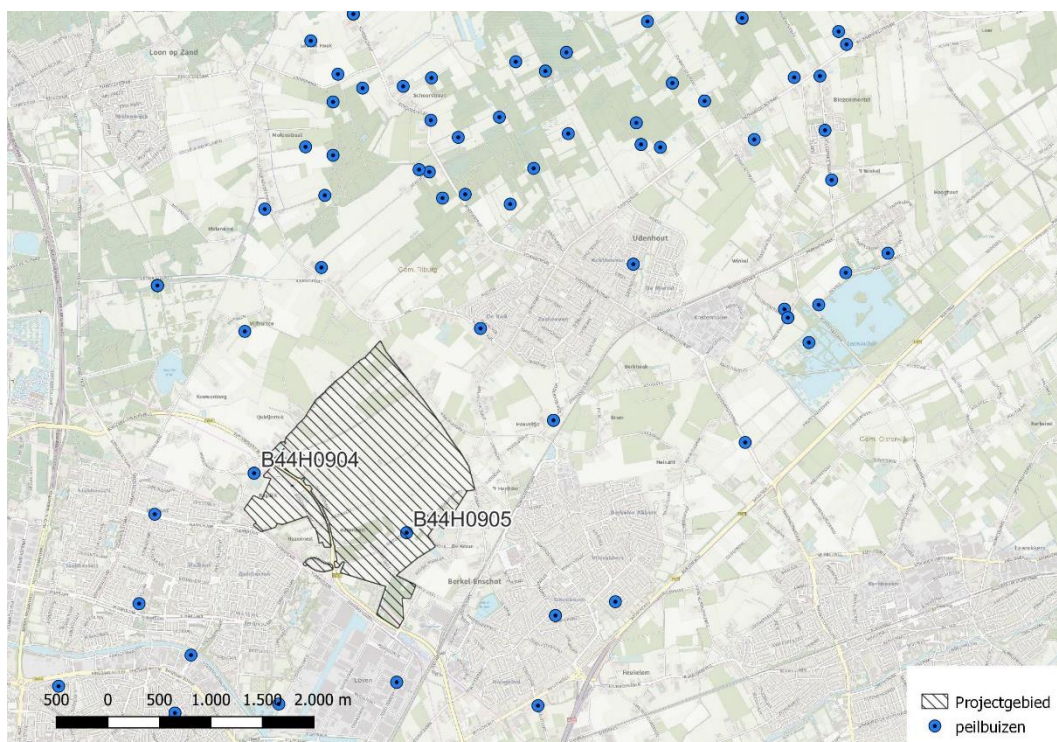
Figuur 2-15: Dynamiek van grondwater (GHG-GLG) op basis van de Gd-kaart van waterschap De Dommel



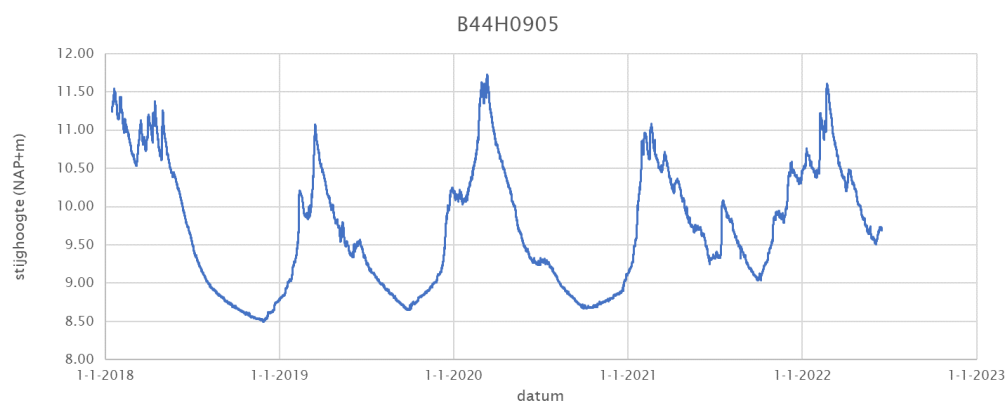
Figuur 2-16: Gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) op basis van grondwatermodel iDomingo (2009-2017) van waterschap De Dommel

Naast vlakdekkende kaarten van de grondwaterstand zijn er ook diverse peilbuizen in het gebied gesitueerd. Figuur 2-17 toont een kaart met de locaties van een selectie van peilbuizen rondom Zwaluwenbunders zoals beschikbaar in het HydroNET van de Brabantse waterschappen. Dit zijn peilbuizen met zowel ondiepe als diepe filters, aangezien in de downloads vanuit HydroNET geen filterstellingen worden meegeleverd. In het gebied zelf is slechts 1 peilbuis aanwezig (B44H0905). Deze peilbuis heeft een filter op een diepte van NAP +7,8 m – NAP +8,8 m / 3,39 – 4,39 m-mv (bron: BRO/Dinoloket) en is onder de leemlaag gesitueerd. De meetreeks hiervan is weergegeven in figuur 2-18. Vlak buiten de begrenzing van Zwaluwenbunders is peilbuis B44H0904 gesitueerd. Deze buis heeft 2 filters met de bovenkant van het eerste filter op NAP +7,64 m en de onderkant van het tweede filter op NAP -2,4 m (bron: BRO/Dinoloket). Beide filters bevinden zich onder de leemlaag. De meetreeksen zijn weergegeven in figuur 2-19. De reeksen vertonen nagenoeg hetzelfde verloop wat erop duidt dat er geen weerstand tussen de filters aanwezig is.

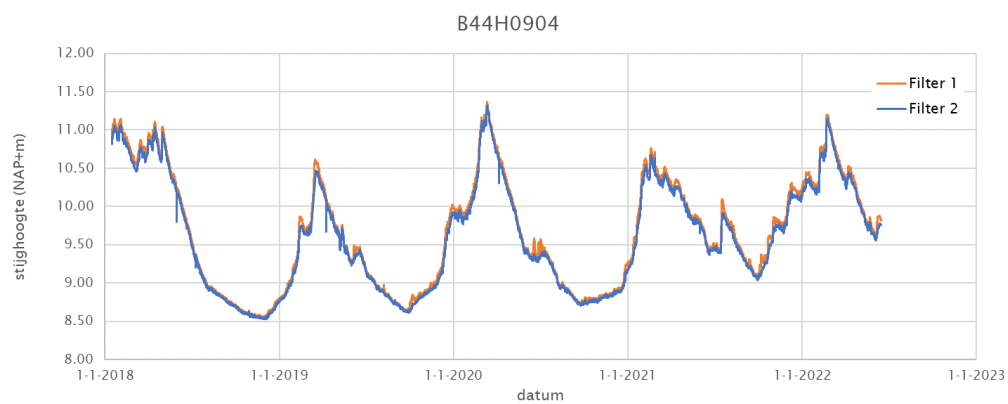
De gemeten stijghoogtedynamiek is voor beide locaties vrij groot, namelijk 2,5 – 3 m. Daarbij is het goed om op te merken dat de grootste dynamiek wordt waargenomen in 2018 en 2019. Deze jaren hadden beide zeer droge zomers.



Figuur 2-17: Locaties van alle nabijgelegen peilbuizen (bron: HydroNET)



Figuur 2-18: Stijgheugteverloop ter plaatse van peilbuis B44H0905 in Zwaluwenbunders



Figuur 2-19: Stijgheugteverloop ter plaatse van peilbuis B44H0904 (filter 1 en 2)

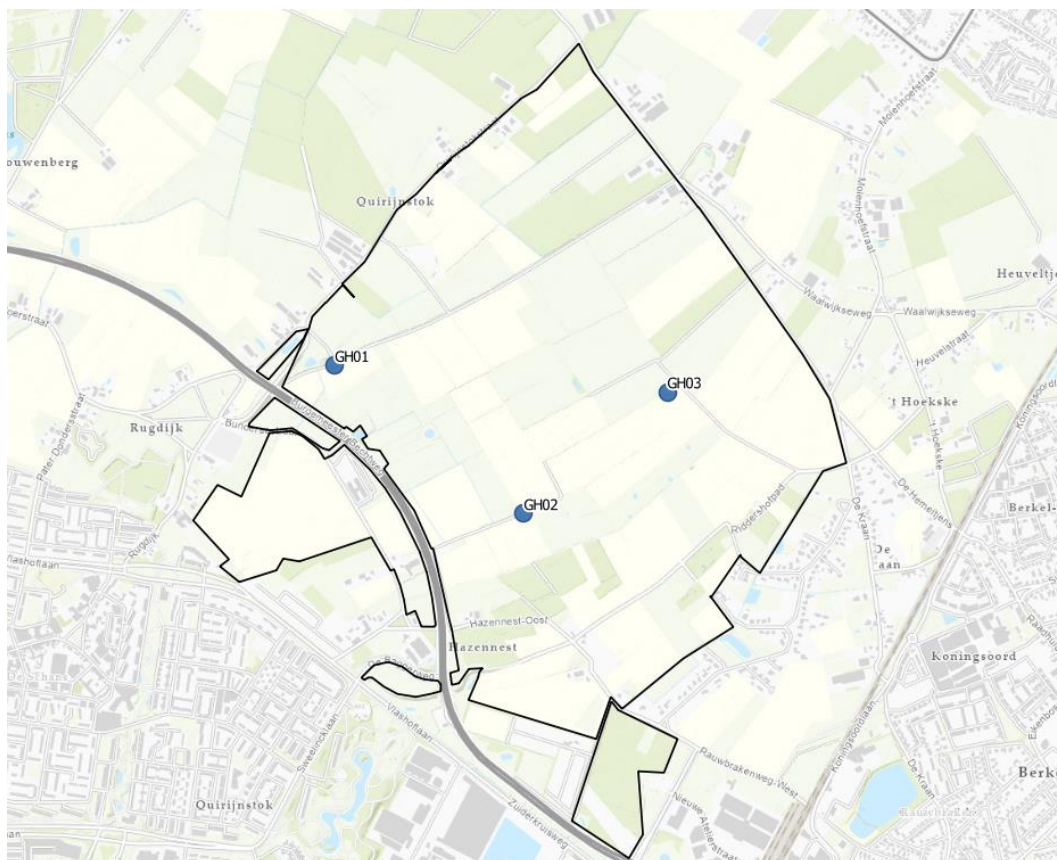
Naast bovenstaande peilbuizen zijn er ook nog meetgegevens uit eerdere onderzoeken beschikbaar. Uit het onderzoek van Oranjewoud, 2011 zijn meetreeksen van drie meetlocaties in de zuidwesthoek van Zwaluwenbunders beschikbaar, met filters boven en onder de leemlaag. De meetperiode is van april 2009 tot april 2010. Zie bijlage A voor de meetreeksen.

De diepe grondwaterstand (onder de leemlaag) varieert van circa NAP +8,5 m in de zomer tot maximaal NAP +11,0 m in de winter en het vroege voorjaar. Dit komt overeen met de metingen ter plaatse van de actuele peilbuizen B44H0904 en B44H0905.

De peilbuizen boven de leemlaag vallen 's zomers droog. De onderkant van de buizen is op 1,5 m-mv (NAP +10,7 in het oosten tot NAP +11,3 m in het noordwesten). In de natte periode van het jaar komt de grondwaterstand in één buis tot 0,5 m-mv en in de andere tot 0,1 m-mv.

Grondwatermonitoring

Zoals in de vorige paragraaf beschreven is blijkt in de winterperiode sprake is van een zeer hoge grondwaterstand en in de zomer van een lage grondwaterstand (tot wel 3,5 m-mv). Om de grondwaterstanden en stromingen binnen het plangebied beter in kaart te brengen zijn op 3 locaties binnen het plangebied 6 peilbuizen geplaatst. Hiervan zijn de filters van 3 peilbuizen boven de leemlaag en 3 filters onder de leemlaag gepositioneerd.

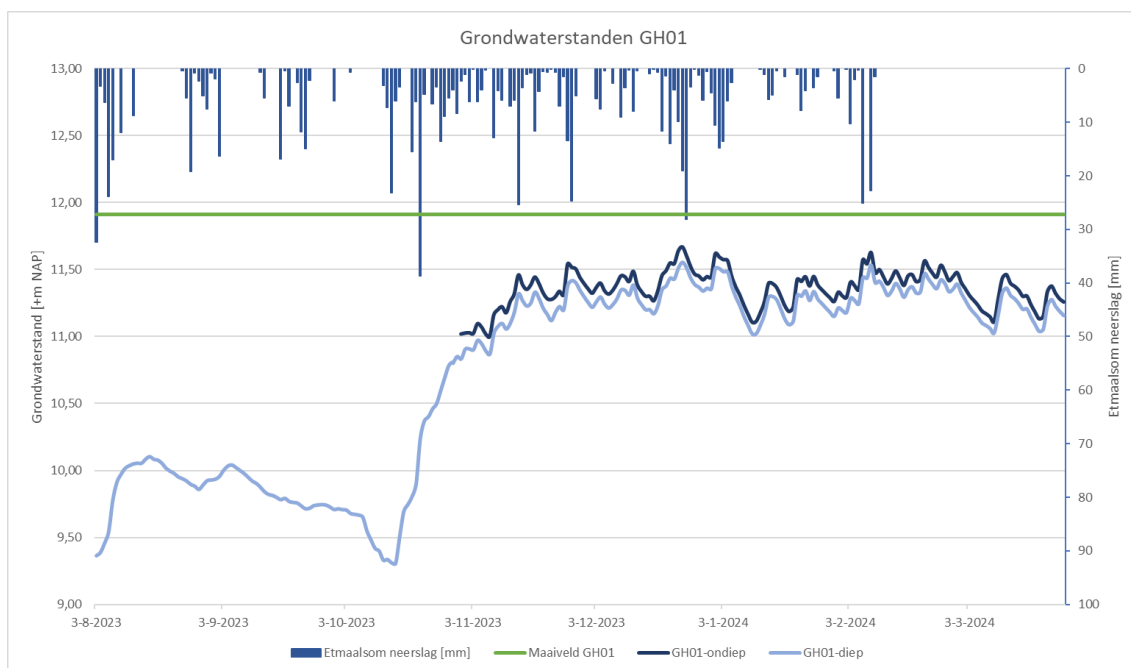


Figuur 2-20: Ligging monitoringspeilbuizen

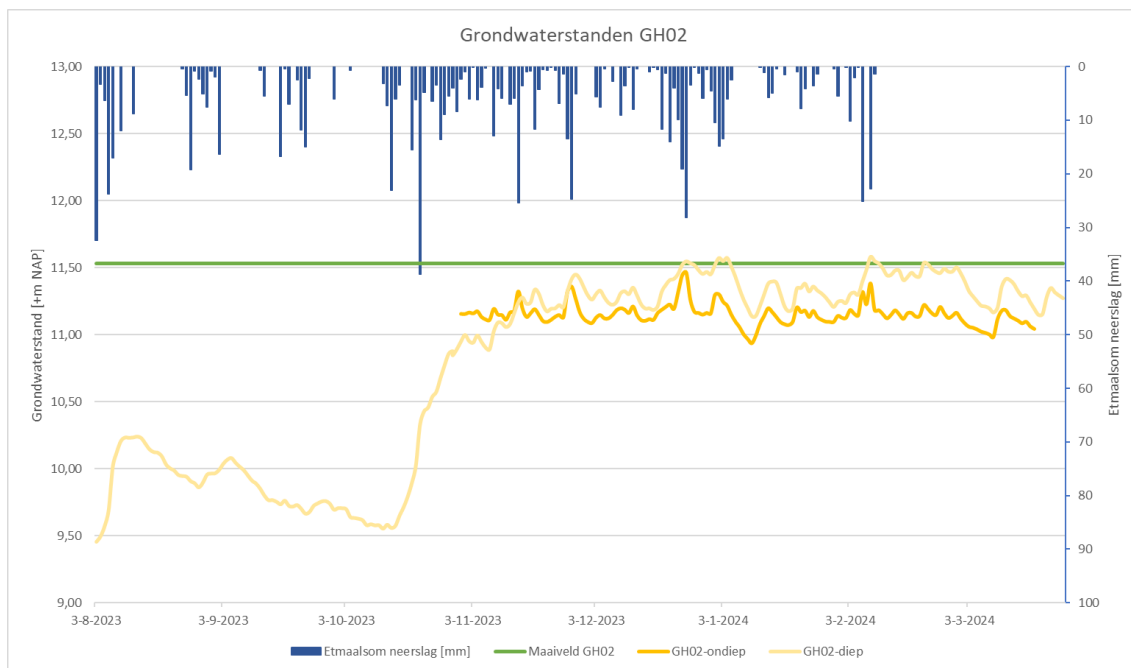
In de peilbuizen met de filters boven de leemlaag is vanaf 3 augustus 2023 tot heden de grondwaterstand gemonitord. De grondwaterstand boven de leemlaag (vanaf 1,0 m-mv) wordt vanaf 1 november 2023 gemonitord. De statistische gegevens van de monitoring zijn weergegeven in tabel 2-3. De meetreeksen zijn in figuur 2-21, 2-22 en 2-23 weergegeven. In de figuren zijn tevens de etmaalsomen neerslag ter plaatse van het KNMI-meetstation (827) Tilburg weergegeven. Neerslaginformatie is bekend t/m 31 mei 2024.

Tabel 2-3: Statistische eigenschappen peilbuizen

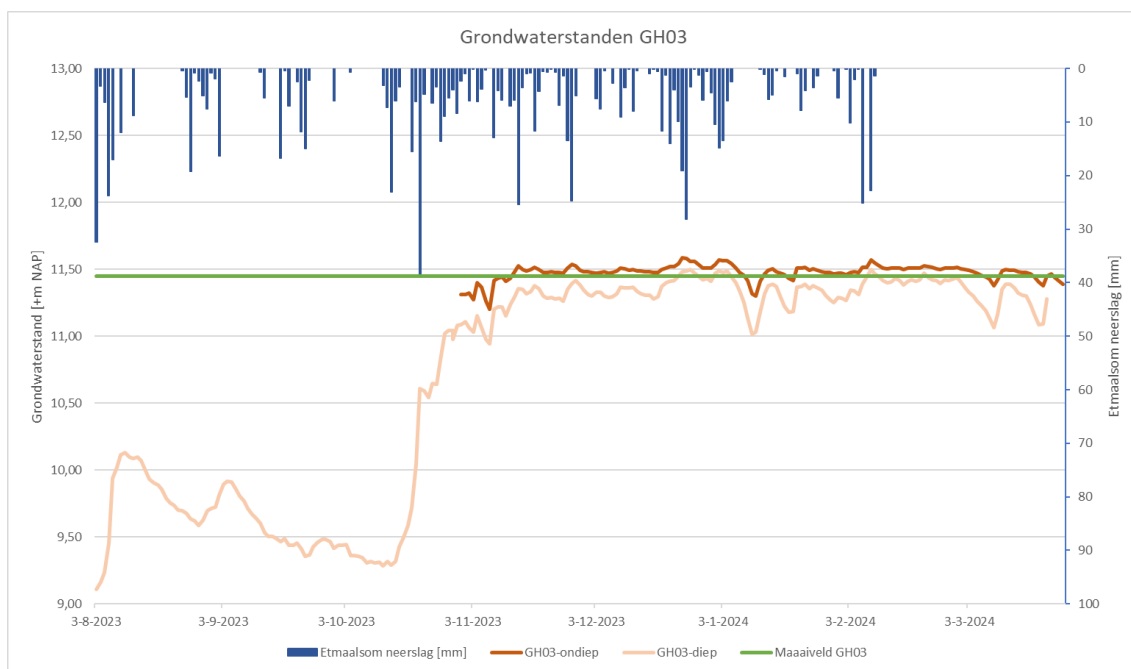
PEILBUIS	MAAIVELD [m NAP]	FILTER [m NAP]	STATISTISCHE EIGENSCHAPPEN		
			MAX [m NAP]	Gem [m NAP]	MIN [m NAP]
GH01-ondiep	+11,85	+10,31 tot +11,31	11,67	11,29	n.t.b.
GH01-diep	+11,85	+8,49 tot +9,49	11,55	10,83	9,31
GH02-ondiep	+11,53	+9,86 tot +10,86	11,47	11,11	n.t.b.
GH02-diep	+11,53	+7,50 tot +8,50	11,58	10,88	9,45
GH03-ondiep	+11,45	+9,73 tot +10,73	11,58	11,37	n.t.b.
GH03-diep	+11,45	+8,05 tot +9,05	11,50	10,81	9,11



Figuur 2-21: Meetreeksen grondwatermonitoring ter plaatse van GH01 (noordwest)



Figuur 2-22: Meetreeks grondwatermonitoring ter plaatse van GH02 (zuidwest)



Figuur 2-23: Meetreeks grondwatermonitoring ter plaatse van GH03 (oost)

Uit de meetreeksen blijkt dat de grondwaterstand in het westen (GH01 en GH02) over het algemeen 0,2 m hoger gelegen is dan in het oosten. In augustus en september was de stijghoogte onder de leemlaag in het westen NAP +9,7 m à NAP +10,2 m en in het oosten NAP +9,4 m à NAP +10,0 m.

Vanaf 18 oktober 2023 heeft het langere tijd elke dag geregend met meerdere dagen meer dan 10 mm in 24 uur. In de grafieken is zichtbaar dat alle locatie de grondwaterstand binnen enkele dagen flink stijgt. De stijghoogte onder de leemlaag stijgt binnen 14 dagen van NAP +9,7 m tot NAP +11,0 m in het westen (GH01 en GH02) en van NAP +9,4 m tot NAP +11,1 m in het oosten (GH03).

Vanaf 1 november 2023 wordt ook de freatische grondwaterstand gemonitord. Het monitoren van de freatische grondwaterstand is pas gestart in november omdat uit monitoring uit de omgeving is gebleken dat in de droge periode regelmatig geen grondwaterstand boven de leemlaag is. Over het algemeen blijkt dat de stijghoogte van het grondwater 0,1 à 0,2 m lager is dan de freatische grondstand in november en december 2023.

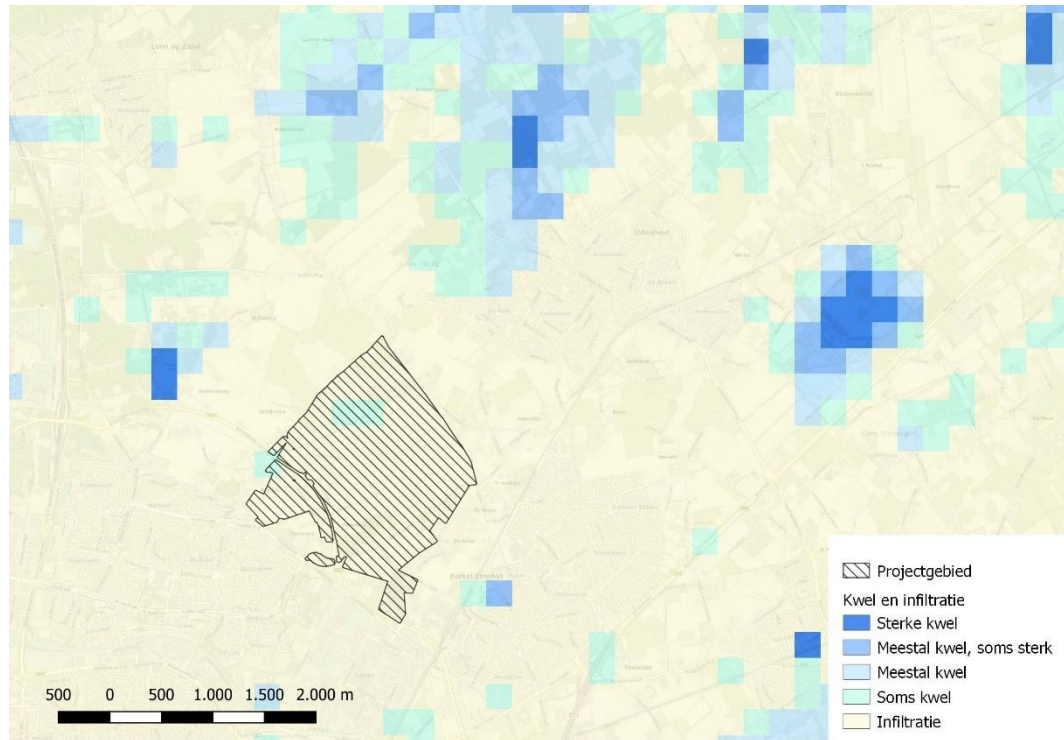
Ter plaatse van GH01 en GH03 reageren de stijghoogte en de freatische grondwaterstand gelijktijdig op de neerslag. Op basis van de grafiek van GH02 lijkt dat de stijghoogte van de diepere grondwaterstand minder onder invloed staat van de neerslag dan de freatische grondwaterstand.

Het voorjaar van 2024 is net als de maanden daarvoor ook relatief nat geweest. Daarom is er nog geen duidelijke daling van de grondwaterstanden zichtbaar. Wel is goed zichtbaar dat een periode met droge dagen snel invloed heeft op de grondwaterstanden (daling).

Kwel en infiltratie

Het grondwatersysteem bestaat uit een geheel van infiltratie- en kwelgebieden. Een kaart van de kwel en infiltratie is opgenomen in figuur 2-24. Deze kaart is gemaakt met behulp van het provinciaal grondwatermodel van Noord-Brabant uit 2005. Dit betekent dat de kaart slechts indicatief is.

Op (sub)regionale schaal zijn met name de hogere dekzandruggen en dekzandplateaus zoals de Drunense en Loonse Duinen en de Kampina, de belangrijkste infiltratiegebieden. Het geïnfiltreerde water stroomt af in noordoostelijke richting, dus niet richting Zwaluwenbunders. Benedenstrooms van Zwaluwenbunders bevinden zich de kwelafhankelijke natuurgebieden Leemkuilen en De Brand. Lokaal zijn de beekdalflanken en aangrenzende dekzandruggen en -vlakten de voornaamste infiltratiegebieden.



Figuur 2-24: Kwel en infiltratie (bron: Nationaal Georegister)

Grondwaterwinning

In de directe omgeving van Zwaluwenbunders zijn geen onttrekkingen ten behoeve van de openbare drinkwatervoorziening gesitueerd (bron: kaartbank Provincie Noord-Brabant). De meest nabijgelegen winning is Gilzerbaan ten zuidwesten van Tilburg en ligt op ruim 6 km afstand van het gebied. Verder tonen de gegevens in de kaartbank dat er een industriële onttrekking is gesitueerd ter plaatse van industrieterrein Vossenbergh (Tilburg) en tussen Tilburg en Dongen. In en rondom Zwaluwenbunders zijn enkele beregeningsputten gesitueerd, waarmee zomers grondwater wordt onttrokken ten behoeve van beregening.

Opbolling

De opbolling is de ruimte tussen de intredeweerstand en de hoogste grondwaterstand tussen de drainerende middelen. De opbolling wordt beïnvloed door de afstand tussen de drains/watergangen. Bij een afstand van bijvoorbeeld 280 m (1 van de onderzochte percelen binnen Zwaluwenbunders) kan theoretisch een opbolling van 0,5 m worden verwacht. Tijdens het veldwerk is echter nauwelijks tot geen opbolling waargenomen.

De intredeweerstand betreft de weerstand die het grondwater ondervindt voordat het uittreedt uit de ondergrond en via de watergangwand intreedt in het oppervlaktewater. Op basis van veldbezoek is de grondwaterstand direct naast een watergang circa 0,3-0,5 m boven het oppervlaktewater waargenomen. Inschatting is dat de intredeweerstand 0,3-0,5 m bedraagt.

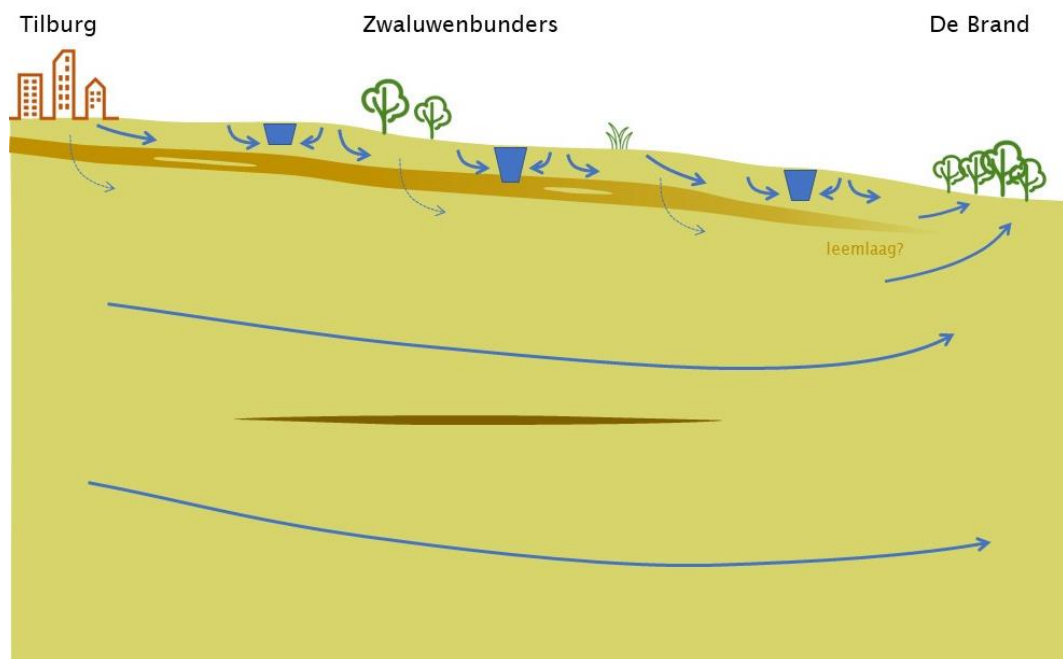
De intredeweerstand is afhankelijk van de ondergrond en kan daarom per perceel verschillen.

Interpretatie grondwaterstroming in dwarsprofiel

Op basis van de hierboven beschreven informatie, is een schematische weergave van de grondwaterstroming in een dwarsprofiel gemaakt, zie figuur 2-25. Het dwarsprofiel loopt over de Zwaluwenbunders. De linkerzijde van het profiel start ter plaatse van Tilburg, de rechterzijde bevindt zich ter hoogte van De Brand. Het maaiveld loopt af van circa NAP +12,5 m naar NAP +7,5 m. De ondiepe leemlaag is weergegeven in het bruin. Volgens het GeoTOP model eindigt deze laag nabij De Brand. Waar deze exact eindigt is onzeker; dit is aangegeven door middel van een kleurverloop. De tussenzandlaagjes in de leemlaag zijn op schematische wijze opgenomen. Dit zijn niet de exacte locaties, maar geven aan dat op sommige locaties dergelijke laagjes voorkomen.

Het regenwater dat in de bodem infiltreert stroomt grotendeels boven de leemlaag af en wordt (grotendeels) afgevangen door de sloten in het gebied. Daar waar de leemlaag dunner is of tussenzandlagen bevat, zal een zeer beperkt deel door de leemlaag heen stromen naar onderliggend watervoerend pakket. Dit is aangegeven door middel van de dunne stippellijnen.

De stroming in het watervoerend pakket is vanuit Tilburg richting De Brand. Ter plaatse van De Brand treedt kwel op: het grondwater komt hier (deels) omhoog.



Figuur 2-25: Schematische weergave van grondwaterstroming in dwarsprofiel Zwaluwenbunders van Tilburg naar De Brand

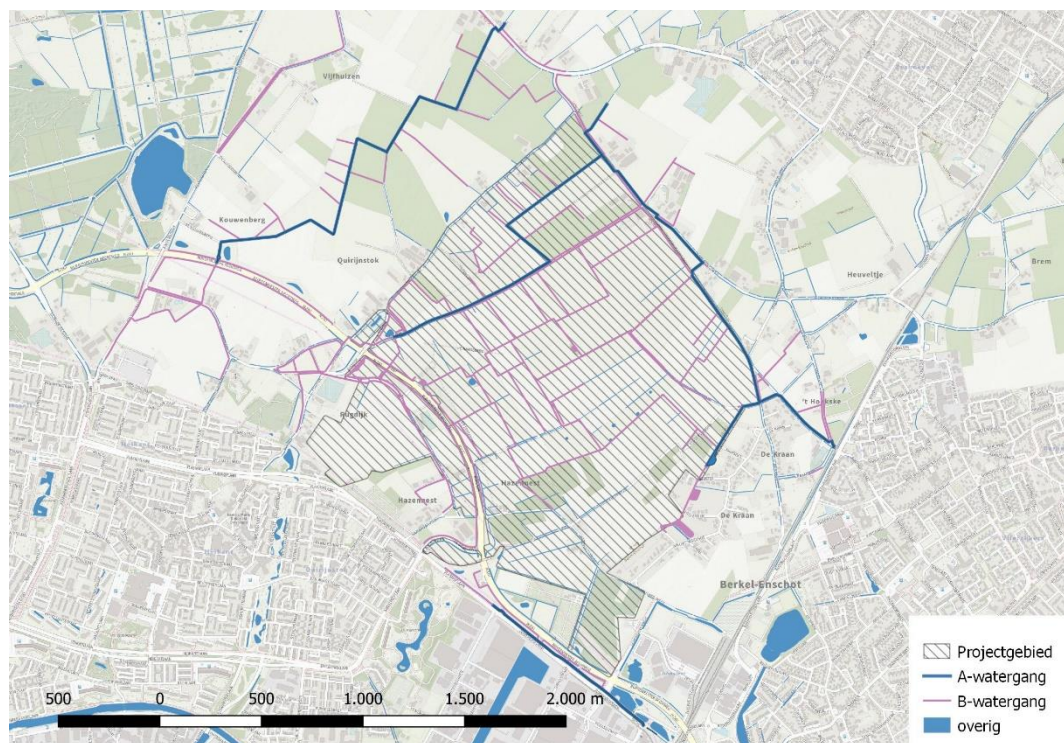
2.5 Oppervlaktewater

De afwatering van de Zwaluwenbunders vindt plaats via B-watergangen (perceelsloten) naar A-watergangen aan de noord- en oostzijde van het plangebied. Het oppervlaktewaterstelsel is weergegeven in figuur 2-26. In het gebied zijn enkele kleine vennen, waarvan enkele in verbinding staan met het oppervlaktewaterstelsel.

Tijdens een veldbezoek in augustus 2022 zijn dieptes en breedtes van enkele watergangen opgenomen. Hieruit blijkt dat de meeste slootbodems op circa 70-100 cm-mv liggen. Vanuit boorprofielen blijkt dat de bodem van de watergangen boven of in de leemlaag gelegen zijn.

In de B-watergangen zijn veel gronddammen zonder duikers aanwezig. Daarom zijn er veel afgedamde B-watergangen, die als zaksloten fungeren, en is er sprake van veel losse watersystemen. Richting de afgedamde watergangen kan enkel plaatselijk regenwater stromen. In bijlage B is een kaart opgenomen met de indicatieve ligging van de gronddammen in de watergangen.

Binnen het plangebied zijn op diverse locatie poelen gelegen. Deze poelen zijn veelal geïsoleerde systemen met een “natuurlijke” afdichting. De poelen worden gevoed met hemelwater en verliezen alleen water door verdamping. De geïsoleerde poelen hebben geen interactie met het omliggende oppervlaktewater.



Figuur 2-26: Oppervlaktewaterstelsel Zwaluwenbunders. Bron: waterschap De Dommel en Kadaster

3 Geohydrologische werking systeem

In verband met de complexe en variabele bodemopbouw zijn modelberekening binnen dit gebied onvoldoende betrouwbaar. Daarom is de geohydrologische werking van het huidige systeem ingeschat op basis van expert judgement.

3.1 Inundatie

Uit de grondwatermonitoring blijkt dat gedurende een natte periode het grondwater dicht aan het maaiveld komt te staan (0,1 m-mv in het zuidwesten en 0,0 m-mv in het oosten). Bij een hoge grondwaterstand is de bodem al grotendeels verzadigd. Hierdoor kan het hemelwater niet de bodem in trekken maar stagneert het op het maaiveld. Naast stagnerend hemelwater treedt inundatie ook op als gevolg van grondwaterstanden boven het maaiveld.

In de onderstaande subparagrafen is de inundatiesituatie in 2009/2010 en in 2023/2024 beschreven.

Inundatie situatie 2009/2010

De hoeveelheid neerslag in de winterperiode 2009-2010 was vergelijkbaar met het langjarig gemiddelde (bron: KNMI). Daarom is de verwachting dat de metingen van deze periode representatief staan voor een normale winterperiode.

Uit de metingen van Oranjewoud blijkt dat tussen januari 2010 en april 2010 de freatische grondwaterstand 3 keer enkele dagen tot 0,1 m-mv stijgt. Tussen de pieken zakt de grondwaterstand tot circa 0,5 m-mv.

De verwachting is dat tijdens de pieken van de grondwaterstand het hemelwater stagneerde en daardoor het hemelwater enkele dagen op maaiveld bleef staan. Tijdens het zakken van de grondwaterstand zal het hemelwater ook de bodem ingetrokken zijn.

Inundatie situatie 2023/2024

In het najaar van 2023 is meer neerslag gevallen dan het meerjarige gemiddelde. 2023 is het natste jaar sinds de meetreeks van het KNMI. Daardoor zijn de gemeten grondwaterstanden in 2023 naar verhouding hoog en zijn de metingen representatief voor een extreem natte situatie.

De hoeveelheid neerslag verklaart de hoge grondwaterstand in het oosten (buiten de natuurkern) tot boven het maaiveld. Hier treedt dus inundatie op vanuit het grondwater.

In het noordwesten is juist zichtbaar dat ondanks dat het een extreem natte situatie betreft de grondwaterstand nog minimaal 0,1 m beneden maaiveld blijft.

In het zuidwesten is de gemeten grondwaterstand in november 2023 significant hoger dan in november 2009. In november 2009 was de freatische grondwaterstand niet gemeten omdat de grondwaterstand nog onder de leemlaag was, terwijl in november 2023 de grondwaterstand in het zuidwesten is gestegen tot circa 0,1 m-mv. Door de hoge grondwaterstand in november en december 2023 stagneert het hemelwater en is er sprake van inundatie.

3.2 Droogval

In de droge periode (circa april t/m oktober) daalt de grondwaterstand tot onder de leemlaag (tot wel 3,5 m-mv). Ondanks de diepe grondwaterstand gedurende de zomer irrigeren de agrariërs de landbouwgronden niet. De bodem is opgebouwd uit lemig zand met daaronder een leemlaag. Lemige gronden kenmerken zich door de grote capillaire werking en een hoog vochtpercentage. Hierdoor kunnen de planten nog voldoende water vanuit de bodem opzuigen tijdens droge zomers.

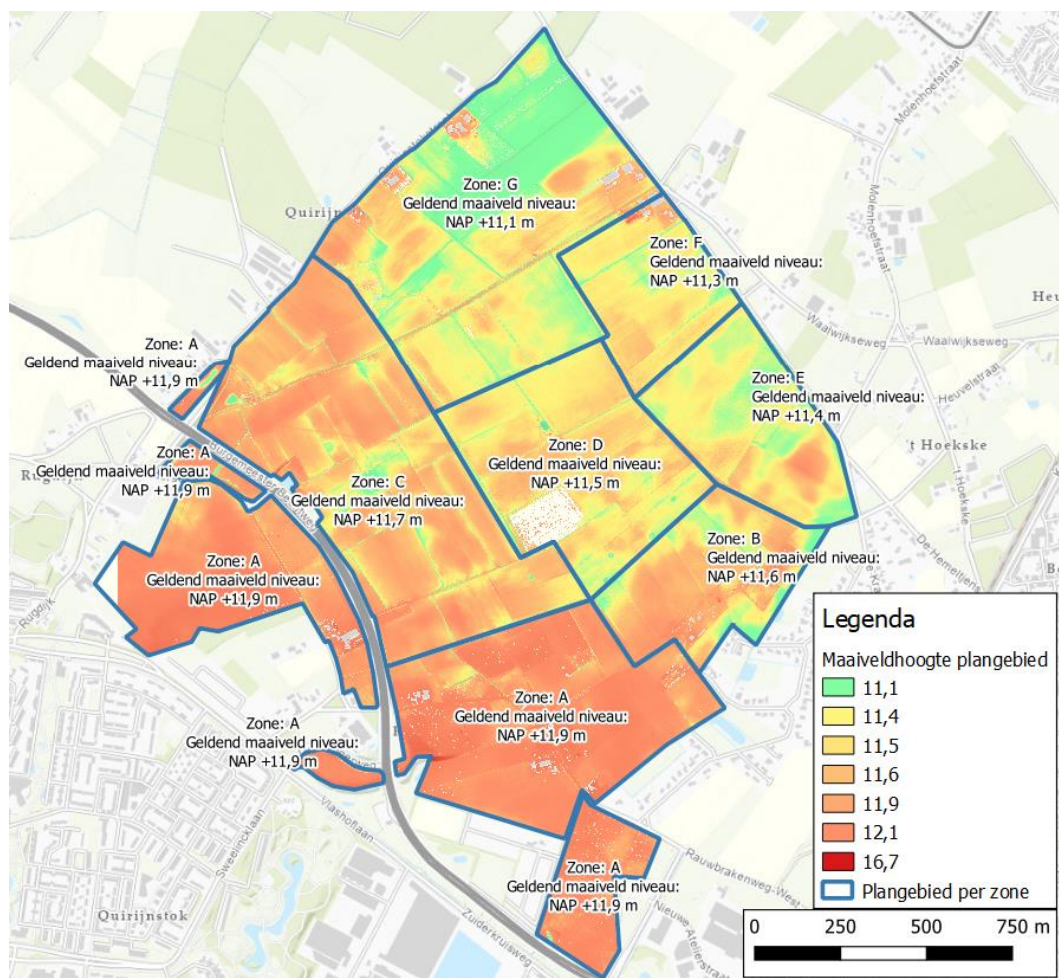
3.3 Indicatie beschikbare waterberging

De beschikbare waterberging in de huidige situatie is indicatief bepaald door middel van het AHN. Het voornemen is om in een later stadium de beschikbare waterberging nog te bepalen met behulp van inmetingen van de watergangen en poelen.

Rekenmethode

De beschikbare waterberging is bepaald aan de hand van het AHN 4 DTM 0,5. Het plangebied is opgedeeld in zeven zones. Per zone is een maaiveldniveau vastgesteld wanneer inundatie vanuit de watergangen optreedt. In figuur 3-1 is de ligging van de zones en de geldend maaiveldniveau 's weergegeven.

Door middel van 'QGIS plug-in rasteroppervlak volume' is het waterbergend volume per zone bepaald. Voor de berekening is gebruik gemaakt van de methode 'Volumes onder basisniveau optellen'. Uit het maaiveld raster zijn op basis van de BGT de watergangen en poelen uitgesneden. De berekening is enkel uitgevoerd over de rasters van de watergangen en poelen (vanaf de insteek) dit zodat enkel de beschikbare waterberging in de watergangen en poelen wordt berekend.



Figuur 3-1: Plangebied opgedeeld in zones op basis van inunderend maaiveld niveau

Totaal beschikbare waterberging

De bergende volumes zijn per zone opgenomen in tabel 3-1. De berekening betreft een indicatieve berekening. Daarom zijn de hoeveelheden afgerond op honderdtallen. In de huidige situatie is de totale waterberging binnen het plangebied 42.300 m³.

Tabel 3-1: Waterbergend volume per zone huidige situatie

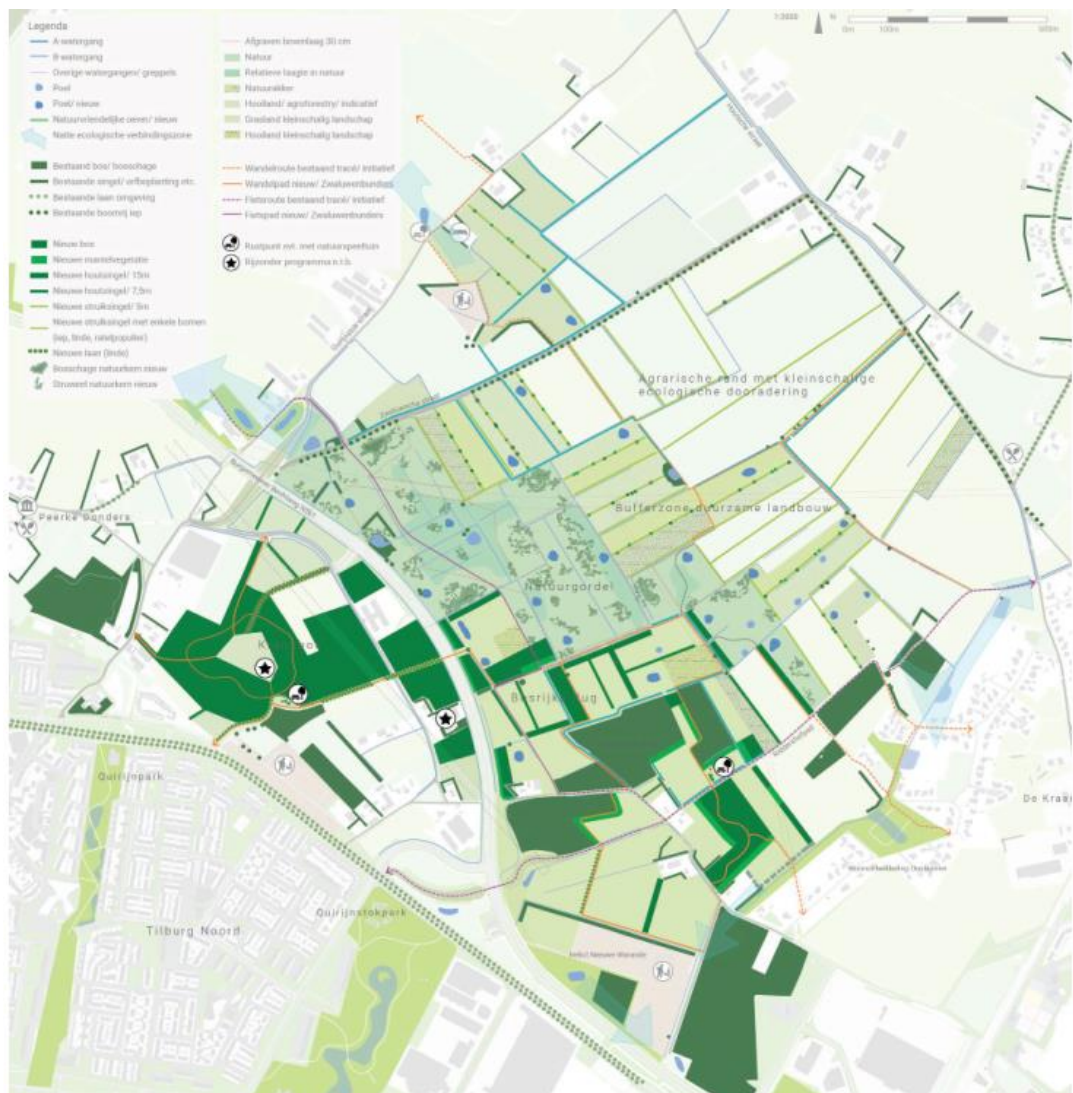
ZONE	GELDEND MAAIVELDNIVEAU	BERGEND VOLUME IN WATERGANGEN EN POELN TOT GELDEND MAAIVELD NIVEAU
A	NAP +11,9 m	7.800 m ³
B	NAP +11,6 m	2.500 m ³
C	NAP +11,7 m	14.500 m ³
D	NAP +11,5 m	6.400 m ³
E	NAP +11,4 m	1.300 m ³
F	NAP +11,3 m	800 m ³
G	NAP +11,1 m	9.000 m ³
Totaal	-	42.300 m³

4 Ontwerp

4.1 Maaiveld

In een groot deel van de natuurgordel, waar de fosfaatwaarden nog niet binnen de streefwaarden voor soortenrijke natuur zijn, wordt de bovenlaag ± 30 cm afgegraven. De verwachte effecten van de afgraving op de waterhuishouding is in hoofdstuk 5 beschreven. Naast de afgraving is het voornemen om binnen de natuurgordel een poelennetwerk te realiseren.

Vanuit de poelen (0,8 m beneden huidig maaiveld) stijgt het maaiveld tot 0,3 m beneden het huidige maaiveld. Aan de randen van de natuurgordel (0,3 m beneden huidige maaiveld) loopt het maaiveld op tot het huidige maaiveldniveau. Tevens worden verhogingen binnen de natuurkern tot boven het huidige maaiveld aangebracht. In het onderstaande figuur (en vergroot in bijlage C) is het ontwerp van de natuurgordel en het omliggende plangebied weergegeven.



Figuur 4-1: Ontwerp natuurgordel (vergroot in bijlage C)

Buiten de natuurgordel wordt het maaiveld in principe nergens veranderd behalve ter plaatse van natuurvriendelijke oevers. De ligging van de watergangen met natuurvriendelijke oevers zijn weergegeven in figuur 4-1 met donkergroene lijnen langs de watergangen en vergroot in bijlage C. De overige watergangen en de gronddammen in de watergangen worden niet aangepast. Hierdoor blijft de waterberging en waterafvoer buiten de natuurgordel vergelijkbaar met de huidige situatie.

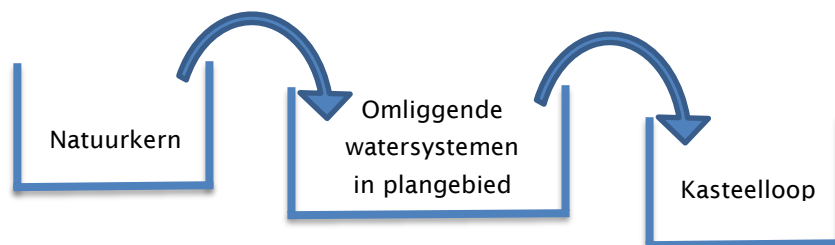
4.2 Oppervlaktewater

Buiten de natuurgordel wordt de huidige situatie van oppervlaktewater zoveel mogelijk in stand gehouden. Hierdoor veranderd de waterhuishouding nagenoeg niet. Enkele watergangen zullen een natuurvriendelijke oever krijgen. Door het toepassen van natuurvriendelijke oevers veranderd de waterafvoer in droge situatie nagenoeg niet. Wel neemt de waterberging in het plangebied buiten de natuurgordel toe.

Binnen de natuurgordel wordt het maaiveld met 0,3 m afgegraven, hierdoor wordt de diepte van de watergangen binnen de natuurgordel kleiner. De bodemhoogte van de watergangen blijft gelijk aan de huidige situatie. Voor de rest worden de watergangen inclusief dammen intact gehouden. Naast de watergangen worden binnen de natuurgordel ook poelen gerealiseerd. De bodem van deze poelen wordt afgedicht met een water ondoorlatende laag. Hierdoor verdampt alleen het water in de poelen en blijft water langer binnen de poelen aanwezig omdat de poelen geïsoleerd in het landschap gelegen komen.

Rond een deel van de poelen en de watergangen wordt binnen de natuurkern het maaiveld met 0,3 m afgegraven. Het lagere maaiveld binnen de natuurgordel zal tijdens en na een neerslagsituatie vanuit de poelen en watergangen inunderen. Hierdoor wordt in natte situatie meer water binnen het plangebied vastgehouden en geborgen en kan het water infiltreren.

Om te voorkomen dat de natuurgordel versneld afwatert worden geen laagten toegepast aan de randen van de natuurgordel. Aan de randen van de natuurkern liggen dammen (drempels) op het huidige maaiveldniveau. Door de dammen aan de rand van de natuurgordel wordt kan meer water binnen de natuurgordel geborgen blijven. Bij een extreem natte situatie wordt het water over deze drempels afgevoerd naar het omliggende oppervlaktewatersysteem. Wanneer dit ook volloopt wordt het water afgevoerd via de Kasteelloop in het noorden.



Figuur 4-2: Schematische weergave afwatering

5 Effecten ontwerp op het watersysteem

In verband met de complexe bodemopbouw zijn modelberekening onvoldoende betrouwbaar. Daarom zijn de effecten van het ontwerp op de hydrologische situatie ingeschat op basis van expert judgement.

5.1 Inundatie vanuit grondwater

Ter plaatse van de natuurgordel is in de huidige situatie geen sprake inundatie vanuit het grondwater (zie 2.4.3). Gemiddeld was in de winterperiode 2023/2024 (extreme natte situatie) de grondwaterstand gelegen op circa 0,3 m-mv (0,5 m-mv (GH01) tot grondwater op maaiveld (GH03)). Na afgraving van 0,3 m in het gebied tussen GH01 en GH02 zal de grondwaterstand (in een natte situatie) maximaal tot aan maaiveld komen. De verwachting is dat bij het afgraven van het maaiveld tot 0,3 m de hoge grondwaterstand in een normale neerslag situatie gedeeltelijk mee zal dalen. In een extreme situatie zoals de winterperiode 2023/2024 zal het grondwater tot dicht onder het maaiveld kunnen stijgen. Het maaiveld in de natuurgordel zal waarschijnlijk vaker inunderen dan in de huidige situatie (vanuit het grondwater) gezien de gemiddelde grondwaterstand in de winterperiode 2023/2024 0,3 à 0,5 m-mv was. Het is ook mogelijk dat eventuele inundaties die nu ook al op zouden treden langer duren.

Voor het plangebied buiten de natuurgordel verandert de maaiveldhoogte en afwatering nagenoeg niet. Wel neemt door het realiseren van natuurvriendelijke oevers de beschikbare berging toe. Dit is echter geen significante wijziging. Daarom is de verwachting dat buiten de natuurgordel de hoeveelheid inundatie die optreedt vergelijkbaar is als in de huidige situatie.

5.2 Inundatie vanuit watergangen

Periodiek, in de natte maanden, staan de lagere delen binnen de natuurgordel tijdelijk onder water omdat water bij heftige regenval stagneert op de leemlaag. In de toekomstige situatie is de verwachting dat de natuurgordel vaker/langer inundeert vanuit de watergangen dan in de huidige situatie, gezien de mindere waterberging in de watergangen door het verlaagde maaiveld. De beplanting binnen de natuurgordel dient afgestemd te worden op het onder water staan tijdens natte periodes. Doordat vanuit de natuurgordel tot het huidige maaiveld niveau geen water wordt afgevoerd biedt de natuurgordel veel waterberging (beschreven in paragraaf 5.3). Door het realiseren van significant meer waterberging wordt het plangebied klimaatrobuuster.

Buiten de natuurgordel is de verwachting dat de effecten van natte periodes niet significant veranderen gezien de drempelhoogte van afwaterende voorzieningen kunnen worden afgestemd op de maaiveldhoogte. Door het toepassen van natuurvriendelijke oevers ontstaat buiten de natuurgordel meer waterberging. Door het realiseren van meer waterberging wordt het plangebied klimaatrobuuster.

5.3 Droogval

De bodem is opgebouwd uit lemig zand met daaronder een leemlaag. Lemige gronden kenmerken zich door de grote capillaire werking en een hoog vochtpercentage. Hierdoor kunnen de planten nog voldoende water vanuit de bodem opzuigen tijdens droge periodes. Dit blijft onveranderd daarom is de verwachting dat het ontwerp geen effecten heeft op de dalende grondwaterstand. Wel wordt door middel van aanbrengen een waterdichte laag onder de poelen meer water binnen de natuurkern vastgehouden. Door de waterdichte laag onder de poelen heeft de verdamping van de poelen geen effect op de grondwaterstand.

Creëren van poelen e.d. heeft geen negatieve gevolgen door verdamping. Vanuit open water verdampt ongeveer 30% meer dan vanuit grasland (Bot, 2016, tabel 2.10). Daartegenover staat dat een poel minimaal 150% meer water bevat dan de lemige ondergrond (poel = 100% tegenover maximaal 20-25% poriënvolume in lemig zand). Daarom is er meer water beschikbaar en is de verwachting dat in totaliteit door de realisatie van poelen meer water in het gebied wordt vastgehouden.

Door het realiseren van natuurvriendelijke oevers langs watergangen buiten de natuurgordel wordt meer water vastgehouden. Hierdoor vallen de watergangen mogelijk minder snel droog. Daarbij verandert de afvoeringscapaciteit van de watergangen in droge periodes niet significant omdat bij een ondiepe waterstand het doorstromend oppervlak niet significant toeneemt.

5.4 Beschikbare waterberging

Toelichting verschillende waterbergingen

Door het afgraven van de natuurgordel (16,3 ha) met 0,3 m wordt circa 49.000 m³ afgegraven. Door het afdammen van de watergangen aan de zuidelijke lage randen van de natuurgordel wordt voorkomen dat water versneld wordt afgevoerd tot buiten de natuurgordel. Aan de noordzijde worden ook dammen aangebracht, hier is dat op niveau van het toekomstige maaiveld. In verband met ecologie heeft het niet de voorkeur het gehele gebied wordt omsloten door dammen op niveau van het huidige maaiveld. Daarom is in de berekening rekening gehouden met een afwatering ter hoogte van het toekomstige maaiveld niveau richting het noorden. Aan het einde van deze paragraaf is de totale waterberging binnen het plangebied beschreven.

Naast het geheel afgraven van de natuurgordel worden binnen en buiten de natuurgordel poelen gerealiseerd. De poelen hebben een gezamenlijk oppervlak van circa 13.000 m². Met een gemiddelde diepte van 0,6 m binnen een poel is de theoretische beschikbare waterberging binnen de poelen circa 7.800 m³ (13.000 m² x 0,6 m).

Als laatste aanpassing aan het maaiveld wordt ter plaatse van enkele watergangen natuurvriendelijke oevers gerealiseerd. In totaal wordt over circa 6.000 m natuurvriendelijke oevers gerealiseerd. De natuurvriendelijke oevers krijgen een talud van 1:5. Met een gemiddelde diepte van 0,5 m van de watergangen is de toenemende berging theoretisch 7.500 m³ (0,5 m x 2,5 m x 6.000 m).

Rekenmethode

Ter plaatse van de natuurgordel is het huidige maaiveldmodel met 0,3 m verlaagd. De poelen zijn in de waterbergingsberekening meegenomen door het maaiveldmodel ter plaatse van de poelen met 0,6 m te verlagen. De natuurvriendelijke oevers zijn in de waterbergingsberekening meegenomen door ter plaatse van de natuurvriendelijke oevers het maaiveld 0,25 m over een breedte van 2,5 m te verlagen.

De zones en de overige rekenmethode zijn gelijk aan met de waterbergingsberekening zoals beschreven is in sub paragraaf 3.3.1.

Totaal beschikbare waterberging

Uit de berekening blijkt dat per zone de onderstaande beschikbare ruimte is voor waterberging. In totaal is binnen het ontwerp een waterbergend volume van 449.400 m³ voordat het maaiveld buiten de natuurgordel inundeert.

Tabel 5-1: Waterbergend volume per zone in ontwerp

ZONE	GELDEND MAAIVELDNIVEAU	BERGEND VOLUME GELDEND MAAIVELDNIVEAU	TOT
A	NAP +11,9 m	9.400 m ³	
B	NAP +11,6 m	3.500 m ³	
C	NAP +11,4 m	12.300 m ³	
D	NAP +11,5 m	8.700 m ³	
E	NAP +11,4 m	2.600 m ³	
F	NAP +11,3 m	800 m ³	
G	NAP +11,1 m	12.100 m ³	
Totaal	-	49.400 m³	

6 Waterbalans

Door het afgraven van de natuurgordel, het realiseren van meerdere poelen verspreid over het plangebied en het realiseren van natuurvriendelijke oevers neemt het waterbergend volume binnen het plangebied toe met circa 7.100 m³. Door meer water vast houden en te bergen binnen het gebied is het gebied beter robuust tegen extreme situatie en daarmee klimaat robuuster.

Tabel 6-1: Balans waterbergend volume per zone

ZONE	BERGEND VOLUME HUIDIGE SITUATIE	BERGEND VOLUME TOEKOMSTIGE SITUATIE	BALANS BERGEND VOLUME (+ TOENAME, -AFNAMEN)
A	7.800 m ³	9.400 m ³	+1.600 m ³
B	2.500 m ³	3.500 m ³	+1.000 m ³
C	14.500 m ³	12.300 m ³	-1.800 m ³
D	6.400 m ³	8.700 m ³	+2.300 m ³
E	1.300 m ³	2.600 m ³	+1.300 m ³
F	800 m ³	800 m ³	0 m ³
G	9.000 m ³	12.100 m ³	+3.100 m ³
Totaal	42.300 m³	49.400 m³	+7.100 m³

7 Kasteelloop

Binnen het plangebied is de Kasteelloop gelegen. In verband met de planontwikkeling binnen Zwaluwenbunders is gevraagd om de effecten te bepalen voor het toepassen van een tweefasenprofiel in de Kasteelloop binnen het plangebied.

7.1 Programma van Eisen Kasteelloop in Zwaluwenbunders

Algemeen

De Kasteelloop is een watergang die gericht is op het afvoeren van water vanuit de omliggende agrarische percelen, bovenstrooms vanuit het gebied Rugdijk en in pieksituaties vanuit stedelijk gebied.

In het kader van de watertransitie (water vasthouden waar het valt, water wat schoon is moet schoon blijven en functie volgt peil), het grondwaterconvenant én de ambitie vanuit het Masterplan Pauwels voor meer klimaat robuust ingerichte watergangen zou moeten worden bekeken wat de mogelijkheden zijn voor het aanpassen van de Kasteelloop. Omdat nu het plan Zwaluwbunders wordt uitgewerkt waarin de Kasteelloop ook randvoorwaardelijk een rol speelt zou dit gelijk moeten oplopen.

Klimaatrobuuste inrichting

Bij een klimaatrobuuste inrichting van een watergang gericht op zo veel mogelijk water vasthouden zou bekeken moeten worden of de huidige profielvorm kan worden geoptimaliseerd. Hierbij zou in de zomer een kleiner en hoger profiel beschikbaar moeten zijn om het weinige water zo lang mogelijk in het gebied te houden. Voor de grotere buien en wintersituatie moet een groter profiel beschikbaar zijn. Dit is een tweefasenprofiel.

De tweede fase van het profiel kan daarnaast een natuurfunctie en landschappelijk functie vervullen. Goed ingerichte waterstructuren dragen bij aan de biodiversiteit en mogelijkheid voor planten en dieren om te migreren. Beschaduwden van de watergang draagt ook bij aan de biodiversiteit, waterkwaliteit en levert vaak op dat er minder onderhoud nodig is aan de watergang.

7.2 Randvoorwaarden hydrologie

Ten aanzien van de hydrologie zijn volgende randvoorwaarden van toepassing:

- ▶ Er moet worden onderzocht of er hogere zomerpeilen bereikt kunnen worden en water langer in het gebied kan blijven;
- ▶ langs de Kasteelloop zijn in het oppervlaktewatermodel van Waterschap De Dommel plaatselijk inundaties te zien. Deze hoeveelheid waterberging moeten ook in de nieuwe situatie beschikbaar zijn en bij voorkeur vergroot worden. Om ook de mogelijkheid te creëren het water te laten infiltreren;
- ▶ er mag geen overlast ontstaan bij derden, afvoersituaties die overlast kunnen geven moeten kunnen blijven afwateren. Wel moet bekeken worden of er een nieuwe balans kan worden gevonden. Kunnen we overlast makkelijk voorkomen waardoor de aanpassing aan de Kasteelloop toch doorgang zou kunnen vinden;
- ▶ het nieuwe profiel van de watergang mag geen extra grondwater afvoeren en bij voorkeur minder grondwater afvoeren.

- Er moet worden voldaan aan de NBW-normen van de provincie. Dus: grasland mag niet vaker dan eens in de tien jaar inunderen, akkerbouw niet vaker dan eens in de 25 jaar, hoogwaardige land- en tuinbouw en glastuinbouw niet vaker dan eens in de 50 jaar en bebouwd gebied binnen de bebouwde kom niet vaker dan eens in de 100 jaar.

Randvoorwaarde beheer en onderhoud

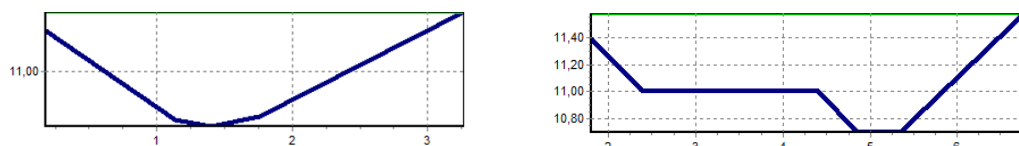
- het natte profiel (dus beide fase van het profiel die nodig zijn voor de afvoer) moet vanaf één kant kunnen worden onderhouden, liefst in een doorgaande route met zo min mogelijk wisseling van kant;
- de breedte die het waterschap vanaf één kant kan maaien is 6 m. Met een verlegde giek kan 10 m breed worden gemaaid. Dan mag het pad geen helling hebben.
- de tweede fase van het profiel moet aan de overzijde van het onderhoudspad liggen;
- indien de tweede fase als onderhoudspad wordt gebuikt (wat niet de voorkeur heeft i.v.m. natuurwaarden) mag het talud niet steiler zijn dan 1:7;
- de ruimte die nodig is voor onderhoud is 5m breed vanuit de insteek van de watergang;
- deze 5 m is obstakelvrij, in afstemming met beheer kunnen mogelijk bomen worden geplant op 0,5 m van de insteek en 10 m uit elkaar. Er moet dan nog voldoende ruimte overblijven om achter de bomen door te rijden;
- vanaf 2025 gaat het waterschap volgende een nieuwe gedragscode beheer en onderhoud uitvoeren. Hierin wordt beheer steeds minder vrijblijvend en moet hier mogelijk de habitatbenadering worden toegepast.

7.3 Model aanpassingen

In de Kasteelloop zijn binnen het model alle dwarsprofielen aangepast. Alle dwarsprofielen zijn aangepast met een principe:

- Taluds van 1:1,5;
- Winterbed van 2 m breed en circa 0,5 m beneden het aanliggende maaiveld;
- Zomerbed met een bodembreedte van 0,5 m, circa 0,3 m beneden het winterbed en circa 0,2 m boven het huidige profiel.

Een voorbeeld van de aanpassingen van het profiel is weergegeven in figuur 7-1. In figuur 7-1 is links het huidige profiel van prof_ZL7-DP-22 weergegeven en rechts het aangepaste profiel. In bijlage D zijn alle huidige en aangepaste profielen weergegeven. De profielen zijn ter hoogte van de insteek maximaal 8 m breed.



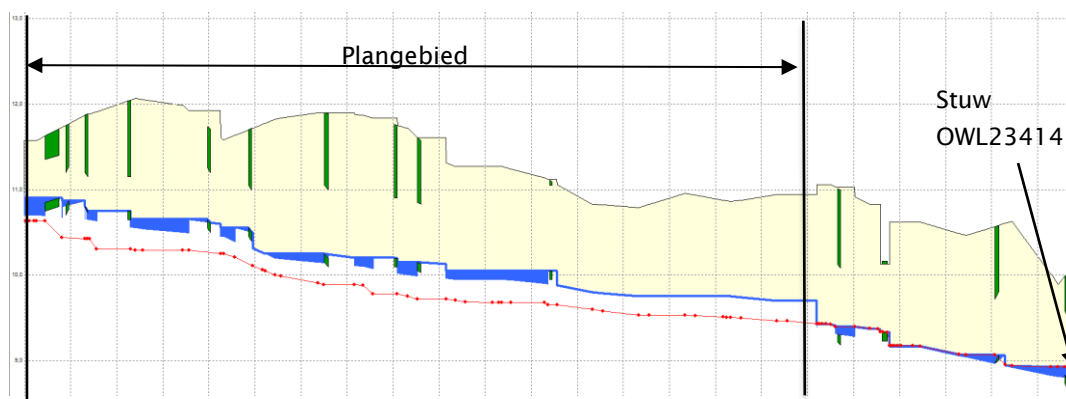
Figuur 7-1: Profiel prof_ZL7-DP-22, links huidige situatie, rechts tweefasenprofiel

Naast de aanpassing van de profielen zijn de duikers verhoogd. De duikers liggen gemiddeld 0,2 m boven de bodem van het zomerbed. Hierdoor wordt in droge periodes meer water vastgehouden. Indien de duikers niet verhoogd worden heeft het ophogen van het zomerbed het gevolg dat de Kasteelloop versneld waterafvoer over stuw OWL23414 omdat de waterdruk bovenstrooms dan groter is.

7.4 Effect zomerperiode

Voor de zomerperiode is gebruik gemaakt van het Sobek model SandS012018005Qz met de meteorologische data van 0 mm neerslag in een periode van 5 dagen.

Door het ophogen van het zomerbed zal meer water worden vastgehouden in het achterliggende gebied van de Kasteelloop. Hierdoor zal het waterpeil in het achterliggende gebied hoger worden gehouden gedurende een droge periode en zal mogelijk ook het grondwaterpeil minder diep weg zakken. In figuur 7-2 is een zijaanzicht weergegeven. Het waterpeil in de huidige situatie is weergegeven met de rode lijn. Het waterpeil in de toekomstige situatie is weergegeven met de blauwe lijn.



Figuur 7-2: Zijaanzicht waterlevel zomerperiode huidige situatie rode lijn en toekomstige situatie blauwe vulling.

Uit de figuur blijkt dat door het aanpassen van de profielen en het verhoogd aanleggen van de duikers het waterpeil circa 0,4 m hoger is dan in de huidige situatie. Dit heeft een positief effect voor het vasthouden van het water en het infiltreren van het water. Het drainerend effect van de Kasteelloop op de omgeving is hiermee ook significant lager dan de huidige situatie.

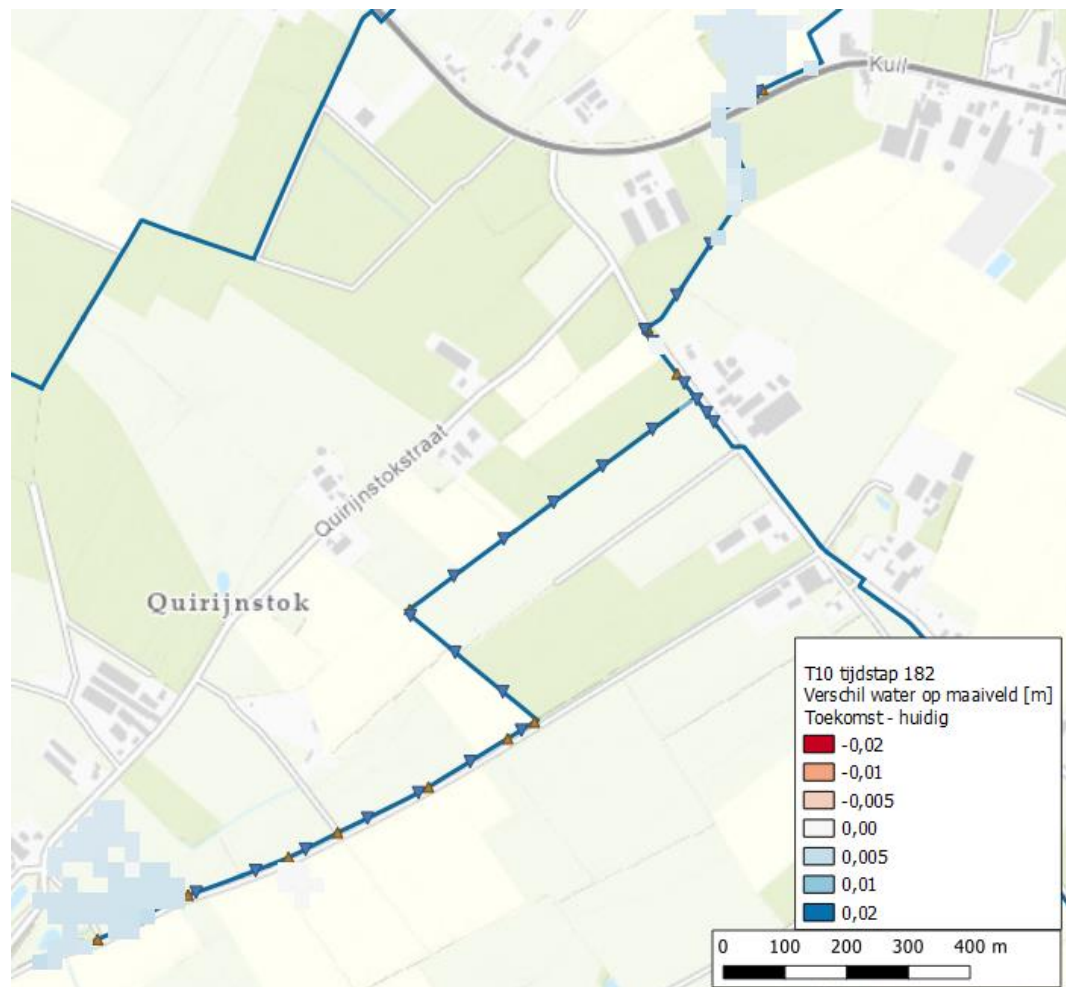
7.5 Effect extreme neerslag

Om de effecten van de aanpassingen van het profiel in de watergang bij extreme neerslag situaties in beeld te brengen is zijn de Sobek modellen ZandB 2018Q4_T10WH en 2018Q4_T100WH aangepast en doorberekend. Binnen de modellen zijn twee tijdstappen (182, 8 januari 2000 om 13:00 uur en 482, 21 januari 2000 om 01:00 uur) maatgevend voor het water op maaiveld.

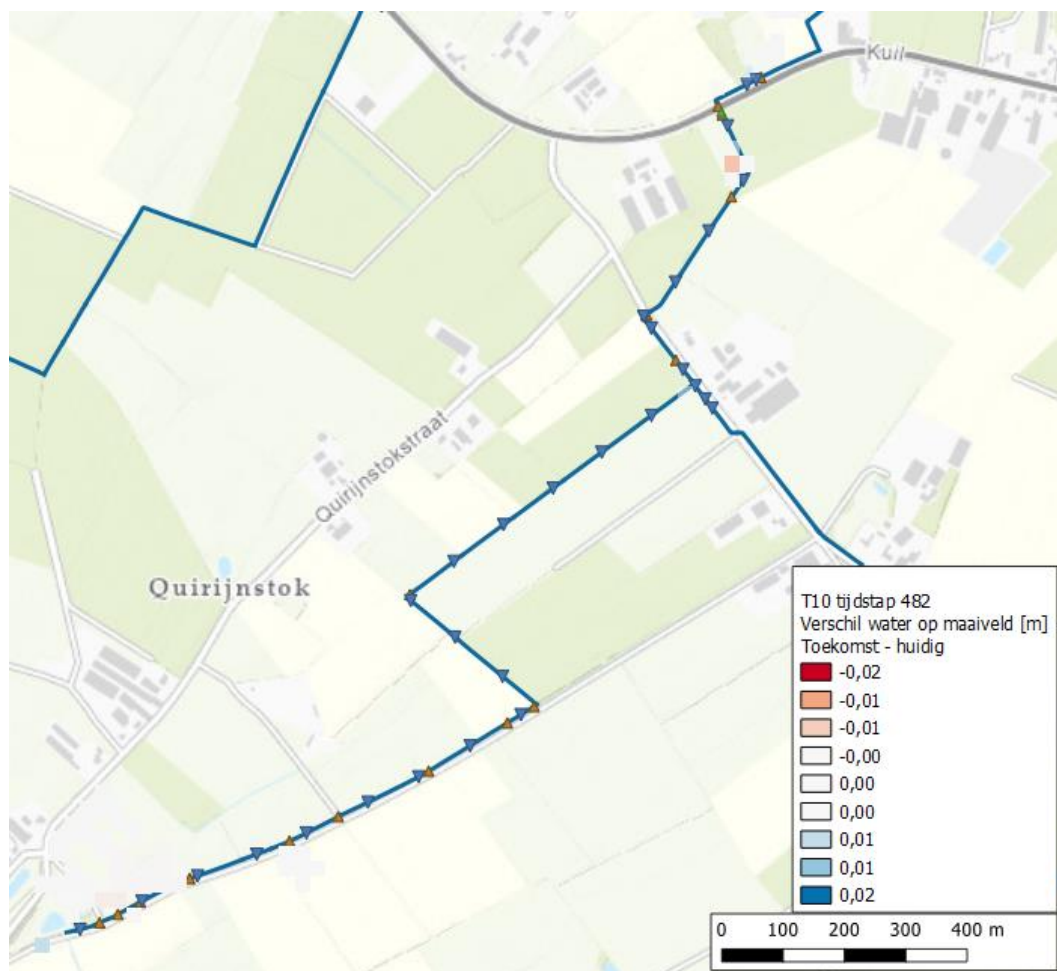
Onderstaand zijn voor de twee maatgevende tijdstappen de verschillen van water op maaiveld weergegeven. In bijlage E staan de resultaten van de huidige en de toekomstige situatie op basis waarvan de verschillenfiguren zijn gemaakt.

Tevens is in de onderstaande paragrafen de afvoer over de eerste stuw benedenstrooms van het plangebied weergegeven (stuw OWL23414).

T10

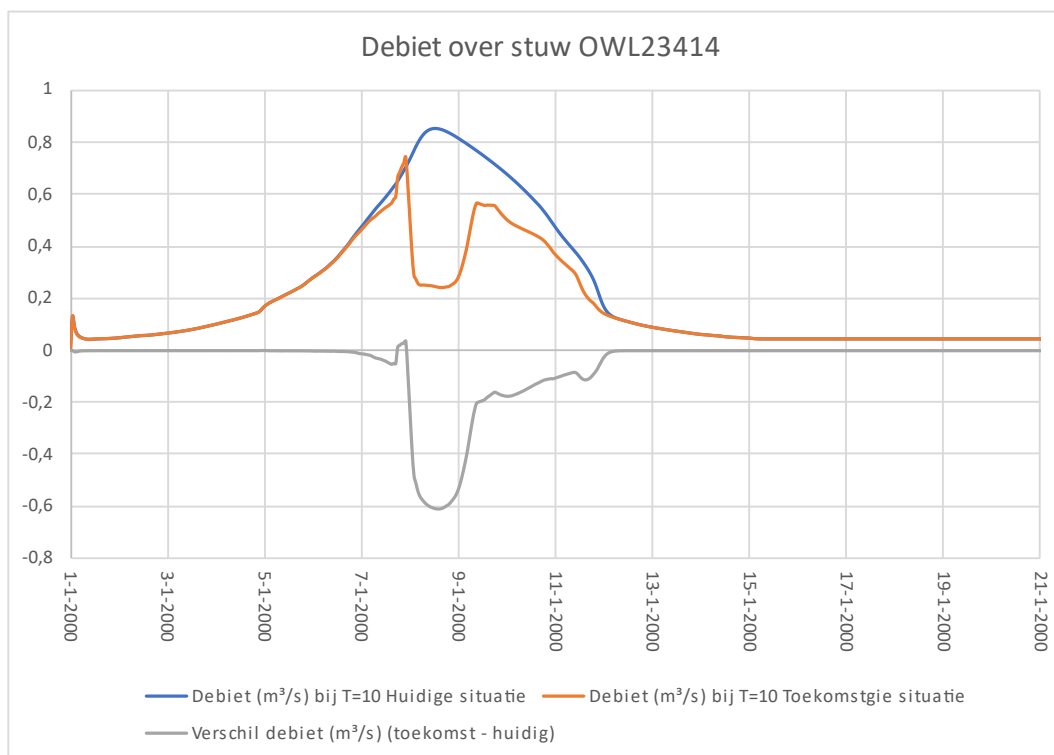


Figuur 7-3: Verschil T10 water op maaiveld toekomstige situatie en huidige situatie tijdstap 182 (tijd 08-01-2000, 13:00 uur)



Figuur 7-4: Verschil T10 water op maaiveld toekomstige situatie en huidige situatie tijdstap 482 (tijd 21-01-2000, 01:00 uur)

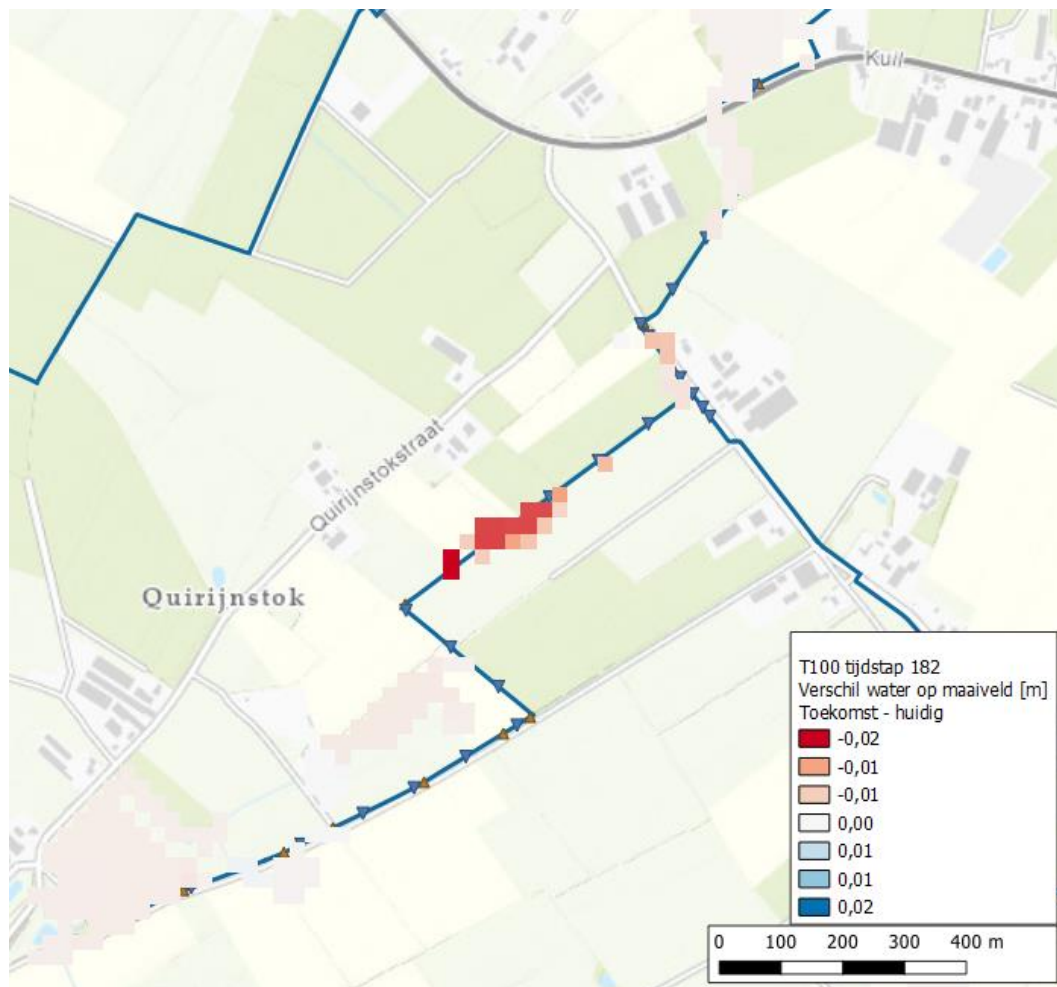
Uit de bovenstaande figuren blijkt dat het aanpassen van de profielen in de Kasteelloop geen significante verschillen geeft betreft water op maaiveld bij een T=10 situatie. De verschillen zijn beperkt tot 0,01 m.



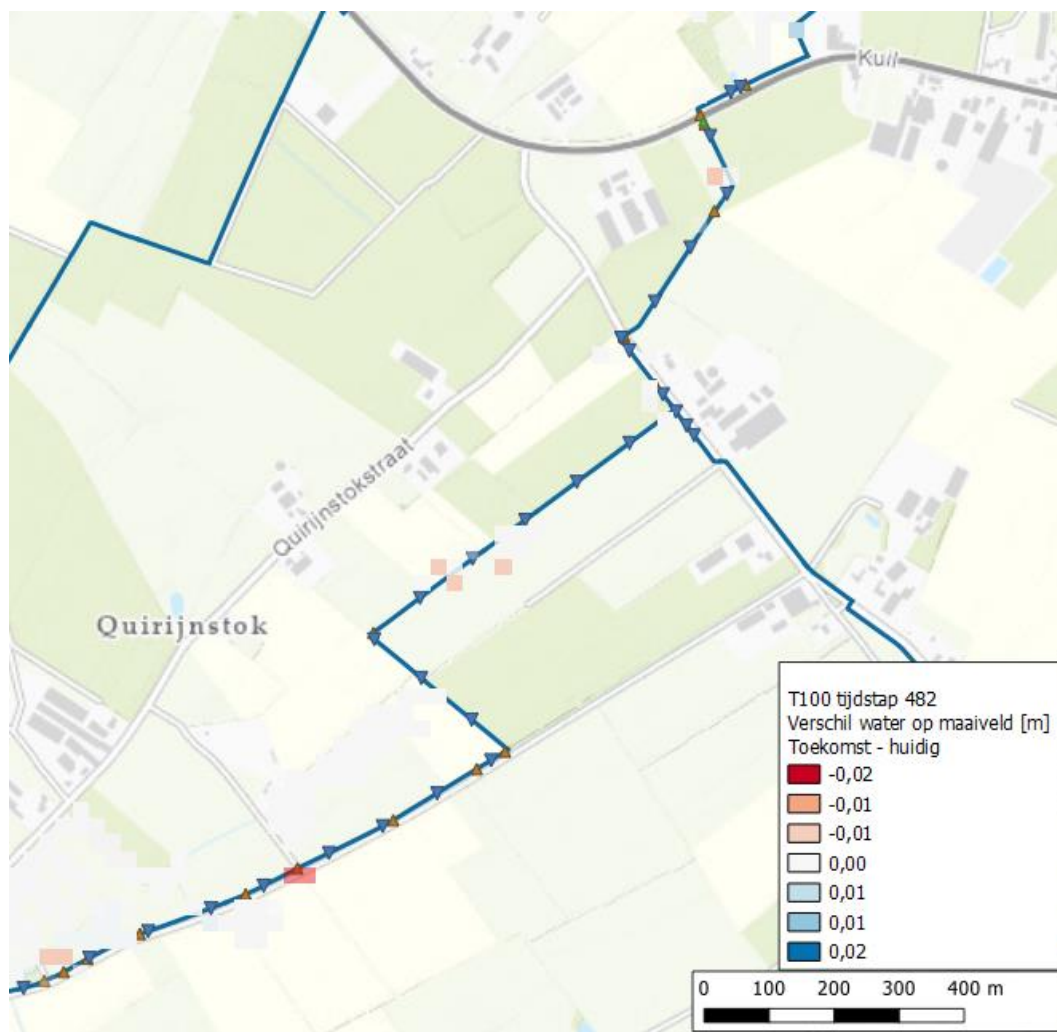
Figuur 7-5: Debiet (m³/s) over benedenstroomse stuw OWL23414 bij een T=10 situatie in de huidige en toekomstige situatie.

Zoals weergegeven in figuur 7-5 blijkt dat de waterafvoer benedenstrooms van het plan-gebied significant afneemt. Wel komt de lagere piek eerder. Hierdoor is de inundatie benedenstrooms van de stuw in het model vergelijkbaar met de inundatie van de huidige situatie, zowel in omvang als in waterdiepte.

T100

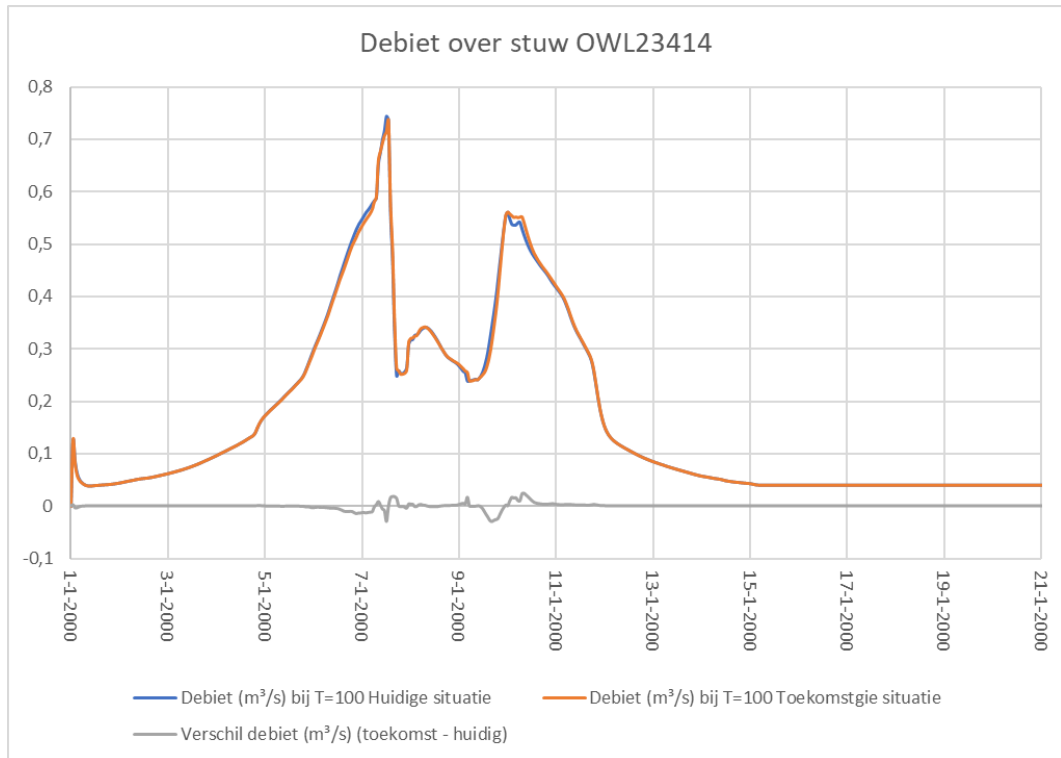


Figuur 7-5: Verschil T100 water op maaiveld toekomstige situatie en huidige situatie tijdstap 182 (tijd 08-01-2000, 13:00 uur)



Figuur 7-7: Verschil T100 water op maaiveld toekomstige situatie en huidige situatie tijdstap 482 (tijd 21-01-2000, 01:00 uur)

Uit de figuur 7-6 en 7-7 blijkt dat het aanpassen van de profielen in de Kasteelloop niet significante nadelige effect geeft betreft water op maaiveld bij een T=100 situatie. De toename van water op het maaiveld beperkt zich tot minder dan 0,01 m. De afname van water op maaiveld is maximaal 0,04 m.



Figuur 7-8: Debiet (m³/s) over benedenstroomse stuw OWL23414 bij een T=100 situatie in de huidige en toekomstige situatie.

De waterafvoer benedenstrooms van het plangebied verandert licht maar het betreft geen significante wijziging. Hierdoor is de inundatie benedenstrooms van de stuw vergelijkbaar met de inundatie van de huidige situatie, zowel in omvang als in waterdiepte.

8 Conclusies

8.1 Waterhuishouding Zwaluwenbunders

De geohydrologie binnen plangebied Zwaluwenbunders is heterogeen en complex: de grondwaterstanden kennen een variatie van circa 3 m. Daarnaast bestaat de ondergrond uit leemlenzen die variëren in begindiepte, einddiepte en dikte. Aangenomen wordt dat over het algemeen binnen het gehele plangebied de leemlaag aanwezig is.

Binnen de natuurgordel is het voornemen om verschillende maaiveldniveaus te realiseren. Hierdoor ontstaan er locaties waar regelmatig inundatie optreedt en locaties die droog staan. Door het realiseren van significant meer waterberging wordt het plangebied klimaatrobuster. In het schetsontwerp is nu een toename van 7.100 m³ (toename ±17%) bergend volume. De toename van waterberging wordt gerealiseerd door nieuwe poelen, natuurvriendelijke oevers en de maaiveldverlagingen.

Buiten de natuurgordel is de verwachting dat de effecten van natte periodes niet significant veranderen gezien de drempelhoogte van afwaterende voorzieningen kunnen worden afgestemd op de maaiveldhoogte.

Door het realiseren van natuurvriendelijke oever langs watergangen buiten de natuurgordel wordt meer water vastgehouden. Hierdoor vallen de watergangen mogelijk minder snel droog. Daarbij verandert de afvoeringscapaciteit van de watergangen in droge perioden niet significant omdat bij een ondiepe waterstand het doorstromend oppervlak niet significant toeneemt.

8.2 Kasteelloop

Naast de aanpassingen in het plangebied zelf wordt geadviseerd ook maatregelen te nemen in de Kasteelloop. Dit betreft het toepassen van een tweefasenprofiel en het verhogen van de bodem. In het onderzoek zijn de effecten op de zomer- en winterperiode getoetst (droogte en neerslag).

Door het ophogen van het zomerbed wordt meer water vastgehouden in het achterliggende gebied van de Kasteelloop. Hierdoor wordt het waterpeil in het achterliggende gebied hoger (circa 0,4 m) gedurende een droge periode en zal mogelijk ook het grondwaterpeil minder diep weg zakken.

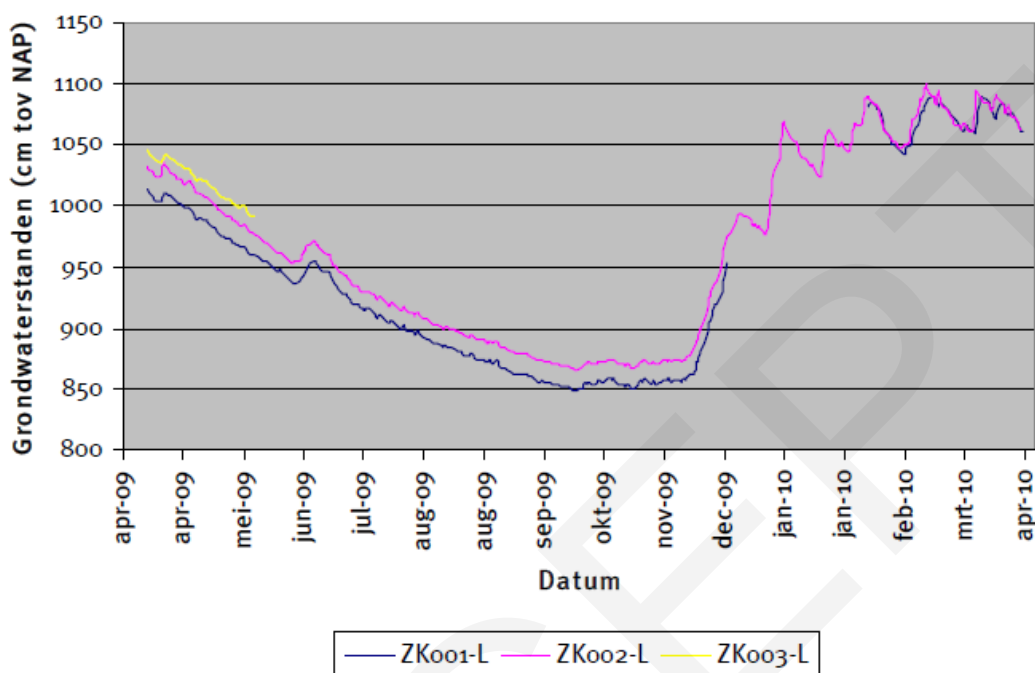
Uit de modelberekeningen blijkt dat het aanpassen van de profielen in de Kasteelloop geen significante verschillen geeft betreft water op maaiveld bij een T=10 en T=100 situatie. De inundatieverschillen (toename en afname) zijn beperkt tot 0,04 m.

Geconcludeerd wordt dat het verondiepen en aanpassen van de Kasteelloop resulteert in het vasthouden van water, bovenstrooms in het stroomgebied. Daarnaast lijken deze aanpassingen geen significant negatieve effecten te hebben op de waterhuishouding.

Bijlage A

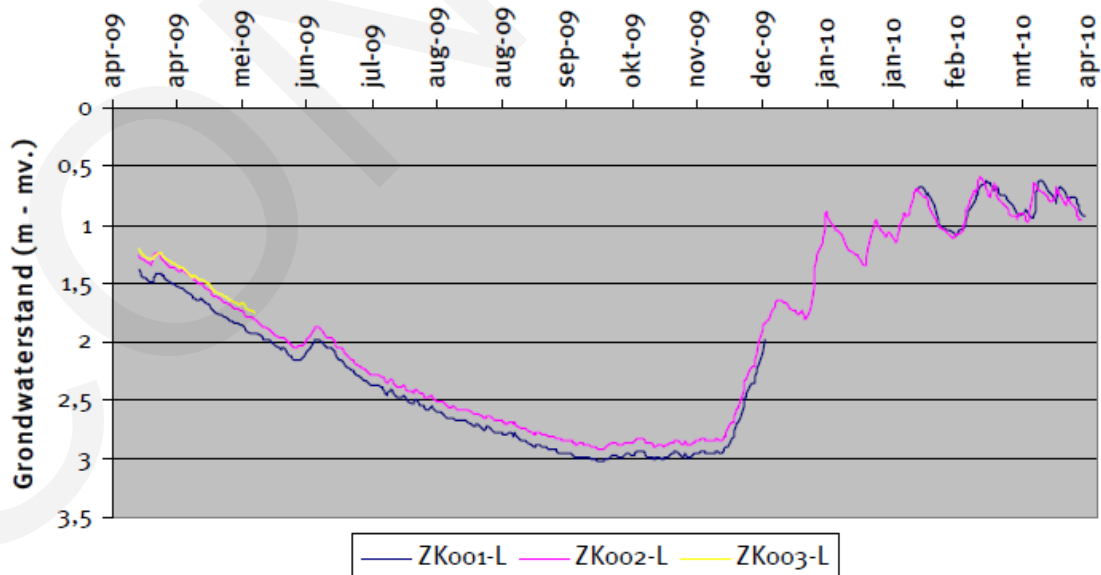
Meetreeksen onderzoek van Oranjewoud, 2011

Grondwaterstanden Zwaluwenbunders diepe peilbuizen



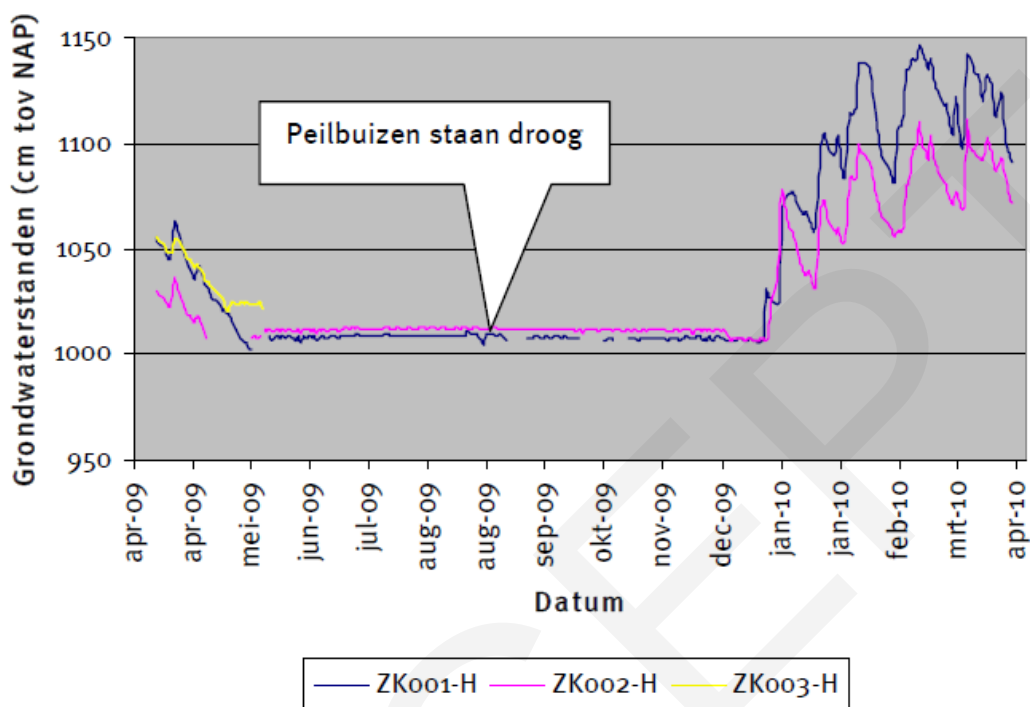
Figuur 1: Metingen in cm t.o.v. NAP voor diepe peilbuizen

Grondwaterstand Zwaluwenbunders diepe peilbuizen

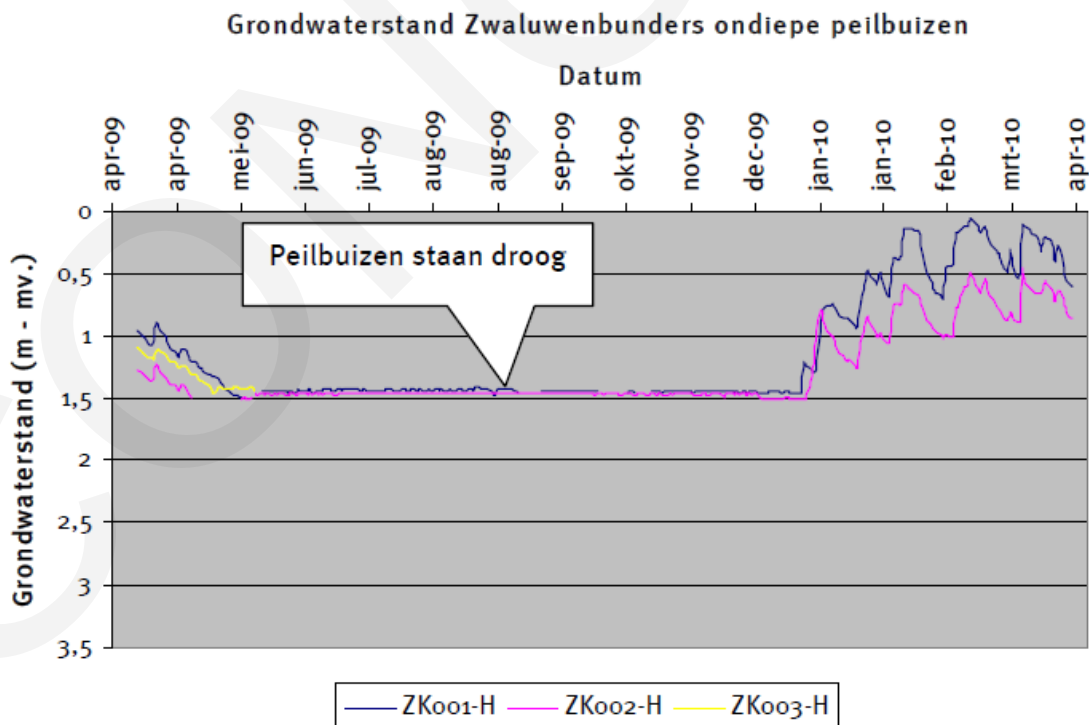


Figuur 2: Metingen in m-mv voor diepe peilbuizen

Grondwaterstanden Zwaluwenbunders ondiepe peilbuizen



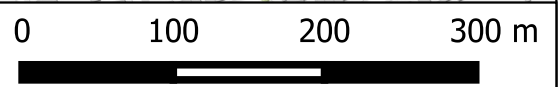
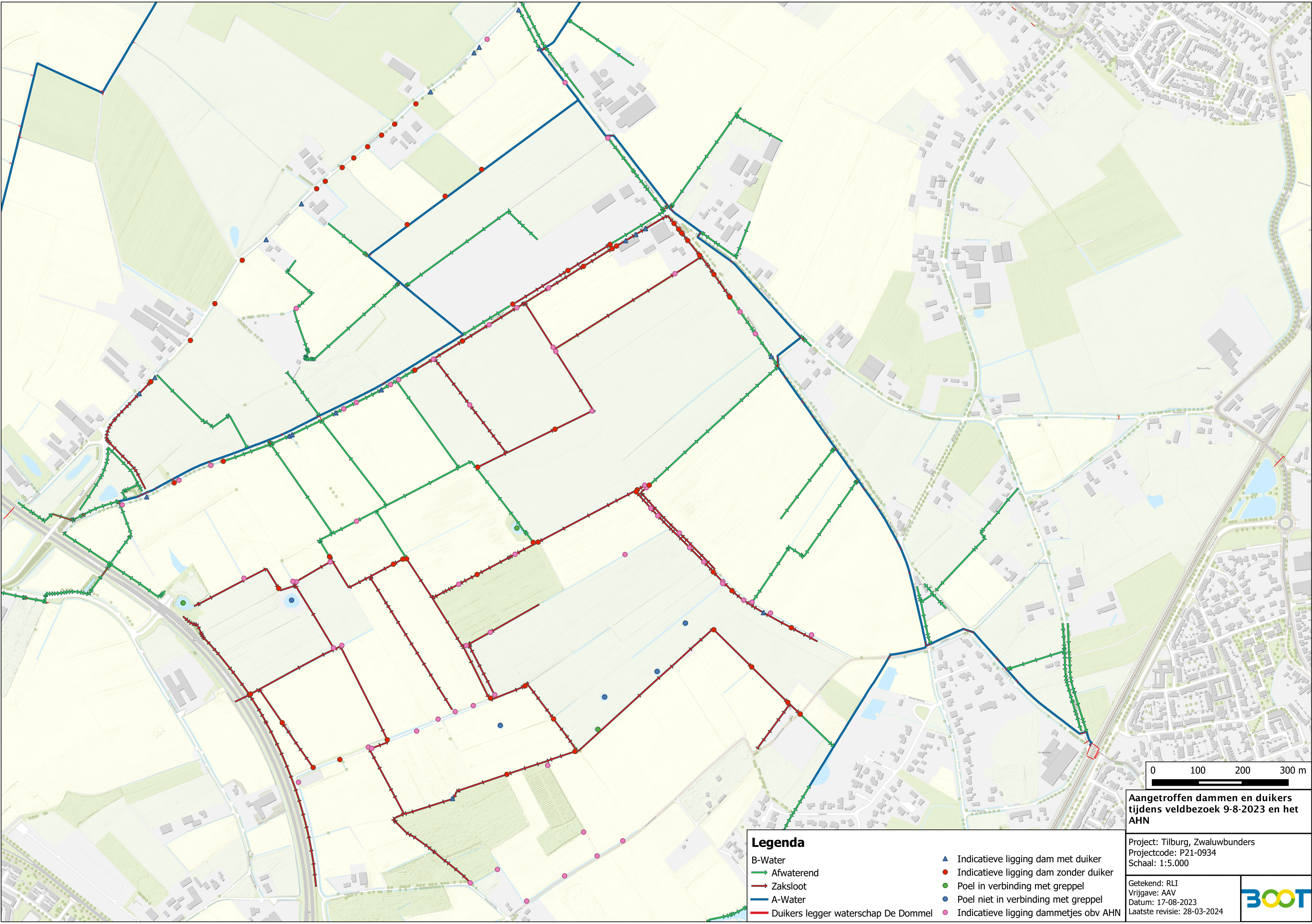
Figuur 3: Metingen in cm t.o.v. NAP voor ondiepe peilbuizen



Figuur 4: Metingen m-mv voor ondiepe peilbuizen

Bijlage B

Indicatieve ligging gronddammen



Aangetroffen dammen en duikers tijdens veldbezoek 9-8-2023 en het AHN

Project: Tilburg, Zwaluwbunders
Projectcode: P21-0934
Schaal: 1:5.000

Getekend: RLI
Vrijgave: AAV
Datum: 17-08-2023
Laatste revisie: 28-03-2024

Legenda

- | | |
|---------------------------------------|---|
| B-Water | ▲ Indicatieve ligging dam met duiker |
| → Afwaterend | ● Indicatieve ligging dam zonder duiker |
| → Zaksloot | ● Poel in verbinding met greppel |
| — A-Water | ● Poel niet in verbinding met greppel |
| — Duikers legger waterschap De Dommel | ● Indicatieve ligging dammetjes obv AHN |

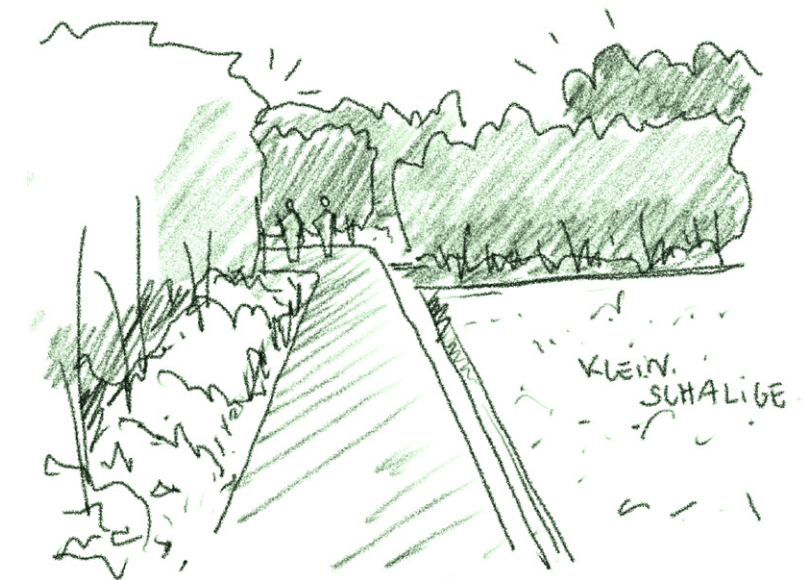


Bijlage C

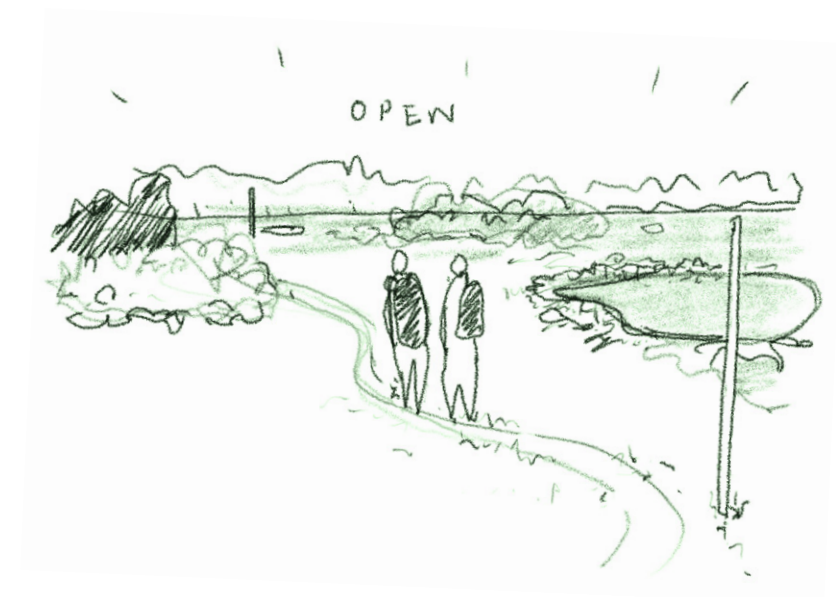
Ontwerp natuurgordel



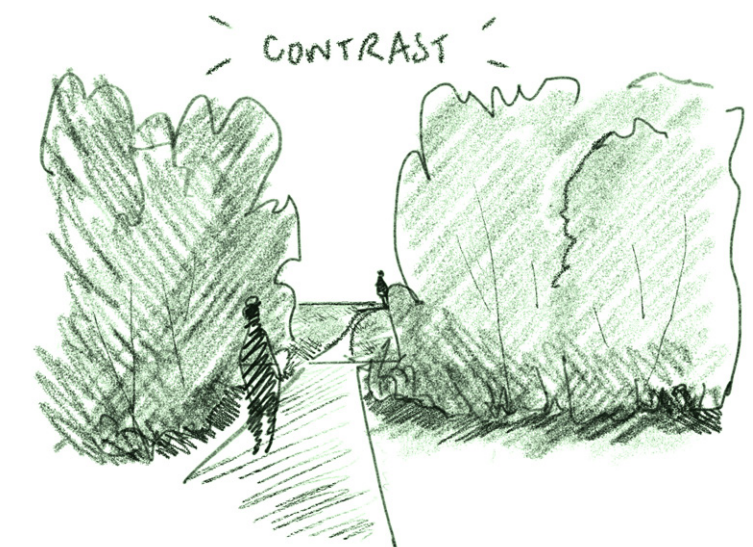
Plankaart Voorlopig Ontwerp Natuur- en Klimaatlandgoed Zwaluwenbunders.



Bosrijke rug: afwisselend en kleinschalig landschap.



Natuurgordel: relatief open en ruig.



Bufferzone duurzame landbouw: geleiding door struiksingels.

Bijlage D

Aanpassingen in Sobekmodel

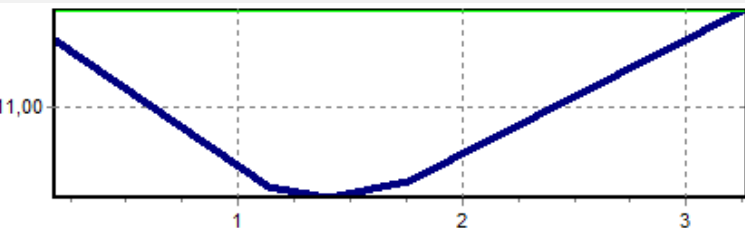
D1. Ligging dwarsprofielen en stuw



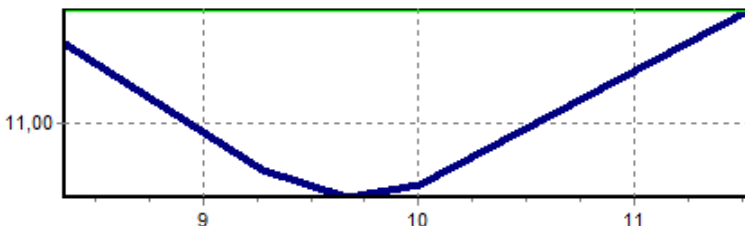
D2. Huidige en toekomstige dwarsprofielen

Huidige situatie

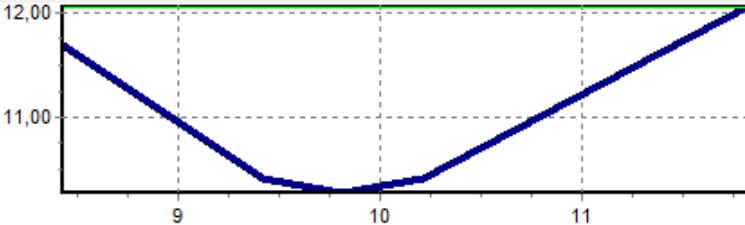
ZL7-DP-22



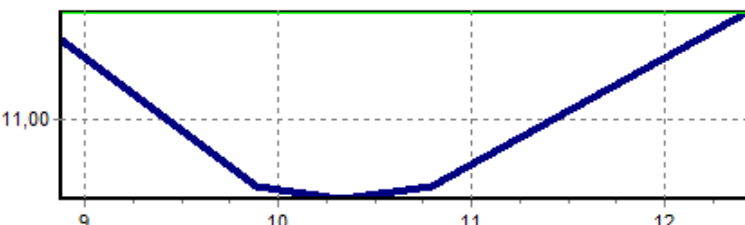
ZL7-DP134



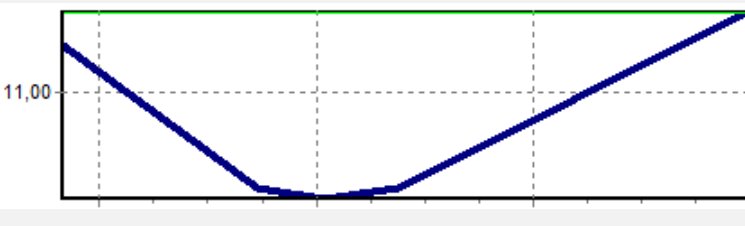
ZL7-DP-233



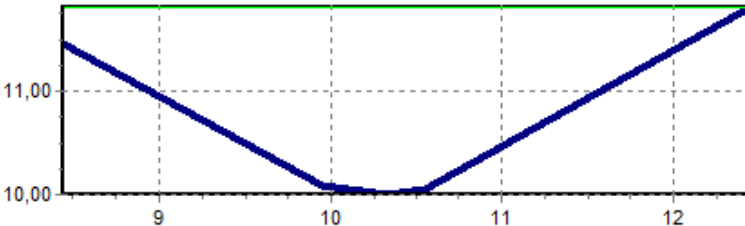
ZL7-DP-336



ZL7-DP-425

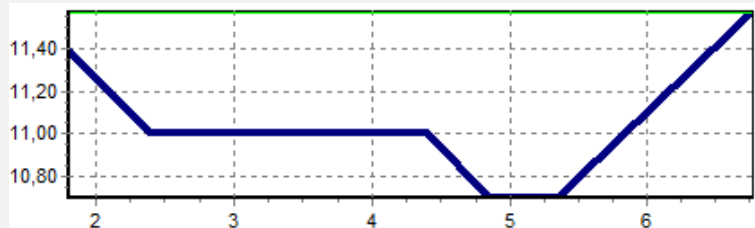


ZL7-DP-537

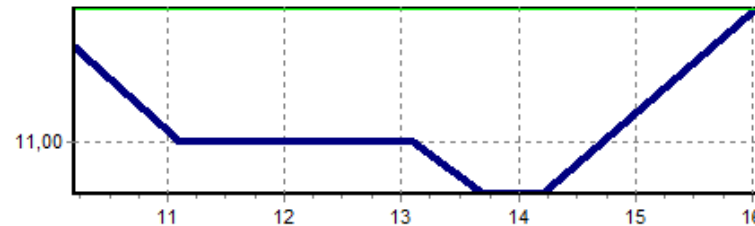


Tweefasenprofiel

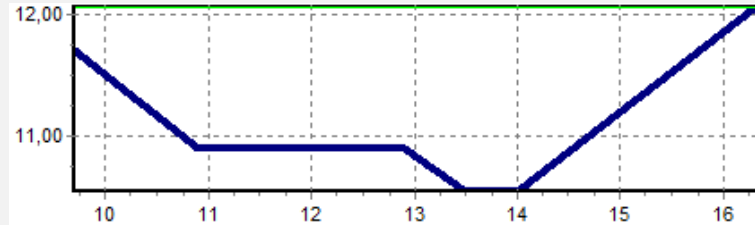
ZL7-DP-22



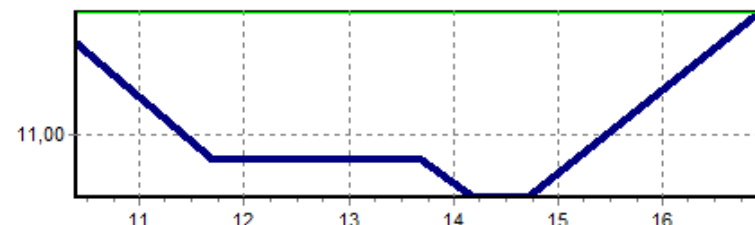
ZL7-DP134



ZL7-DP-233



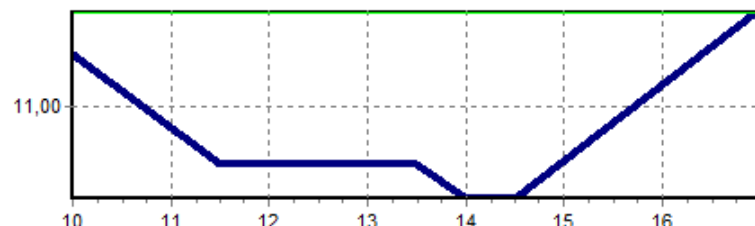
ZL7-DP-336



ZL7-DP-425

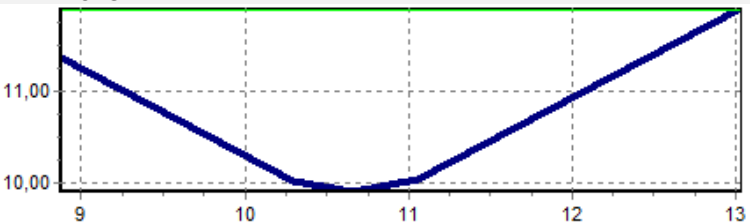


ZL7-DP-537

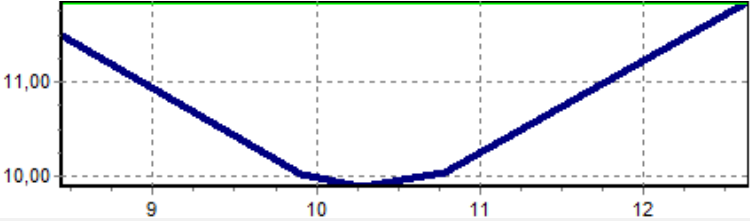


Huidige situatie

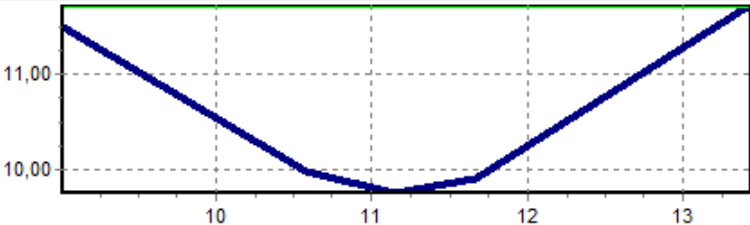
ZL-DP-629



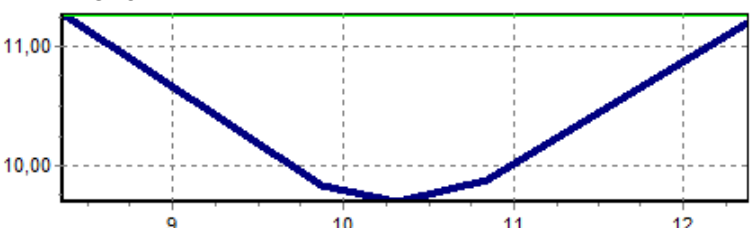
ZL7-DP-728



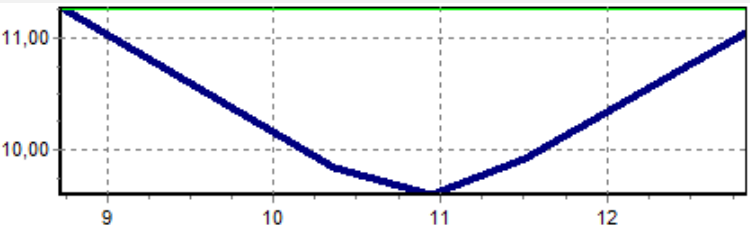
ZL7-DP-825



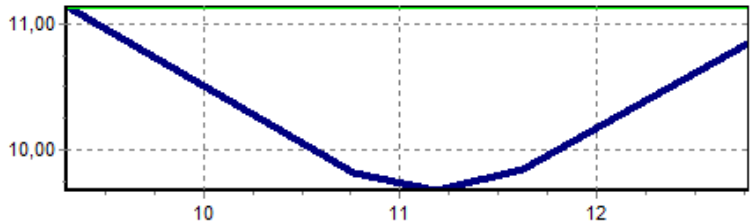
ZL7-DP-926



ZL7-DP-1027

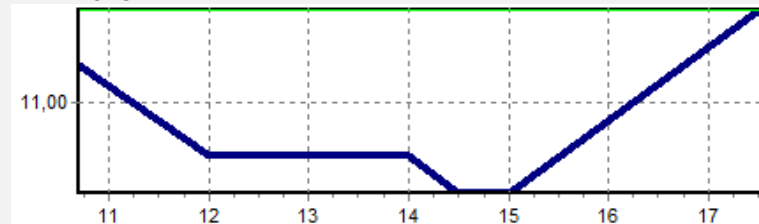


ZL7-DP-1120

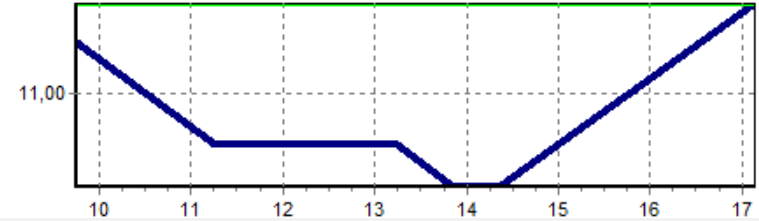


Tweefasenprofiel

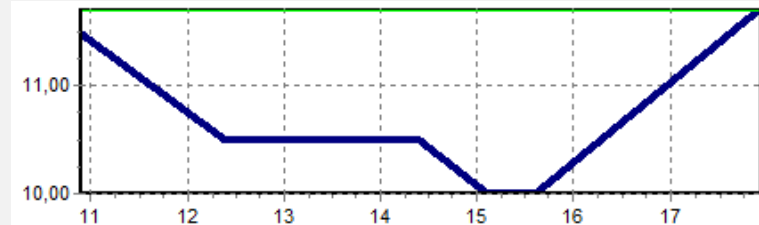
ZL-DP-629



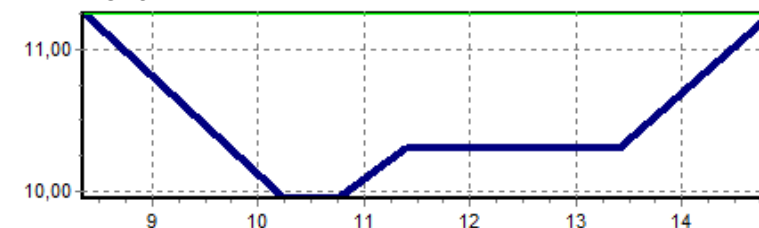
ZL7-DP-728



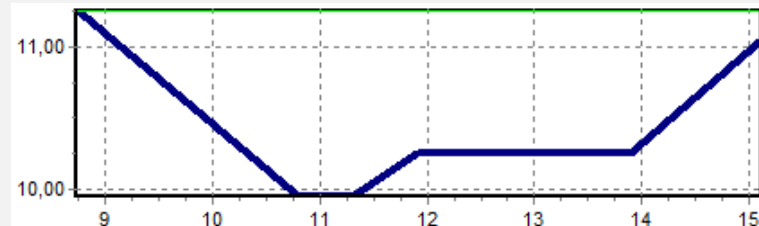
ZL7-DP-825



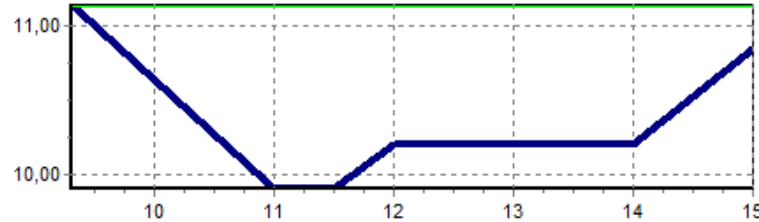
ZL7-DP-926



ZL7-DP-1027

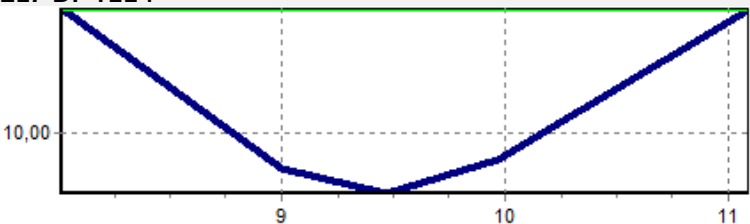


ZL7-DP-1120

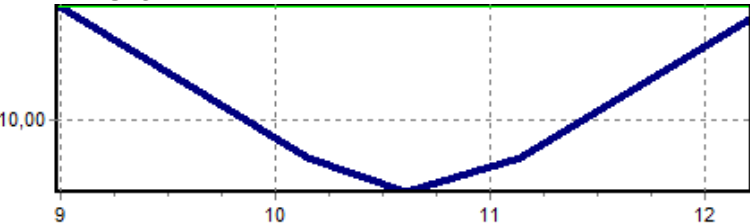


Huidige situatie

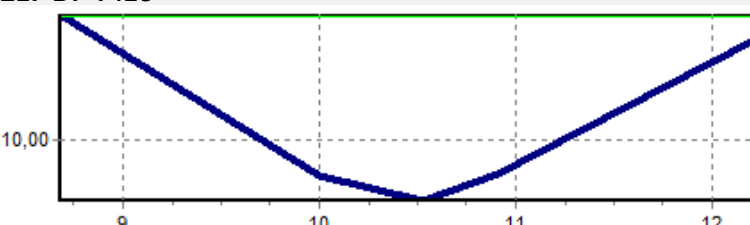
ZL7-DP-1224



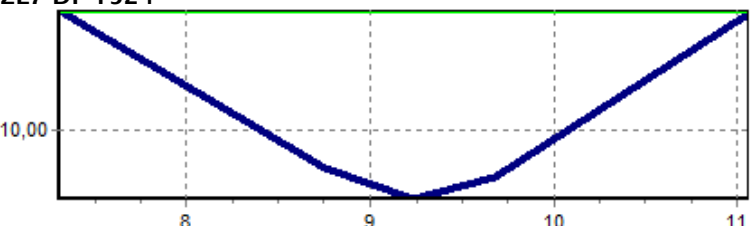
ZL7-DP-1325



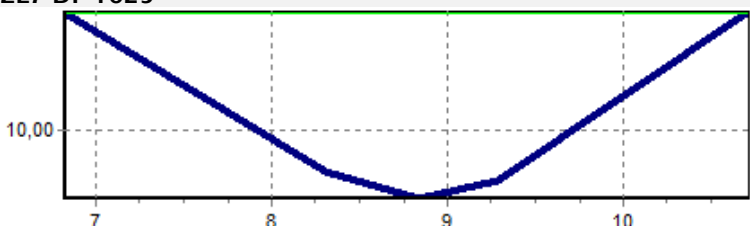
ZL7-DP-1425



ZL7-DP-1524

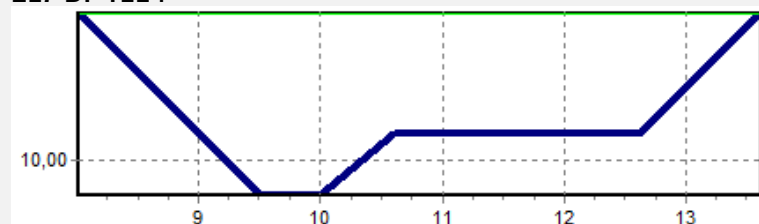


ZL7-DP-1625

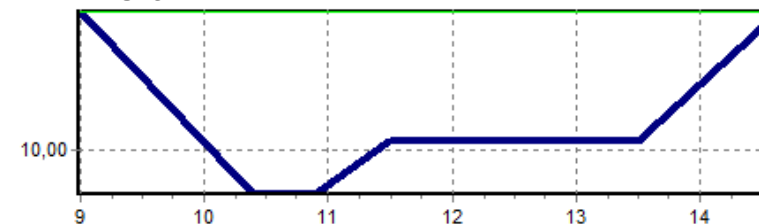


Tweefasenprofiel

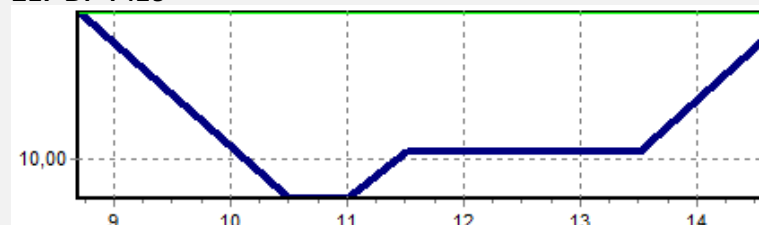
ZL7-DP-1224



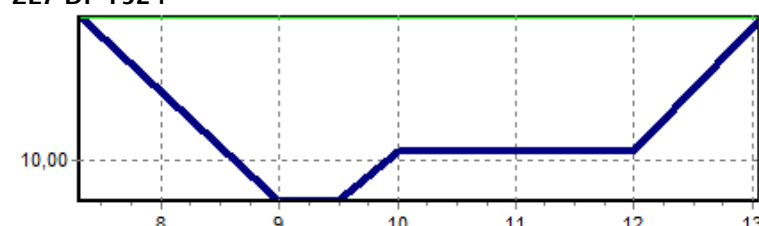
ZL7-DP-1325



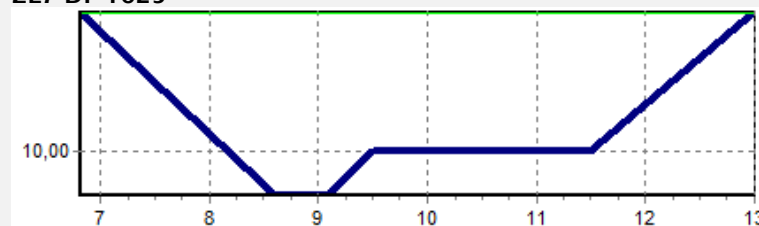
ZL7-DP-1425



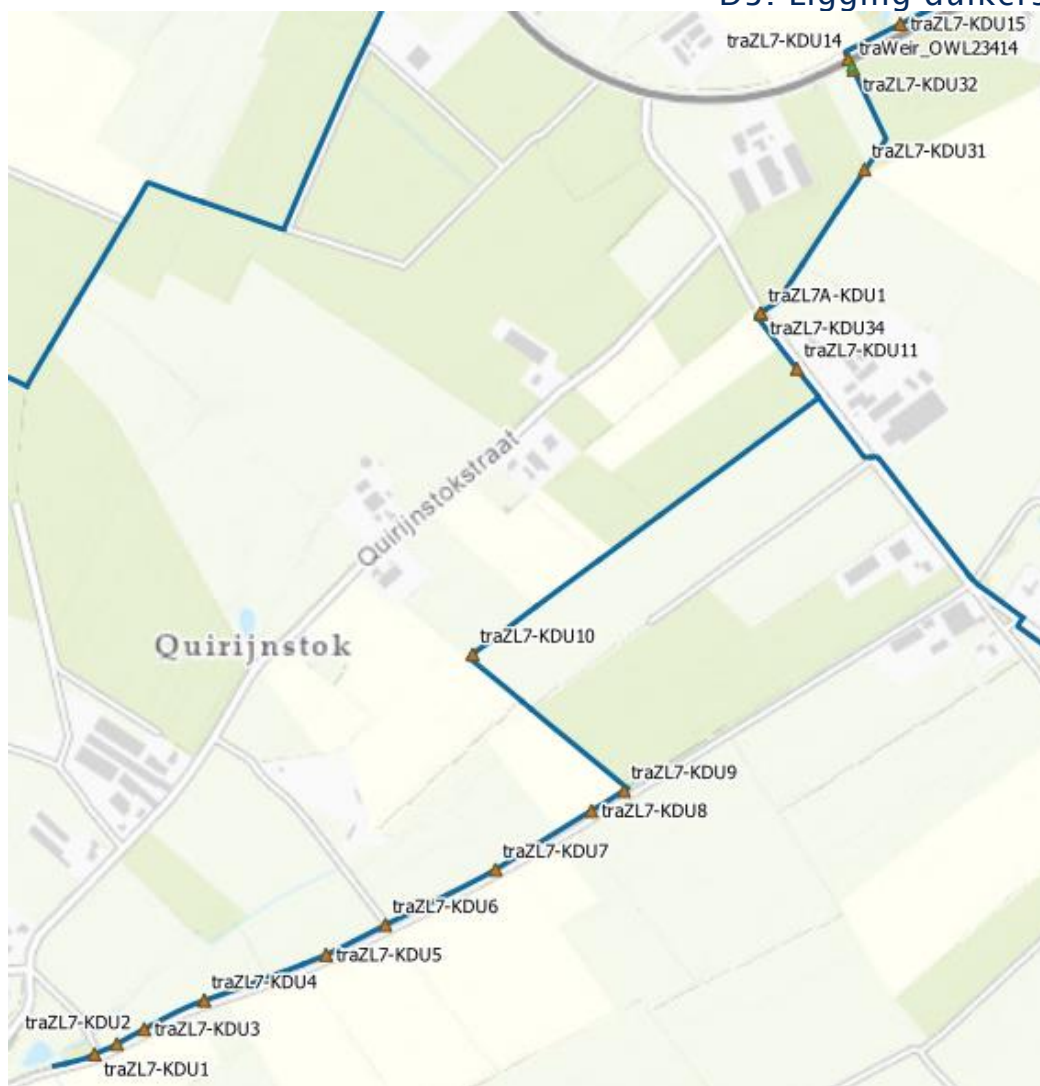
ZL7-DP-1524



ZL7-DP-1625



D3. Ligging duikers



D4. Bestaande en aangepaste gegevens duikers

Tabel D4-1- Gegevens duikers huidige situatie

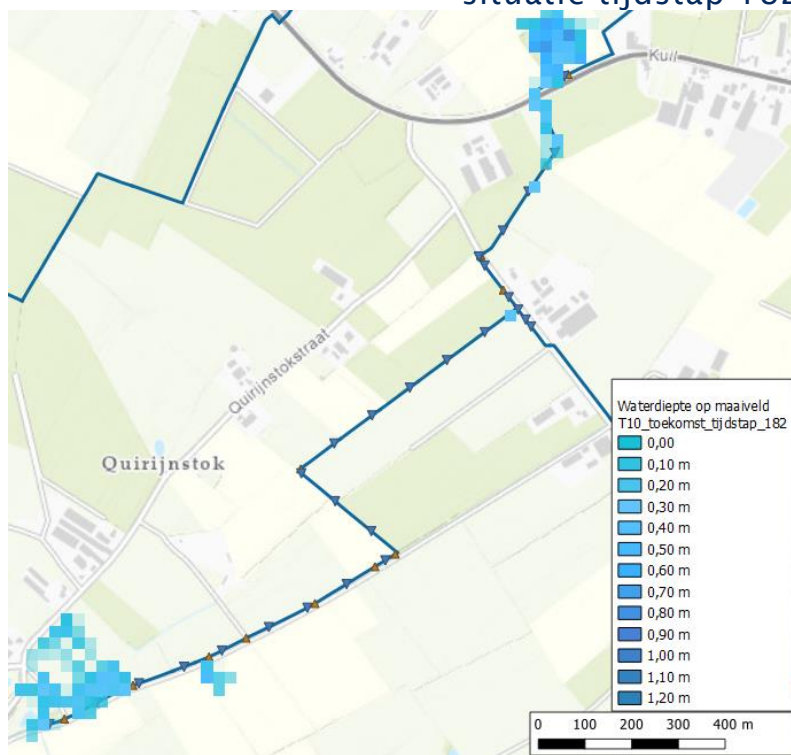
KENMERK DUIKER	LENGTE [M]	B.O.B. [M NAP]	B.O.B. [M NAP]
ZL7-KDU1	30,03	10,6	10,63
ZL7-KDU2	6,65	10,36	10,44
ZL7-KDU3	6,28	10,39	10,35
ZL7-KDU4	6,27	10,29	10,29
ZL7-KDU5	6,46	10,29	10,22
ZL7-KDU6	6,2	10,19	10,2
ZL7-KDU7	9,53	9,72	9,76
ZL7-KDU8	7,45	9,71	9,73
ZL7-KDU9	7,45	9,65	9,68
ZL7-KDU10	5,82	9,29	9,51

Tabel D4-2: Gegevens duikers toekomstige situatie

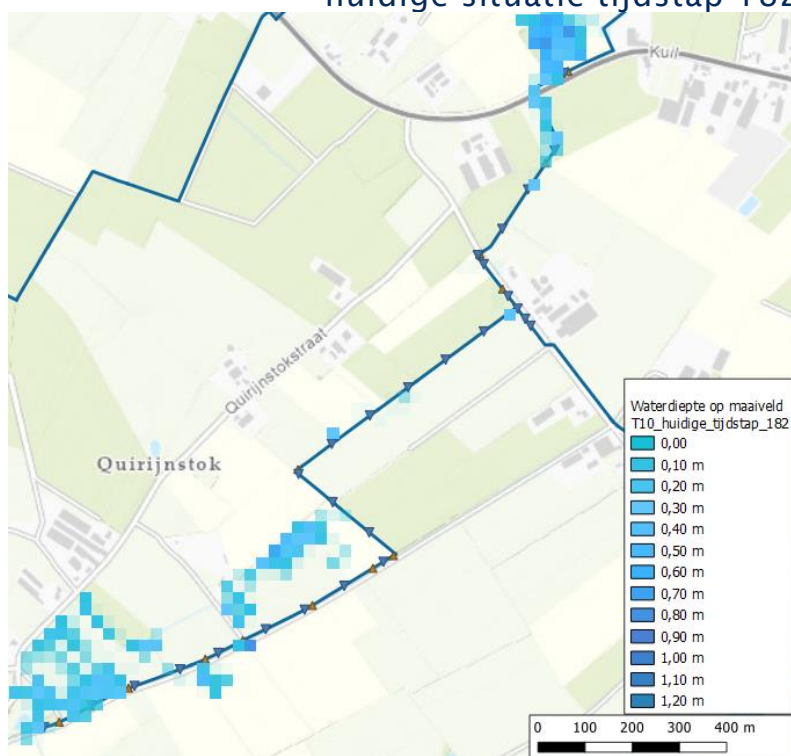
KENMERK DUIKER	LENGTE [M]	B.O.B. [M NAP]	B.O.B. [M NAP]
ZL7-KDU1	30,03	10,85	10,9
ZL7-KDU2	6,65	10,8	10,87
ZL7-KDU3	6,28	10,8	10,75
ZL7-KDU4	6,27	10,75	10,75
ZL7-KDU5	6,46	10,65	10,6
ZL7-KDU6	6,2	10,55	10,5
ZL7-KDU7	9,53	10,25	10,2
ZL7-KDU8	7,45	10,2	10,2
ZL7-KDU9	7,45	10,15	10,13
ZL7-KDU10	5,82	10,05	10,05

Resultaten water op maaiveld

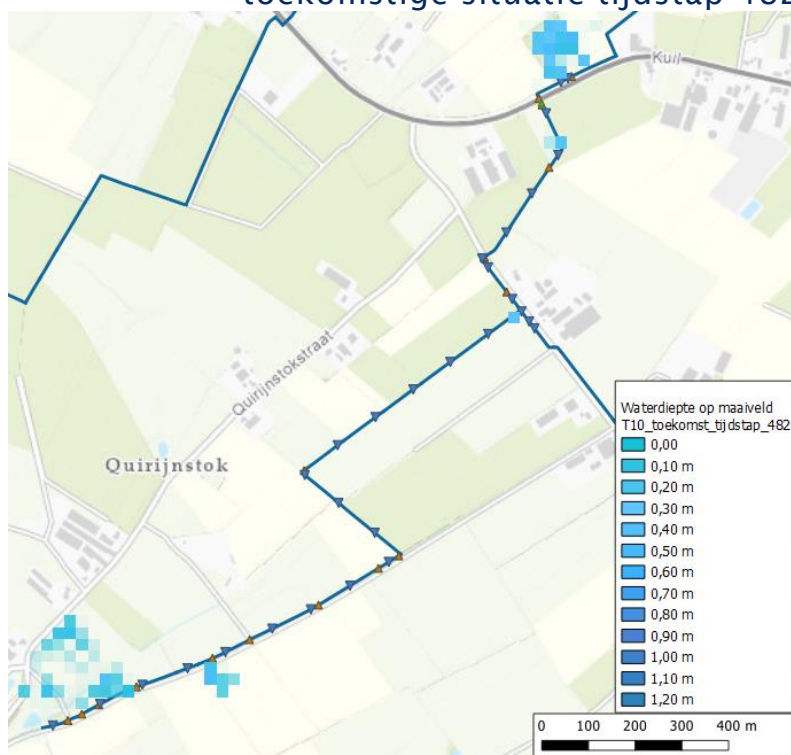
Waterdiepte op maaiveld neerslag situatie T=10 toekomstige situatie tijdstap 182



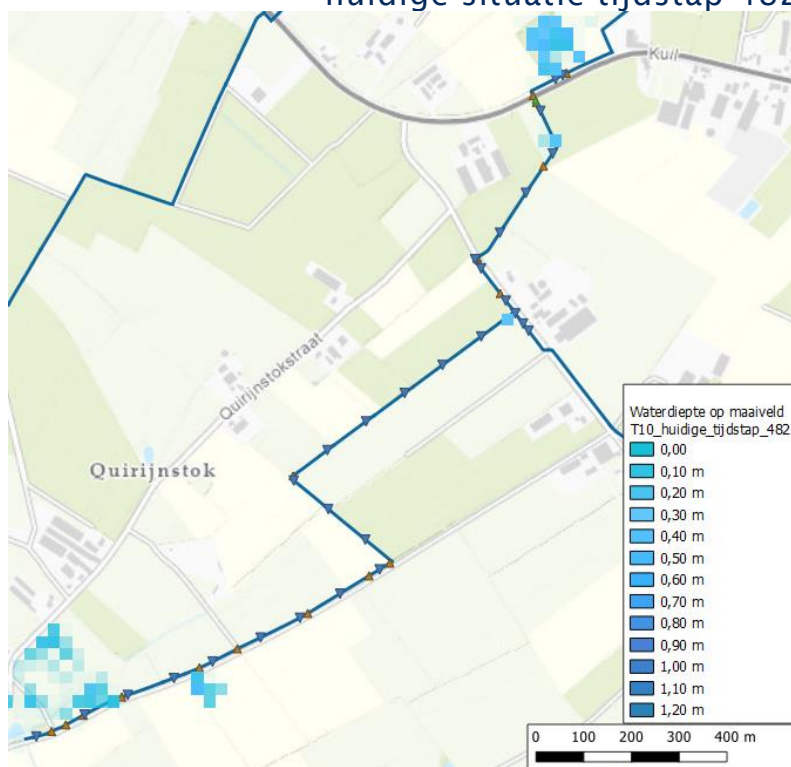
Waterdiepte op maaiveld neerslag situatie T=10 huidige situatie tijdstap 182



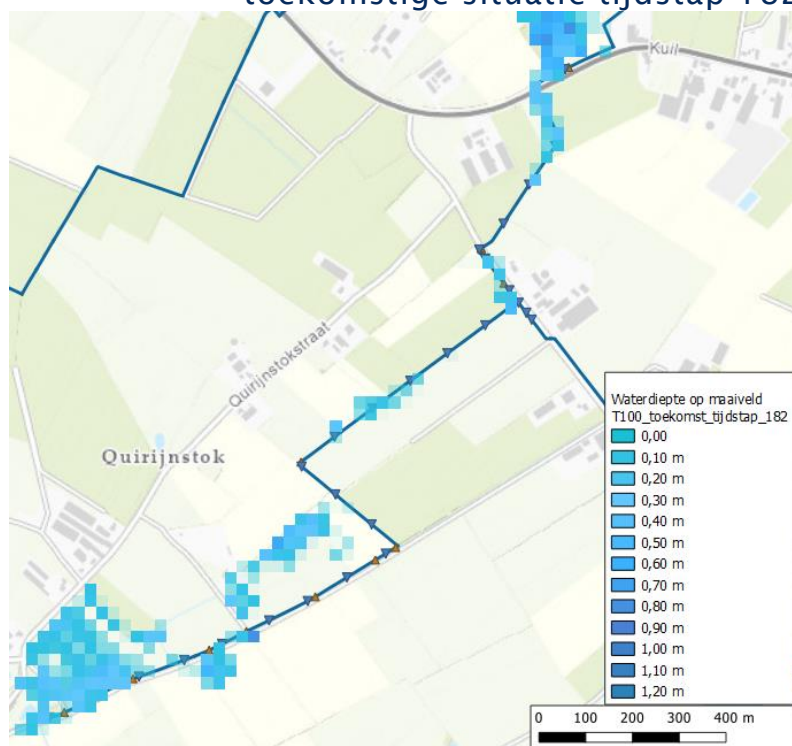
Waterdiepte op maaiveld neerslag situatie T=10 toekomstige situatie tijdstap 482



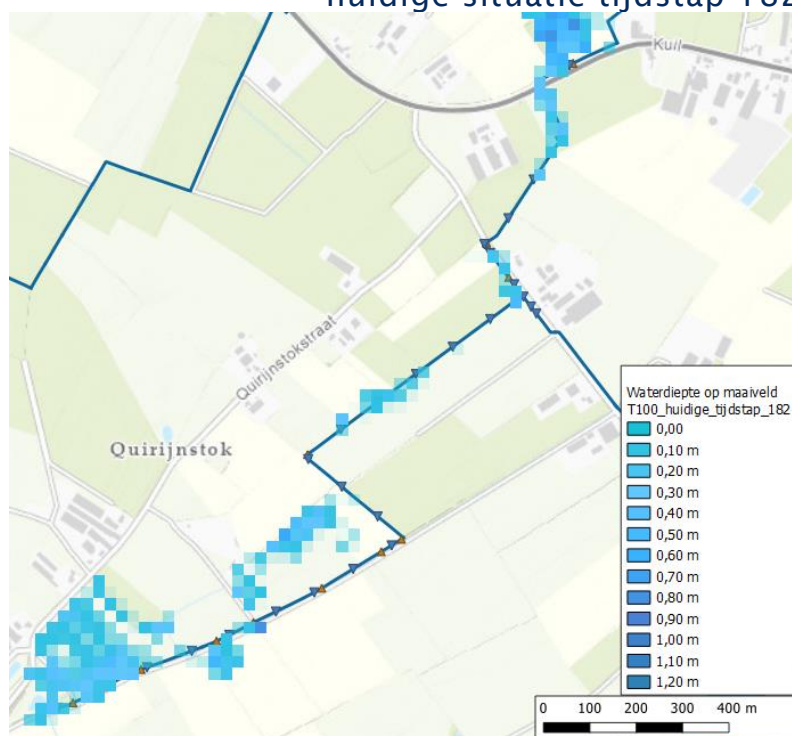
Waterdiepte op maaiveld neerslag situatie T=10 huidige situatie tijdstap 482



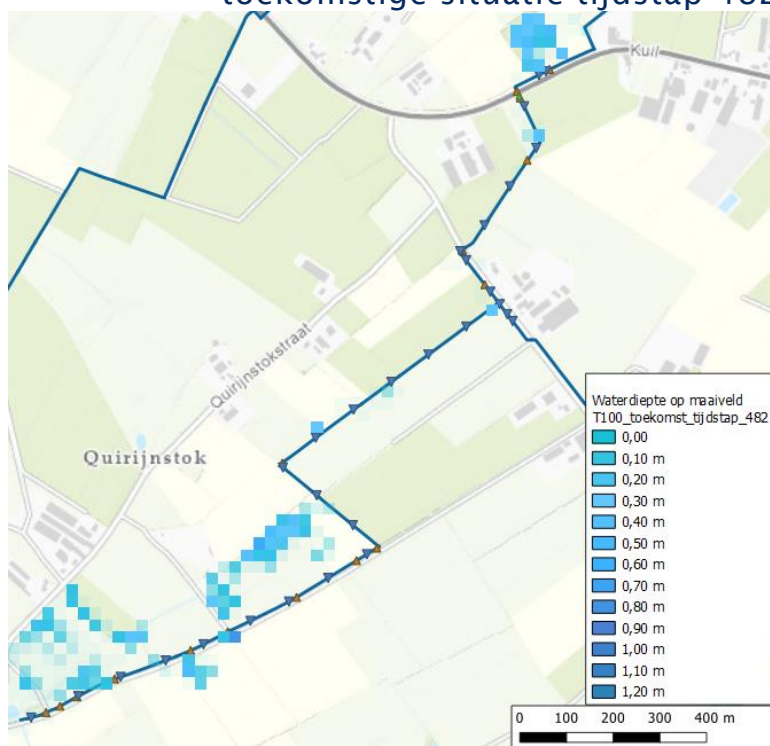
Waterdiepte op maaiveld neerslag situatie T=100 toekomstige situatie tijdstap 182



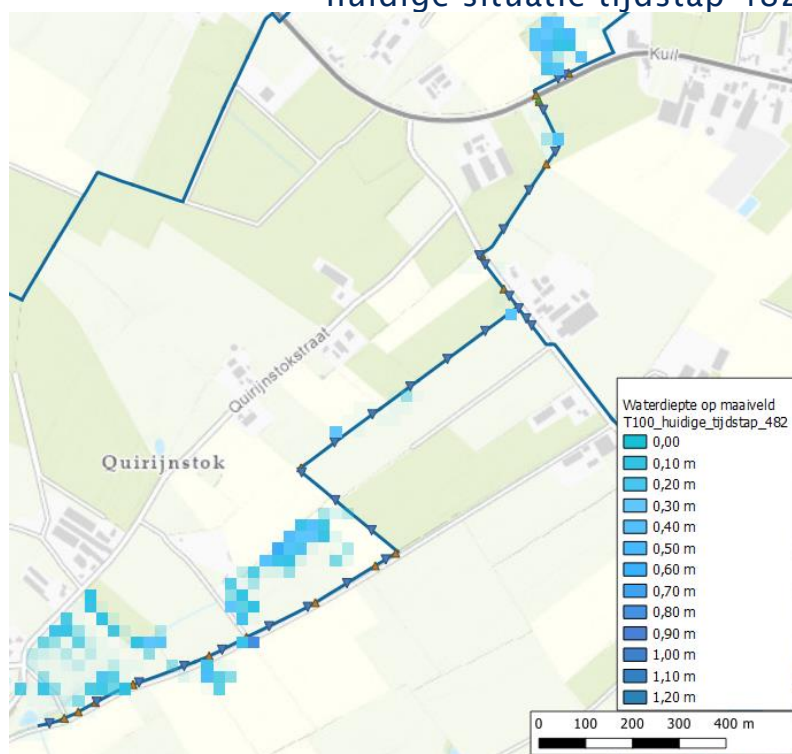
Waterdiepte op maaiveld neerslag situatie T=100 huidige situatie tijdstap 182



Waterdiepte op maaiveld neerslag situatie T=100 toekomstige situatie tijdstap 482



Waterdiepte op maaiveld neerslag situatie T=100 huidige situatie tijdstap 482



BOOT: INGENIEURS MET EEN VERHAAL

Een toekomstbestendige leefomgeving. Dat is het verhaal van BOOT. De ingenieurs van BOOT zijn actief binnen alle facetten van onze leefomgeving en leveren integrale advies- en managementdiensten. Jij kunt ons dan ook inzetten om projecten van A tot Z te regelen. Wij onderscheiden ons door onze risicogerichte aanpak, effectieve toepassing van data, circulaire denkkraft. En vooral: door onze mensen. Mensen vormen de kern van elk bedrijf, maar bij BOOT nog meer. Hoe verschillend ook, ze werken pragmatisch, nieuwsgierig en vooral sámen. Elke medewerker werkt met de kracht én ambitie van een compleet team achter zich.

De ingenieurs van BOOT: daar zit een verhaal achter.



Plesmanstraat 5
Veenendaal
0318 - 527 600

Postbus 509
3900 AM
Veenendaal

info@buroboot.nl
www.buroboot.nl