

## Rapport

---

Projectnummer: 368240

Referentienummer: SWNL0264773

Datum: 11-08-2020

---

## Grondwateroverlast de Bijvanck

Oorzaken en verkenning maatregelen

Definitief

Opdrachtgever:  
Gemeente Blaricum  
Kerklaan 16  
1261 JB Blaricum

## Verantwoording

Titel	Grondwateroverlast de Bijvanck
Subtitel	Oorzaken en verkenning maatregelen
Projectnummer	368240
Referentienummer	SWNL0264773
Revisie	D01
Datum	11-08-2020

Auteur	Carl Geuljans, Marc Vissers
E-mailadres	marc.vissers@sweco.nl

Gecontroleerd door	Dr. Marc Vissers
Paraaf gecontroleerd	

Goedgekeurd door	Elwin Leusink
Paraaf goedgekeurd	

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Samenvatting</b> .....	<b>4</b>
1.1	Aanleiding .....	4
1.2	Uitgevoerd onderzoek .....	4
1.3	Resultaat inventarisatie .....	4
1.4	Resultaat veldwerk .....	5
1.5	Resultaat doorrekening maatregelen .....	5
1.6	Algemene conclusie .....	6
1.7	Naschrift relatie met wijkreconstructie .....	6
<b>2</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>7</b>
2.1	Aanleiding en doelstelling .....	7
2.2	Stappenplan .....	7
<b>3</b>	<b>Inventarisatie gegevens</b> .....	<b>8</b>
3.1	Maaiveldhoogte .....	8
3.2	Riolering en drainage .....	10
3.3	Drainage .....	10
3.4	Grondwaterstand .....	10
3.5	Kritische grondwaterstand .....	12
3.6	Bodemopbouw .....	12
3.7	Resultaat veldwerk dikte ophooglaag .....	13
3.8	Resultaat veldwerk grondwaterstanden in overlaststraten .....	13
3.9	Stijghoogteverschillen met diepe watervoerende pakket: infiltratie .....	14
3.10	Grondwateroverlast .....	15
3.11	Conclusie inventarisatie .....	17
<b>4</b>	<b>Tijdreeksanalyse grondwaterstanden</b> .....	<b>18</b>
4.1	Invoer basisgegevens tijdreeksanalyse .....	18
4.2	Resultaten tijdreeksanalyse .....	18
4.3	Conclusie tijdreeksanalyse .....	22
<b>5</b>	<b>Geohydrologische modellering van maatregelen</b> .....	<b>23</b>
5.1	Inleiding .....	23
5.2	GMS Modelaannames .....	24
5.3	Resultaten .....	24
5.4	Conclusie .....	27
<b>6</b>	<b>Maatregelen</b> .....	<b>28</b>
6.1	Inleiding afweging maatregelen .....	28
6.2	Type drainage .....	28

## 1 Samenvatting

### 1.1 Aanleiding

In de wijk de Bijvanck is sprake van grondwateroverlast, met name onder huizen waar grondwater kelders bedreigt en grondwater langdurig in kruipruimtes wordt aangetroffen. Deze grondwateroverlast concentreert zich in twee clusters in de wijk, één rondom Havik en één rondom Lepelaar. Buiten deze twee clusters zijn er vier punten van overlast meer verspreid in de wijk. De gemeente wil weten waardoor deze overlast ontstaat en welke oplossingsrichtingen er zijn om de knelpunten op te lossen.

### 1.2 Uitgevoerd onderzoek

Sweco heeft dit onderzoek uitgevoerd door een groot aantal geohydrologische gegevens te inventariseren en te interpreteren. Dit zijn met name tijdseries van gemeten grondwaterstanden, gemeentelijke gegevens over het watersysteem en gegevens over de bodemopbouw. Deze gegevens zijn tijdens de studie aangevuld met de resultaten van een veldonderzoek waarin de zandige ophooglaag van de wijk in beeld is gebracht. Aan de hand van die informatie zijn effecten van twee mogelijke typen maatregelen doorgerekend.

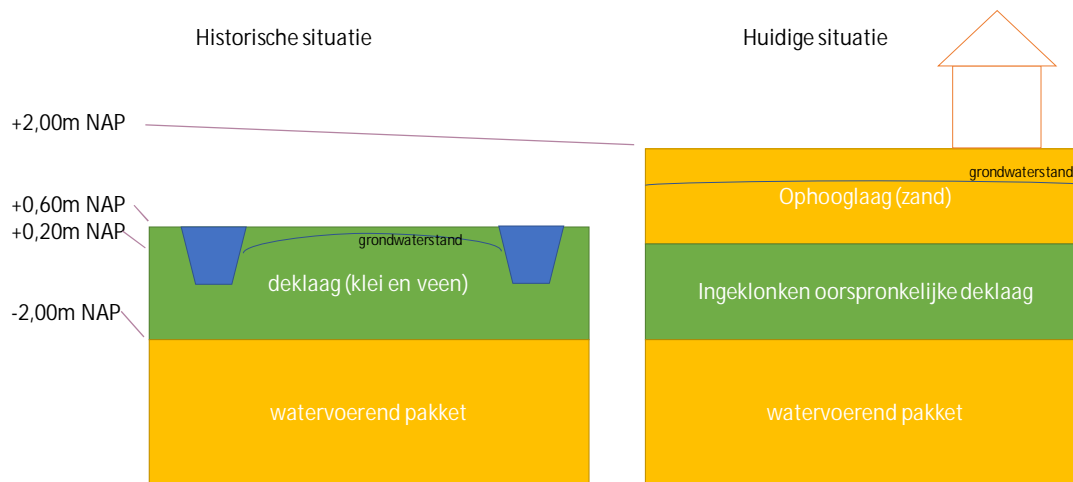
### 1.3 Resultaat inventarisatie

De maaiveldhoogte in de Bijvanck is meestal (ongeveer) +2m NAP. Uit de tijdreeksanalyse van grondwaterstanden gemeten in vier in de wijk aanwezige peilbuizen blijkt dat met name in de winterperiode en vooral in natte winters de grondwaterstand langdurig minder dan 80 cm onder maaiveld ligt. De grondwateroverlast wordt dus veroorzaakt doordat in natte winterperiodes het neerslagoverschot niet snel genoeg wordt 'afgevoerd'. Deze 'afvoer' kan zijn infiltratie naar diepe watervoerende pakketten, drainage naar lekke rioolbuizen die onder grondwaterniveau liggen, drainage richting drainagemiddelen (leidingen of pompjes) die door de gemeente of door particulieren zijn geïnstalleerd of afstroming naar oppervlaktewateren in de wijk.

Uit de gegevensanalyse werd geconcludeerd dat in het noordoostelijk deel van de wijk de oorspronkelijke deklaag te ondoorlatend is om het grondwater naar de diepte te laten infiltreren. Vermoed werd dat de ophooglaag te dun is aangebracht om overtollig grondwater in horizontale richting af te voeren naar ontwateringsmiddelen. Om dat te onderzoeken en om maatregelen voor horizontaal gerichte afvoer te kunnen doorrekenen is veldwerk uitgevoerd.

Tijdens het onderzoek werd bekend op welke manier in de wijk drainage is aangelegd:

1. In de gehele wijk zijn tijdens de aanleg van de wijk in de jaren '70 drainageleidingen gelegd om het gebied versneld te ontwateren ten behoeve van de aanleg van funderingen van woningen en ondergrondse infrastructuur. Deze drainage is tijdelijk van aard geweest.
2. In Meeuw en enkele aanpalende straten blijkt enkele jaren na de oplevering van de woningen een tweede drainagesysteem aangelegd, waarschijnlijk omdat in die straat veel wateroverlast werd ervaren. Dit drainagesysteem is nog altijd fysiek aanwezig en is via diverse straatputten te bereiken en te inspecteren. Omdat dit systeem opnieuw is geactiveerd mag worden verwacht dat in een deel van de wijk geen overlast meer zal worden ervaren.



*Figuur Schematische situatie bodemopbouw voor en na aanleg van de wijk. Door de beperkte dikte van de ophooglaag en door de te grote weerstand van de deklaag kan het grondwater niet goed weg en ontstaat overlast.*

#### 1.4 Resultaat veldwerk

Uit het veldwerk bleek dat de ophooglaag veelal uit fijn zand bestaat en dat de ophooglaag meestal slechts 1,8 meter dik is. Dat betekent dat na de aanleg van de wijk het oorspronkelijke maaiveld dat op +0,6 m NAP lag nog 40 cm is ingeklonken.

Ook bleek dat net buiten de woonwijk, in de groenstrook richting het oppervlaktewater, de ophooglaag uit klei en veen bestond. Dat bevestigt de waarneming dat huizen in Lepelaar op enkele tientallen meters van oppervlaktewater toch wateroverlast ervaren: het water kan er onvoldoende weg.

Een hypothese is dat overlast in Lepelaar door de jaren heen geleidelijk groter is geworden als gevolg van restzetting waardoor de oorspronkelijke deklaag geleidelijk steeds meer weerstand is gaan bieden tegen infiltratie. Dit is echter niet te bewijzen en voor maatregelen niet relevant maar kan wel verklaren waardoor in deze straat in de jaren '80 geen drainagesysteem is aangelegd.

De veldwerkresultaten zijn gebruikt om effecten van maatregelen door te rekenen.

#### 1.5 Resultaat doorrekening maatregelen

Er zijn twee typen maatregelen doorgerekend, een puntonttrekking en een lijnonttrekking. De uitkomst van de berekeningen moet inzicht geven tot op welke afstand van de maatregel effecten verwacht mogen worden. Verwacht werd dat effecten in de omgeving van drainage beperkt zouden kunnen zijn omdat het een dunne ophooglaag is met daarin een dunne laag grondwater. Daardoor is de doorstroomcapaciteit naar de drainage toe beperkt.

Dit bleek ook uit de berekeningen waarin grondwater werd beheerst met een putonttrekking. Putonttrekkingen blijken weinig effectief doordat in de dunne ophooglaag radiaal toestromend grondwater teveel weerstand ondervindt om op meer dan 5 meter afstand nog significante de grondwaterstand te verlagen. Ze kunnen hooguit "in" een individuele woning worden ingezet.

Grondwater kan wel goed afstromen naar lijnvormige onttrekkingen (drainageleidingen). Drainage kan op veel grotere afstand de grondwaterstand de benodigde tientallen centimeters omlaag brengen om in de natte winterperioden overlast te verminderen.

### **1.6 Algemene conclusie**

De grondwateroverlast in Havik is vermoedelijk opgelost met het gangbaar maken van de drainage in Meeuw. Voor die straat adviseren wij de komende winters na te gaan in hoeverre klachten achterwege blijven en om eventuele klachten te beoordelen in combinatie met de tijd-stijghoogtelijnen van de vier peilputten in de wijk, die via DINOLOKET kunnen worden ingezien en in combinatie met inspectie van de werking van het drainagesysteem.

In Lepelaar adviseren wij lijnvormige drainage aan te brengen. Dit heeft de voorkeur boven individuele putten bij individuele woningen, omdat drainage passief kan afwateren naar het naastgelegen oppervlaktewater of naar het hemelwaterstelsel, waarbij aanleg van één lange drainagebuis effectief is voor beide zijden van een straat en waarbij dus per woning de kosten relatief beperkt kunnen blijven.

Drainageleidingen kunnen behalve parallel aan de weg ook, als voortuinen aanwezig zijn, haaks op de weg in elke voortuin worden aangelegd, mits het HWA-stelsel voldoende diep ligt en voortuinen aanwezig zijn. In dat geval zal bij elke woning een aansluiting op het HWA-stelsel nodig zijn.

De kans dat het activeren van de drainage in Meeuw de overlast in Lepelaar is opgelost wordt klein geacht.

Voor de vier punten van grondwateroverlast buiten Lepelaar en Havik (m.n. in Buizerd) kan drainage met een pomp ook een geschikte optie zijn, maar kan ook worden overwogen (indien mogelijk) lijndrainage in individuele voortuinen op het HWA-stelsel aan te sluiten om overtollig grondwater duurzaam af te kunnen voeren.

### **1.7 Naschrift relatie met wijkreconstructie**

Het type maatregel dat wordt gekozen kan bij een integrale afweging verschillen van het hierboven gegeven advies. Gebleken is immers dat binnen de wijk een opgave ligt om de berging en afvoercapaciteit van het HWA-stelsel te vergroten. Die vergroting kan worden gerealiseerd door het afkoppelen van verhard oppervlak danwel door fysiek het stelsel te vergroten. Gezien de aanwezigheid van wateroverlast lijkt afkoppelen geen optie in delen van de wijk, tenzij afkoppelen wordt gecombineerd met aanleg van drainage.

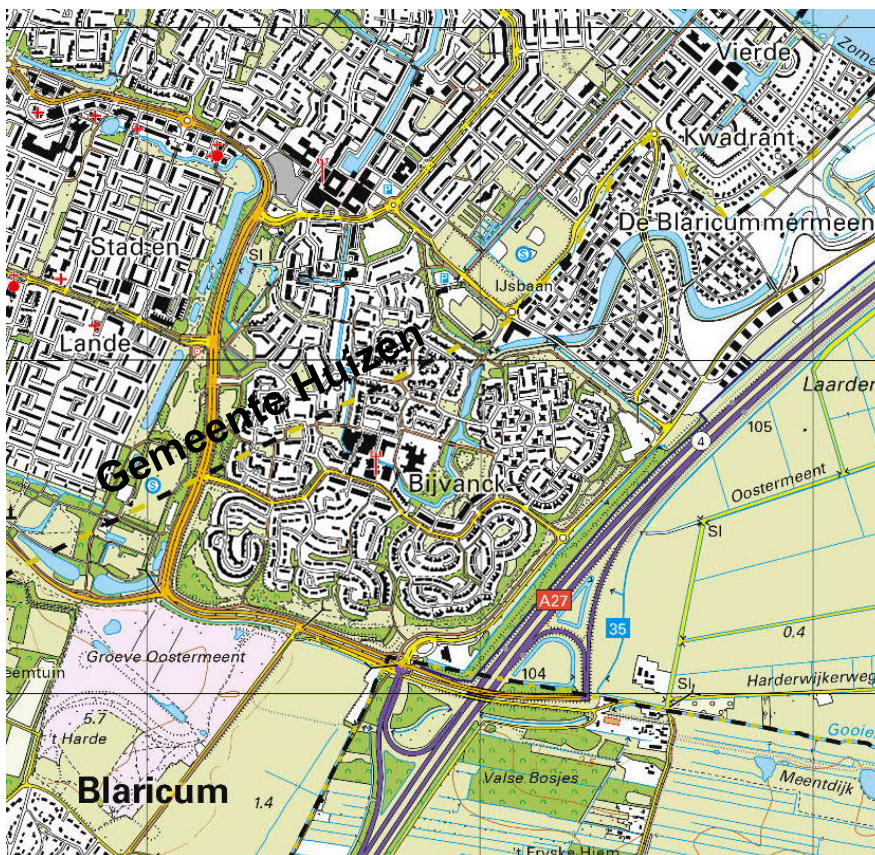
Op die manier kunnen dan piekbuien vertraagd via het grondwater worden afgevoerd naar drainage, waardoor geen capaciteitsvergroting van het stelsel nodig is en waardoor in de zomer meer aanvulling van grondwater plaatsvindt, terwijl wateroverlast bij bewoners wordt opgelost. De daarvoor benodigde ruimte kan worden berekend en nagegaan kan worden of dit wat betreft ruimtebeslag fysiek kan worden ingepast, ook rekening houdende met het risiconiveau dat voor extreme buien wenselijk is.

## 2 Inleiding

### 2.1 Aanleiding en doelstelling

In de wijk de Bijvanck treedt op een aantal locaties grondwateroverlast op. Door middel van het onderhavige rapport wordt op basis van modellering en gegevensanalyse nagegaan wat de oorzaak kan zijn en welk effect verschillende typen maatregelen hebben.

Om deze doelstelling te bereiken is een stappenplan gemaakt dat is opgevolgd. Daarnaast is veldonderzoek en een veldbezoek uitgevoerd om de karakteristieken van de ophooglaag en van de bestaande drainage in beeld te kunnen brengen.



Figuur 1: Kaart wijk de Bijvanck, waarvan het zuidoostelijk deel binnen de gemeente Blaricum valt

### 2.2 Stappenplan

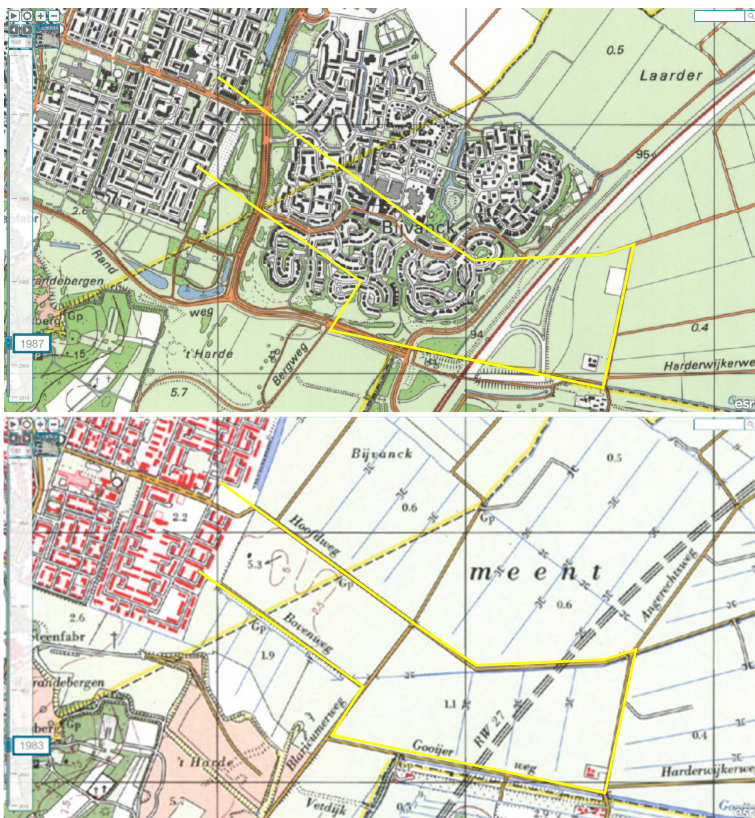
Het stappenplan is als volgt:

- Inventarisatie bestaande gegevens, zie hoofdstuk 3;
- Tijdreeksanalyse grondwaterstanden, zie hoofdstuk 4;
- Verkennende modellering van maatregelen, zie hoofdstuk 5;
- Definitie maatregelen, zie hoofdstuk 6.

### 3 Inventarisatie gegevens

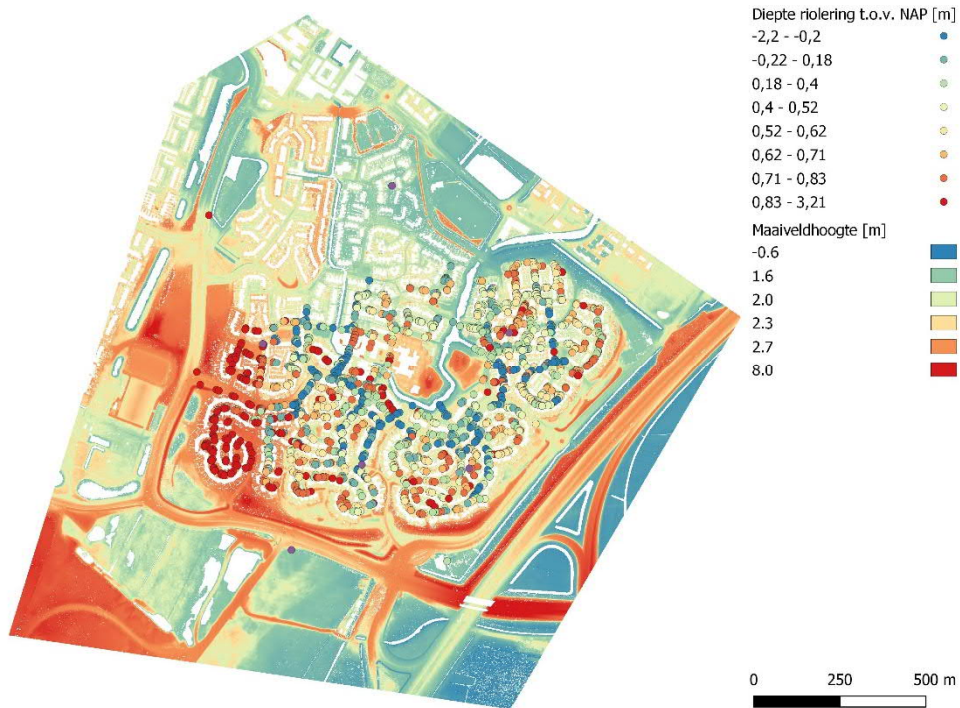
#### 3.1 Maaiveldhoogte

Op Figuur 2 is de locatie van wijk de Bijvanck te zien voor en na de aanleg van de wijk ([www.topotijdreis.nl](http://www.topotijdreis.nl)). Hierop is te zien dat de oorspronkelijke maaiveldhoogte in het noordoosten van de Bijvanck 0,6 meter +NAP was. Ook is te zien dat het westen van het gebied opliep tot maximaal 5,3 meter +NAP en het in het zuiden van het gebied 1,1 tot 1,9 meter +NAP was. Aangezien de huidige maaiveldhoogte in het noordoosten van de wijk nu 2,1 meter +NAP is (zie figuur 1), kunnen we concluderen dat er minimaal 1,5 meter is opgehoogd maar als gevolg van inklinking van het oorspronkelijke maaiveld zal deze ophooglaag nog dikker zijn.

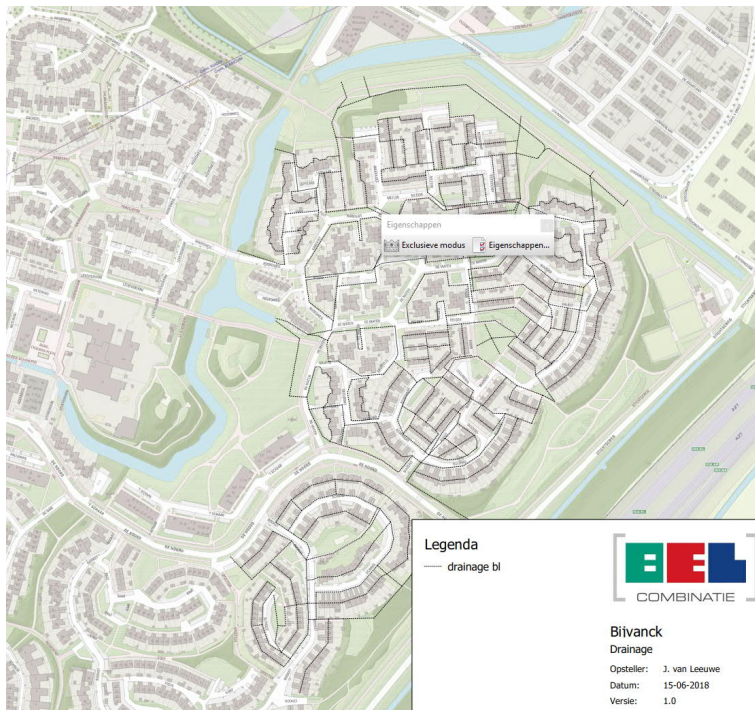


Figuur 2: Boven: Huidige topografische van de Bijvanck. Onder: Topografische kaart van de Bijvanck voordat de wijk werd aangelegd. Maaiveldhoogtes zijn af te lezen, ter referentie is met behulp van de gele lijn een aantal gebieden op beide kaarten te onderscheiden. Kaarten afkomstig van [www.topotijdreis.nl](http://www.topotijdreis.nl).

Er zijn verschillende delen te onderscheiden: het noordelijk deel met een oorspronkelijk maaiveld van 0,6 m NAP, het zuidelijk deel met een maaiveldhoogte van 1,1 m +NAP, waarvan het oostelijke deel ook sloten (en als zodanig vermoedelijk ook klei en veen in de ondergrond) bevat. Het zuidwestelijk deel is hoger gelegen (>1,9m NAP) en bevat deels ook sloten.



Figuur 3: Kaart met maaiveldhoogte en dieptes van het lokale rioolstelsel. Maaiveldhoogtes zijn afkomstig van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN).



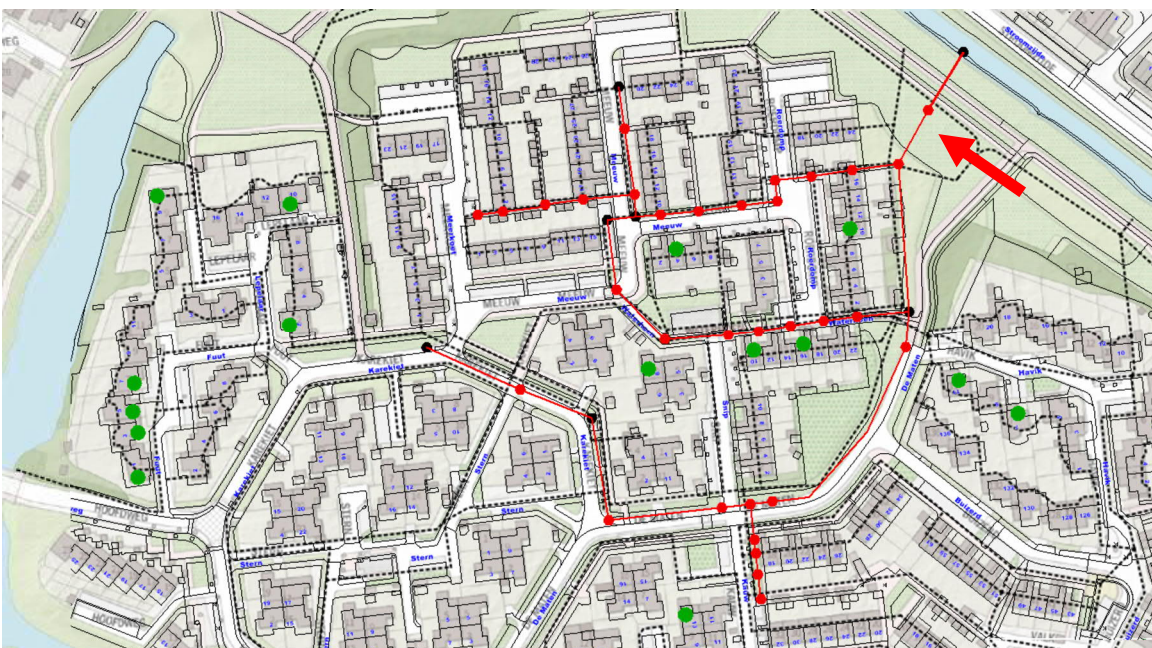
Figuur 4: Kaart met drainage welke is aangelegd tijdens de bouwrijpfase van de wijk.

### 3.2 Riolering en drainage

In de wijk is een gescheiden rioolstelsel aangelegd. Op Figuur 3 is aangegeven wat de diepte is van het lokale rioolstelsel voor het in de gemeente Blaricum gelegen deel van de wijk. Dit omvat het HWA en het DWA systeem. Het is goed te zien dat in het hogere gedeelte van De Bijvanck de riolering ook hoger ligt.

### 3.3 Drainage

In de wijk is een drainagesysteem aangetroffen dat rond 1980 is aangelegd. Dit stelsel is recent gereinigd en functioneert op dit moment. De locatie van dit stelsel is aangegeven op figuur 5. Na de reiniging ervaren de bewoners rondom Havik meteen een daling van het grondwaterniveau in hun kruipruimte.



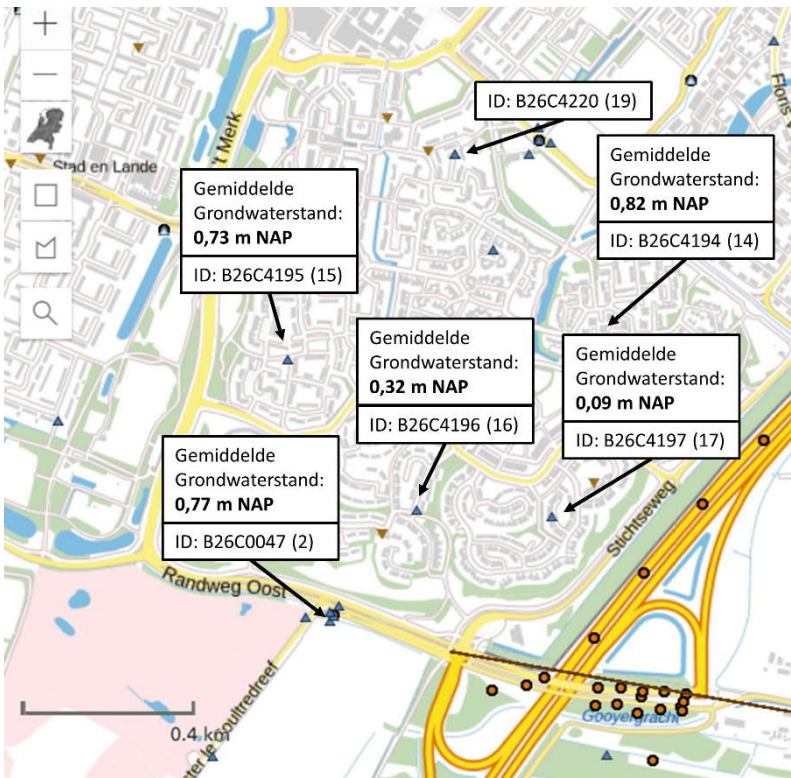
*Figuur 5: In rood de drainage die in de jaren '80 is aangelegd, waarschijnlijk om toen specifiek in die straten optredende grondwateroverlast te mitigeren. De rode pijl geeft de locatie aan waar de afvoer van de drainage is doorgespoten. In zwart het tijdens de aanleg van de wijk aanwezige (tijdelijke) drainagenetwerk.*

### 3.4 Grondwaterstand

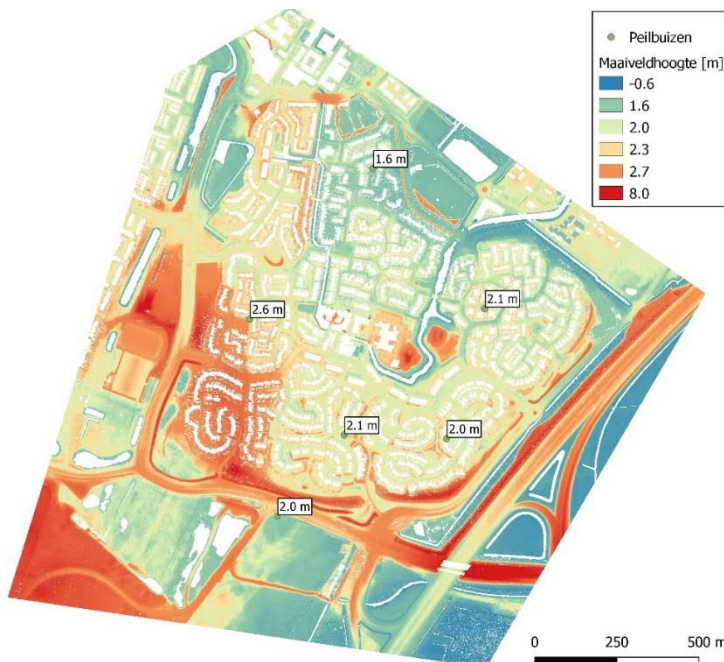
De grondwatergegevens zijn gedownload van DINOLOKET<sup>1</sup>. In Hoofdstuk 2: Tijdreeksanalyse grondwaterstanden wordt in detail ingegaan op deze data. De gemiddelde grondwaterstand in De Bijvanck ligt tussen de 0,09 en 0,82 m boven NAP. Dit is aangegeven in Figuur 6.

De maaiveldhoogte is overal in het interessegebied nagenoeg gelijk: 2 meter +NAP.

<sup>1</sup> <https://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens>



Figuur 6: Peilbuizen in en rond De Bijvanck welke voldoende gegevens bevatten om mee te nemen in de analyse. De Gemiddelde grondwaterstand is berekend met Menyanthes.



Figuur 7: Kaart van De Bijvanck met maaiveldhoogtes aangegeven (AHN, DTM). Per peilbuis is aangegeven wat de lokale hoogte is van het maaiveld.

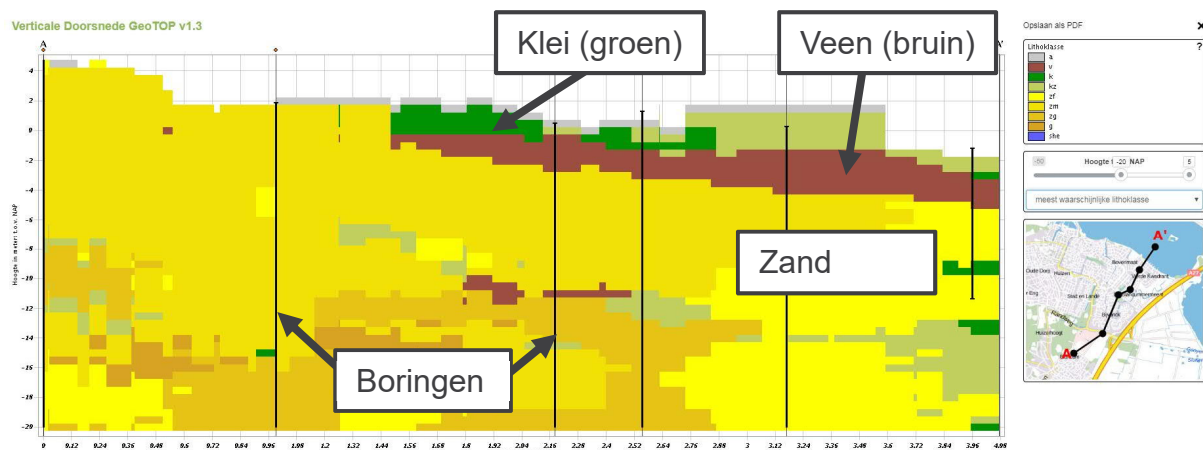
### 3.5 Kritische grondwaterstand

Uitgegaan wordt van een grondwaterstand van 85 cm onder maaiveld als kritische grondwaterstand waarboven kruipruimtes zichtbaar nat zijn en waarbij in geval van kelders het water gevaarlijk dichtbij een kritisch niveau is. Bij een maaiveldhoogte van 2 m +NAP is aldus 1,15 m +NAP de kritische grondwaterstand in de wijk.

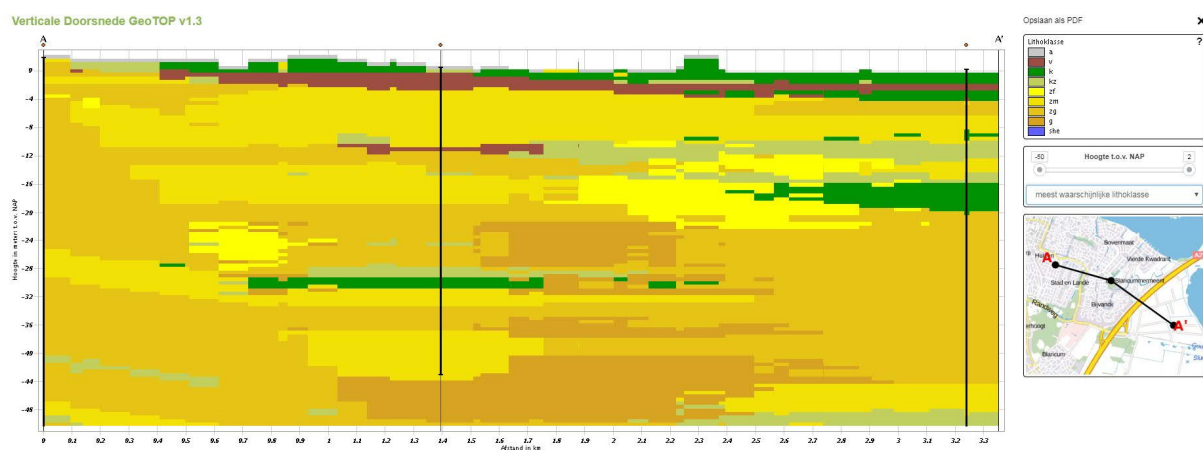
Gemiddeld wordt dit kritische niveau niet bereikt, echter in de wintersituatie ligt de grondwaterstand wel regelmatig hoger dan dat kritische niveau.

### 3.6 Bodemopbouw

Via Dinoloket is met het model GeoTop een gedetailleerd driedimensionaal beeld gemaakt van de ondergrond. Er zijn verschillende doorsneden gemaakt door de wijk van de bovenste 20 meter. Deze doorsneden zijn weergegeven in Figuur 8 en Figuur 9.



Figuur 8: Bodemopbouw volgens GeoTop (Zuidwest-Noordoost), bovenste 30 meter.



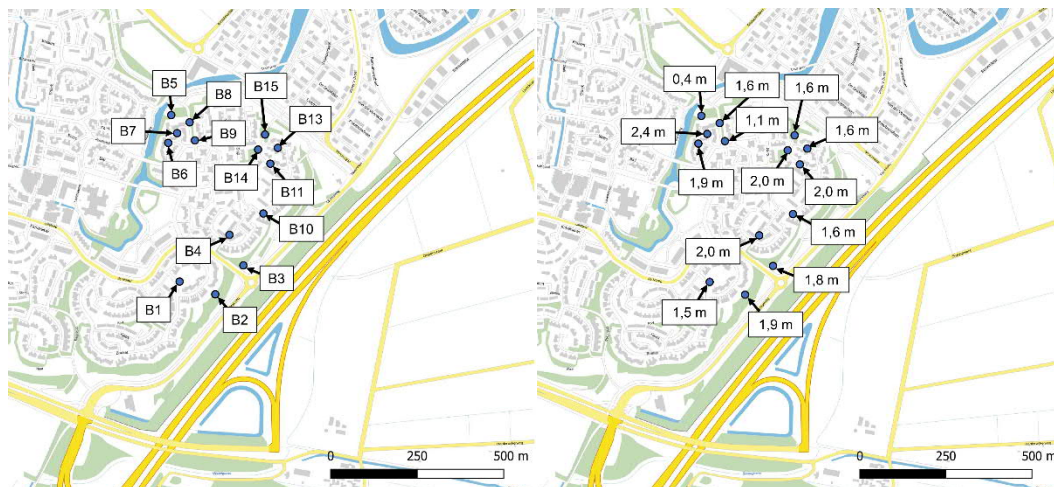
Figuur 9: Bodemopbouw volgens GeoTop (West-Oost, noordzijde) 50 meter.

Vanuit deze gegevens is te zien dat de ondergrond voornamelijk bestaat uit zand, met bovenaan een laag met klei en veen, met een dikte van ongeveer 2,5 meter. Deze kleilaag

ontbreekt in het zuidelijke deel van de wijk. Aangezien klei een stuk minder doorlatend is dan zand, verloopt infiltratie van hemelwater dus makkelijker in het zuidelijke deel van de wijk.

### 3.7 Resultaat veldwerk dikte ophooglaag

Op 23 juni 2020 heeft VWB Bodem 14 boringen gedaan rondom de gebieden waar wateroverlast plaatsvindt. Hier is vooral gekeken naar de lokale dikte van de zandige ophooglaag. De 14 locaties van de boringen zijn aangegeven op Figuur 9. Op Figuur 10 is aangegeven hoe dik deze zandige ophooglaag is ten opzichte van het maaiveld.

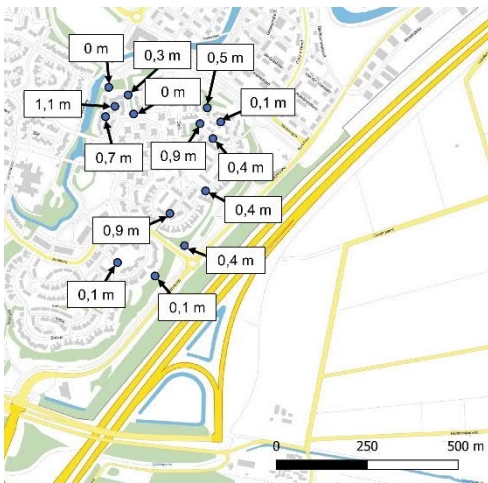


Figuur 10: Locaties van boringen in De Bijvanck. Figuur 10: Dikte van het bovenste zandpakket ten opzichte van maaiveld.

Uit deze gegevens blijkt dat de gemiddelde dikte van de zandige ophooglaag 1,8 meter is en over het algemeen varieert tussen de 1,5 en 2,4 meter. Hier zijn echter twee uitzondering op te vinden. Rondom de Lepelaar is één boring met een zanddikte van 1,1 meter en één boring met een zanddikte van 0,4 meter. De boring met een zanddikte van 1,1 meter komt hierna meteen in de klei terecht terwijl de boring met een zanddikte van 0,4 meter eerst nog door 1,1 meter (geroerd) veen moet. Deze boring bevindt zich het meest aan de rand van de wijk. Het is goed denkbaar dat de randen van de wijk minder zijn opgehoogd met zand en meer overig materiaal zoals veen bevat. De k-waarde (doorlatendheid) van de zandige ophooglaag varieert tussen 3,5 en 7 [m/dag] en is gemiddeld 5 [m/dag]. Het verslag van de boringen is te vinden in de bijlage.

### 3.8 Resultaat veldwerk grondwaterstanden in overlaststraten

VWB Bodem heeft ook de diepte van de grondwaterstand bepaald op deze locaties. Aangezien de boringen in de zomer hebben plaatsgevonden moeten we ons wel realiseren dat deze in winter een stuk hoger staan. Met de grondwaterstand kunnen we de dikte van het watervoerende pakket "het natte zand" bepalen. Op Figuur 11 is aangegeven wat de dikte is van het watervoerende pakket per boringslocatie.



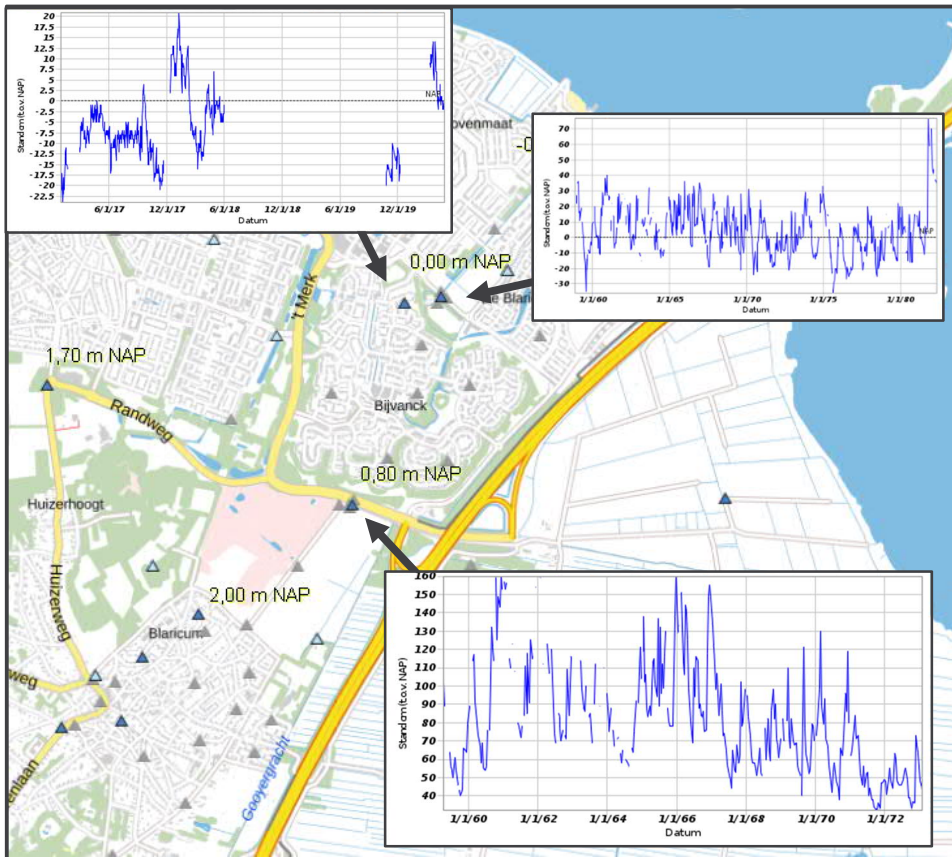
Figuur 11: Dikte van het bovenste watervoerende pakket op 23 juni 2020.

Hieruit valt op te maken dat de dikte van het pakket waardoor water lateraal kan stromen een stuk kleiner is dan de dikte van het bovenste zandpakket. Over het algemeen valt op te maken dat hoe dichterbij de rand van de wijk je komt, hoe dunner dit watervoerende pakket is. De gemiddelde dikte van dit watervoerende pakket bedraagt 0,5 meter (in de zomer).

### 3.9 Stijghoogteverschillen met diepe watervoerende pakket: infiltratie

In de vorige paragrafen werd duidelijk dat in het noordelijk deel van De Bijvanck vrij ondiep een kleilaag te vinden is. Dit betekent dat in dit gedeelte sprake is van twee verschillende watervoerende pakketten namelijk de ophooglaag en het diepere zandpakket. De kleilaag in het noorden van de wijk fungeert als een weerstandslaag tussen de twee zandpakketten. Dit leidt ertoe dat er een verschil in stijghoogte is tussen de bovenste zandlaag en het diepere zandpakket. In Figuur 12 is aangegeven welke stijghoogte is gemeten in het diepere zandpakket. Als we dit vergelijken met Figuur 6 kunnen we bepalen wat het verschil in stijghoogte is tussen het onderste en bovenste zandpakket. In Figuur 12 is net ten noorden van De Bijvanck te zien dat de stijghoogte daar 0,00 m boven NAP bedraagt. In Figuur 6 is te zien dat de stijghoogte van de meest noordelijke peilbuis in het bovenste zandpakket 0,82 m boven NAP is. Dit betekent dat er verschil in stijghoogte en dus een **verticale gradiënt van boven naar beneden loopt van het grondwater**. Dit betekent dat er infiltratie optreedt van het water in het bovenste zandpakket, door de kleilaag, naar het diepere zandpakket. Dit geeft dus ook aan dat er **geen kwel** plaatsvindt maar juist infiltratie van regenwater. Overlast ontstaat dus doordat water niet snel genoeg wegzakt.

Op Figuur 9 is te zien dat de kleilaag afwezig is in het zuiden van de wijk. Dit betekent dat het water makkelijker verticaal zou moeten kunnen stromen. Als we stijghoogtes van Figuur 6 en Figuur 12 vergelijken, zien we dat er nauwelijks verschil is bij de meest zuidelijke peilbuis (0,80 m vs. 0,77 m). Dit bevestigt dat zich hier geen laag bevindt die verticale stroming van het water belemmert.



Figuur 12: Vanuit Dinoloket zijn de stijghoogtes weergegeven van het diepere watervoerende pakket.

### 3.10 Grondwateroverlast

Op basis van een reeds uitgevoerde inventarisatie blijkt overlast aanwezig op verschillende locaties, zie onderstaande tabel die is samengesteld uit notities en recent via Toekomststerk beschikbaar gekomen informatie van wijkbewoners.

Vanuit de gemeten grondwaterstand in de wijk juist zou worden verwacht dat overlast vooral in natte winters optreedt en dus langdurig van aard is. Een snelle reactie op buien wijst eerder op storende lagen of ‘kortsluitingsstromen’ naar kruipruimtes, bijvoorbeeld door lekkende of gebroken regenwaterriolen onder woningen of door toestroom over (verhard) maaiveld naar lager gelegen delen.

Overwegend blijkt in de wijk sprake van het eerste type wateroverlast dat in natte perioden ontstaat.

Locatie	Beschrijving overlast
Lepelaar	Bij een veldbezoek is duidelijk geworden dat zich in de wijk, en rond de Lepelaar, een drainagesysteem in de grond bevindt. Dit water volgens de deskundigen af op de singel, achter de woningen 18, 20, 22 etc. Nader onderzoek dit jaar heeft echter niet geleid tot het vinden van die drainage. Aangenomen moet worden dat alleen de tijdelijke drainage die tijdens de aanleg van de wijk is geplaatst nog aanwezig kan zijn en dat deze niet actief is.

---

Recente communicatie met bewoners levert op dat sprake is van het zelfde overlast als in Havik.

Havik Hier is sprake van grondwateroverlast in kruipruimtes en kelders, doordat grondwater in de kruipruimte staat en vaak gevaarlijk dichtbij het niveau waar dit water de kelder in zou kunnen gaan stromen door een verbindingsluik tussen beiden. Kruipruimtes zijn langdurig nat in met name natte winterperiodes.

Buizerd, Hier wordt ook overlast gemeld, wel minder ernstig dan in Havik en Lepelaar waar regelmatig Schans moet worden gepompt.

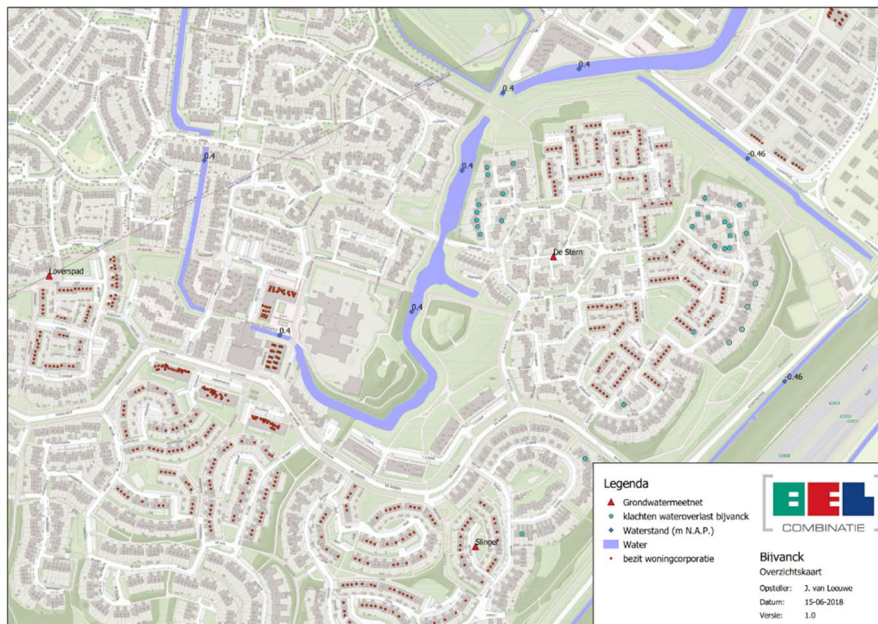
---

Door bewoners zijn enkele jaren geleden ook andere waarnemingen gemeld:

- Bij kruising De Maten / Havik zijn zeer recent een tweetal putten geïnspecteerd. Een opletende buur keek geïnteresseerd mee en kreeg de informatie mee dat beide putten, ca. 10 m uit elkaar, weerszijde van De Maten, een groot verschil in onderling waterniveau hebben. Verrassend en vooralsnog onverklaarbaar;
- In deze periode werd ook opgemerkt dat bij graafwerkzaamheden tussen Stroomzijde en uitloper van de Lepelaar werd gegraven. Eerst door zand; alles droog. Toen door een dunne kleilaag. Toen daarna weer zand tevoorschijn kwam, werd water omhoog geduwd, door de kleilaag heen.

De tweede waarneming kan gezien de lage waterstand van -0,4 meter in het oppervlaktewater ter plaatse worden verklaard. Ook is de klei- en veenlaag er dik ontwikkeld: er moet ruim onder NAP-niveau worden doorgegraven om door de scheidende laag heen te komen.

De eerste waarneming wijst op heterogeniteit in de ondergrond. Dit zou mogelijk betekenen dat wateroverlast niet alleen met het type woning in combinatie met het 'algemene' grondwaterregiem samenhangt maar dat grondwateroverlast mogelijk sterk lokaal kan verschillen. Echter ook kan een technische oorzaak (putverstopping of leidingverstopping) of een obstructie in de ondergrond (rioolbuizen kunnen in het beperkte doorstroombare deel van de ophooglaag voor een forse obstructie zorgen!) verklarend zijn.



Figuur 13: Overzichtsk kaart grondwateroverlast. Alle groene cirkels geven aan welke woningen grondwateroverlast ervaren

### 3.11 Conclusie inventarisatie

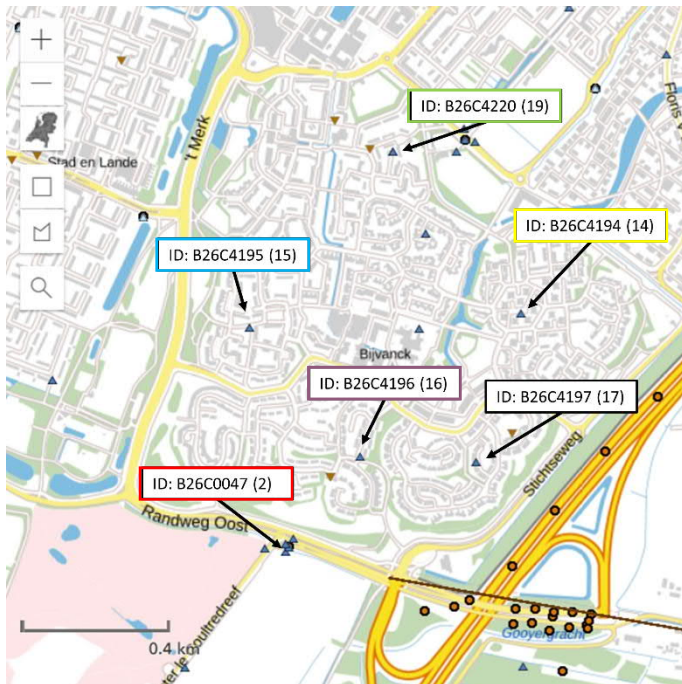
Overlast lijkt zich te concentreren in de historisch laaggelegen delen in het landschap waar klei en veen dik zijn ontwikkeld in de oorspronkelijke bodem. Deze weerstandslaag zorgt, zo blijkt uit stijghoogtegegevens in de omgeving, voor ca 1 meter hogere grondwaterstanden dan gemeten in het diepe watervoerende pakket. Dit zorgt ervoor dat de grondwaterstand in natte winters boven het gedefinieerde 'kritische niveau' zou stijgen.

## 4 Tijdreeksanalyse grondwaterstanden

### 4.1 Invoer basisgegevens tijdreeksanalyse

Met behulp van een tijdreeksanalyse in het programma Menyanthes is het mogelijk de effecten van neerslag, verdamping, drainage en kwel/infiltratie te kwantificeren vanuit gemeten grondwaterstanden.

In en rond De Bijvanck zijn **zes** peilbuizen aanwezig met recente tijd- stijghoogtelijnen die over voldoende detail beschikken om een nadere analyse op uit te voeren. Vijf van de zes peilbuizen zijn pas recent begonnen met metingen (2016/2017-2020). De peilbuis net ten zuiden van De Bijvanck (ID: B26C0047 (2)) heeft metingen van 1959 tot 2019. De gegevens van deze peilbuis kunnen dus ook worden gebruikt om verschillen te vinden tussen de periodes voor en na aanleg van de wijk. De tijdreeksen van deze peilbuizen zijn ingeladen in Menyanthes.



Figuur 14: Op deze kaart is aangegeven welke zes peilbuizen voldoende gegevens bevatten om mee te nemen in de analyse. ([www.dinoloket.nl](http://www.dinoloket.nl))

Vervolgens zijn de verklarende reeksen ingevoerd: voor de neerslag is het weerstation in Eemnes gebruikt en voor de verdamping het weerstation in de Bilt. Het weerstation in Eemnes bevat dagelijkse gegevens van 1996 tot 2019 en het weerstation in de Bilt van 1959 tot 2020. Het weerstation in de Bilt is gekozen voor de verdampingsgegevens omdat het weerstation in Eemnes hier geen gegevens over bezit.

### 4.2 Resultaten tijdreeksanalyse

Vervolgens zijn we gedetailleerder naar de tijdreeksen gaan kijken. Hieruit hebben we verschillende conclusies kunnen trekken. Deze zullen hieronder besproken worden. De bevindingen worden hieronder puntsgewijs opgesomd:

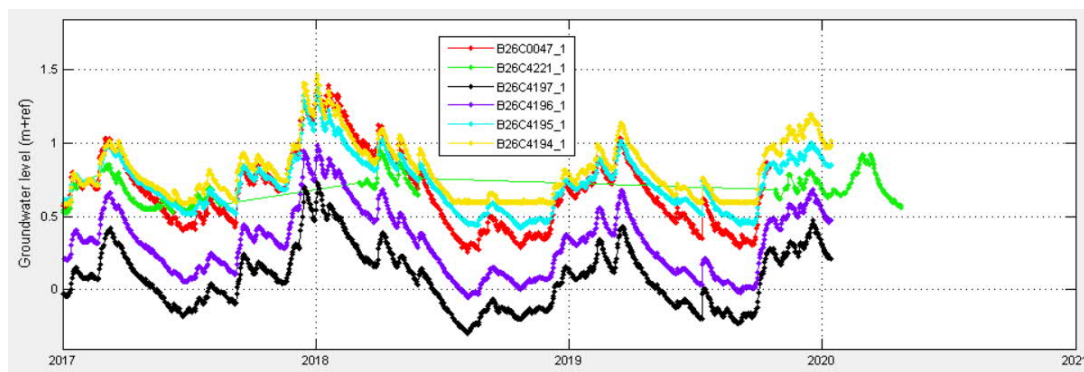
Vervolgens is met behulp van Menyanthes de tijdreeksanalyse uitgevoerd. Per tijdreeks is zo een percentage berekend dat aangeeft in hoeverre de variaties in de grondwaterstand te verklaren zijn door de neerslag en verdamping (EVP). De bevindingen worden hieronder puntsgewijs opgesomd:

1. **Gemiddeld 85,1% van de grondwaterfluctuatie is te verklaren is door neerslag en verdamping.** In Menyanthes is per peilbuis berekend wat de EVP is (Explained Variance Percentage). Hoe hoger dit percentage, hoe meer de grondwaterstand de lokale neerslag volgt. Aangezien dit percentage hoog is (85,1%), kunnen we stellen dat het gecreëerde tijdreeksmodel een goed beeld geeft van de lokale geohydrologische situatie.

**Tabel:** Deze tabel geeft aan in hoeverre de grondwaterfluctuaties verklaart worden door neerslag en verdamping.

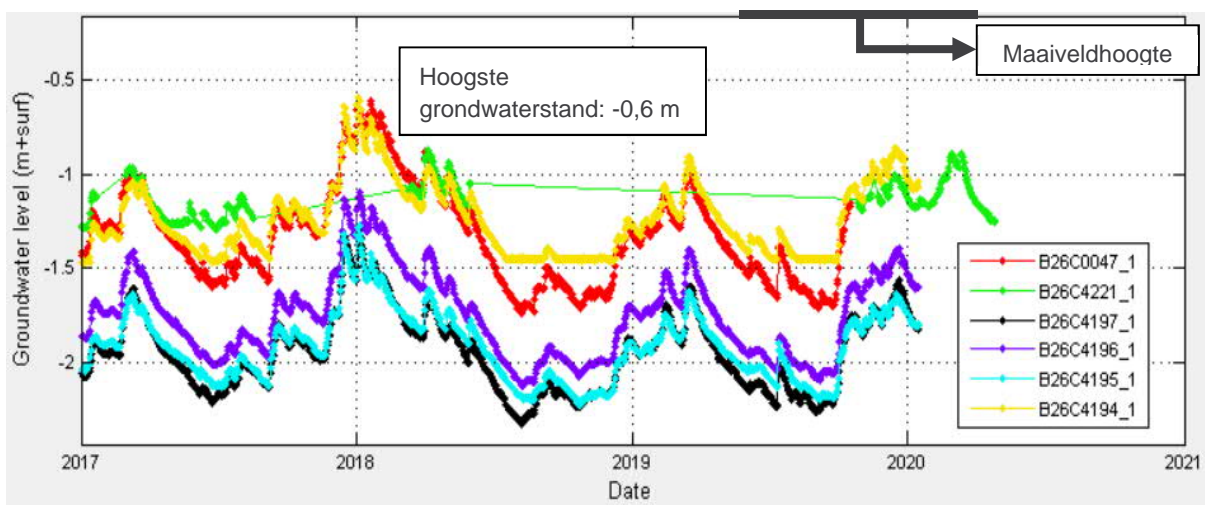
Peilbuis	EVP (Explained Variance Percentage)
ID: B26C0047 (2)	88,4%
ID: B26C4194 (14)	83,6%
ID: B26C4195 (15)	84,6%
ID: B26C4196 (16)	90,0%
ID: B26C4197 (17)	85,8%
ID: B26C4220 (19)	78,0%
Gemiddeld	85,1%

2. **Alle peilbuizen hebben vergelijkbare tijd-stijghoogtelijnen en laten vooral een verschillend 'startniveau' zien.** In Figuur 15 is goed te zien dat de afgelopen vier jaar elke peilbuis bijna dezelfde variaties in grondwaterstand laat zien: de lijnen lopen bij benadering evenwijdig. Dit betekent dat de variaties in de hele wijk ongeveer gelijk zijn. De gemiddelde grondwaterstand in De Bijvanck is berekend op 0,49 m boven NAP, maar varieerde in de afgelopen vier jaar van -0,4 m onder NAP tot 1,4 m boven NAP. Peilbuizen 15, 16 en 17 in het midden van de wijk hebben echter gemiddeld veel lagere grondwaterstanden dan peilbuizen 2, 14 en 19 aan de zuid- en noordoostkant van de wijk.



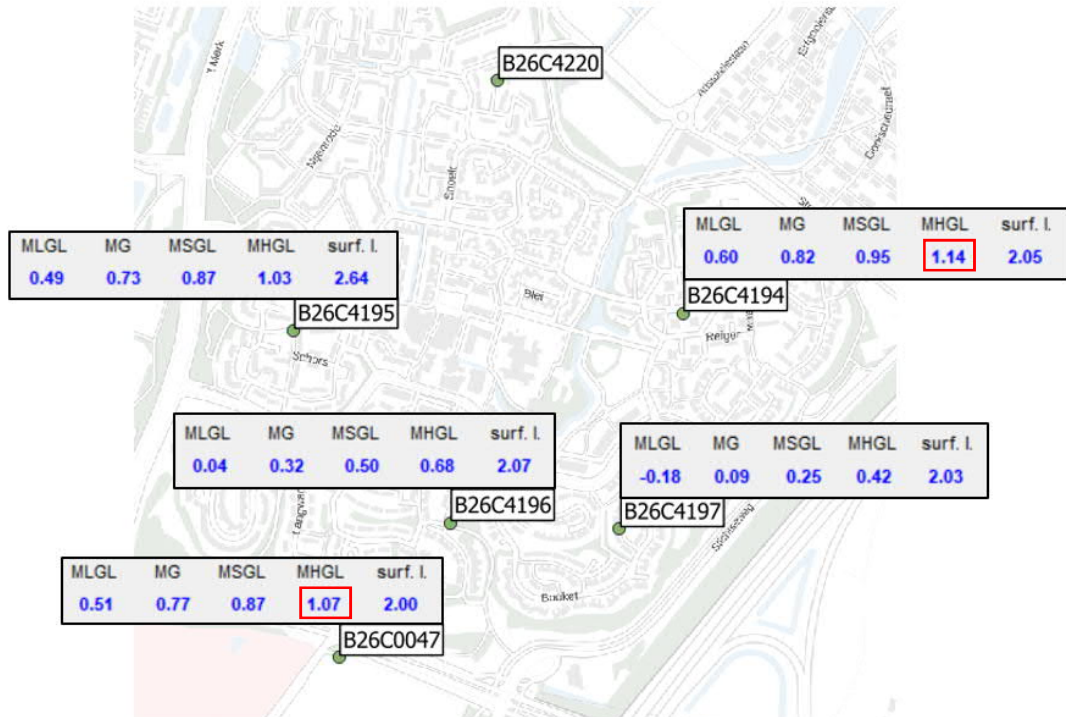
Figuur 15: De tijdreeksmodellen van de 6 peilbuizen zijn weergegeven voor de afgelopen 4 jaar, t.o.v. NAP.

3. **De gemiddelde grondwaterstand onder maaiveld is niet in de hele wijk gelijk.** In figuur 4 is grondwaterstand weergegeven ten opzichte van het maaiveld. Hier is te zien dat de grondwaterstand in sommige delen van de wijk dieper ligt dan in anderen. Dit kan deels verklaard worden door het verschil in maaiveldhoogte. Dit is weergegeven in Figuur 15 Figuur 16. Sommige peilbuizen tonen een lagere grondwaterstand dan andere. De afwijkende peilbuizen tonen geen nabijheid van oppervlaktewater of andere bronnen die mogelijk deze lagere grondwaterstand kunnen verklaren. We kunnen er daarom vanuit gaan dat de grondwaterstand in dit deel om natuurlijke oorzaken lager staat. In het zuidoosten van De Bijvanck is in iets lagere grondwaterstand dan eromheen (zie Figuur 15).



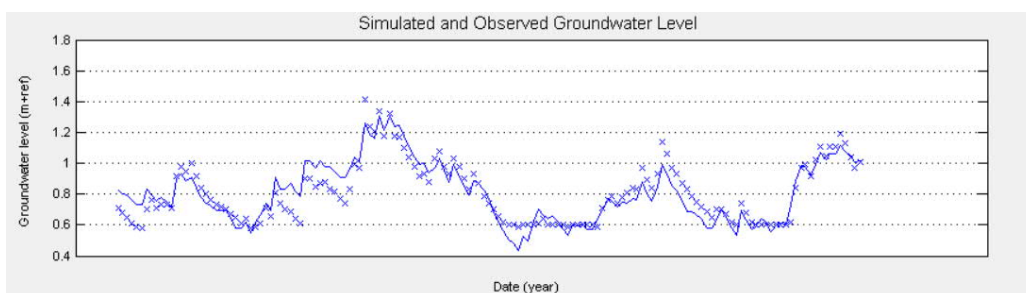
Figuur 16: De tijdreeksmodellen van de 6 peilbuizen zijn weergegeven voor de afgelopen 4 jaar, t.o.v. maaiveld.

De MG (Mean Groundwater level t.o.v. NAP) is beduidend lager bij de middelste 2 peilbuizen in het zuidoosten van De Bijvanck (B26C4196 en B26C4197). Afgemeten aan maaiveldhoogte is de GHG (vaak optredende hoge grondwaterstand) in het noordoosten het hoogst, nagenoeg gelijk aan het kritische niveau van 0,85 m onder maaiveld (Figuur 17).



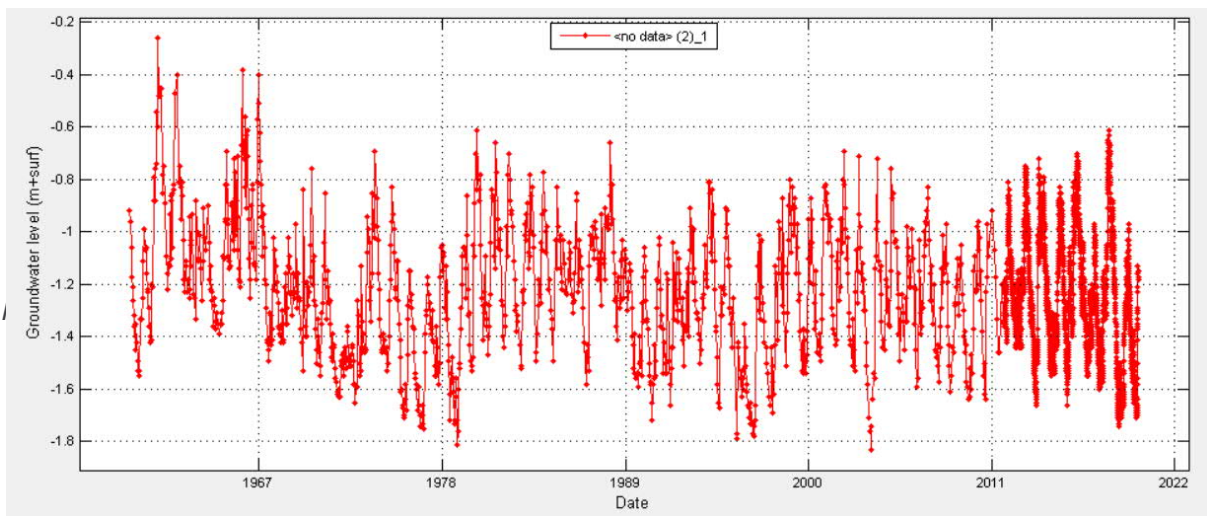
Figuur 17: Kaart van De Bijvanck met de door Menyanthes bepaalde gemiddelde grondwaterstanden per peilbuis. De meest noordelijke peilbuis heeft te weinig gegevens voor Menyanthes om de gemiddelde grondwaterstand uit te rekenen.

4. **Geen van de peilbuizen laat een drainageniveau zien waar het grondwater naar uitzakt.** Dit betekent dat het drainagesysteem dat al is aangelegd voor de tijdreeksanalyse geen zichtbaar effect heeft op grondwaterstanden op deze locaties. Wel is te zien dat één tijdreeks een tijdje dezelfde metingen geeft, zie Figuur 18. Dit had een drainageniveau kunnen zijn, ware het niet dat deze specifieke peilbuis niet dieper gaat dan dit niveau. Dit betekent dat deze peilbuis geen grondwaterstanden kan meten lager dan 0,6 m onder NAP. Hieruit blijkt ook dat de grondwaterstand vrij kan bewegen en dat op de locaties van deze peilbuizen alleen in de winter overlast mogelijk is in de kruipruimtes, als de grondwaterstand even hoger dan 0,7 m onder het maaiveld komt.



Figuur 18: Het tijdreeksmodel van peilbuis ID: B26C4194 (14).

5. **De grondwaterfluctuaties zijn de afgelopen 60 jaar niet significant veranderd.** Als we het tijdreeksmodel van peilbuis ID: B26C0047 (2) bestuderen, zien we de grondwaterfluctuaties van de afgelopen 60 jaar. Deze is weergegeven in **Figuur 20**. Hier is uit op te merken dat het de gemiddelde grondwaterstand eerder is afgenomen dan toegenomen in de afgelopen 60 jaar. Ook is te zien dat de afgelopen 10 relatief hoge grondwaterstanden hebben opgetreden vergeleken met het decennium daarvoor, maar vergeleken met de gemiddelde grondwaterstand de afgelopen 60 jaar zijn de afgelopen 10 jaar niet afwijkend te noemen. Ook is het interessant dat zelfs voor de aanleg van de wijk in de jaren 70 het Menyanthes model een hoge EVP berekent. Dit betekent dat ook voor de aanleg van de wijk de neerslag vooral van invloed was op de grondwaterstand.



*Figuur 20: Fluctuaties in de afgelopen decennia in put B26C0047*

### 4.3 Conclusie tijdreekanalyse

Geconcludeerd wordt dat op basis van de analyse van grondwaterstanden de overlast moet zijn gerelateerd aan seizoenale verschillen in grondwateraanvulling. Als gevolg van de wisseling van seizoenen treden in de winterperiode (tussen 1 oktober en 1 april) de hoogste grondwaterstanden op. In natte winters komt als gevolg van extra aanvulling de grondwaterstand langduriger tot boven het kritische niveau van 85 centimeter onder maaiveld, terwijl verwacht wordt dat in droge winters geheel geen problemen worden gesignaleerd.

## 5 Geohydrologische modellering van maatregelen

### 5.1 Inleiding

Reeds is geconstateerd dat:

- Een drainageniveau van 0,4 m +NAP net buiten de perceelsgrens (het oppervlaktewater aanliggend aan de Lepelaar) onvoldoende mitigerende werking lijkt te hebben om wateroverlast in de huizen aldaar te mitigeren;
- Op basis van gemeten grondwaterstanden lijkt het dat overlast te wijten is aan het neerslagoverschot in de winter, waardoor het niveau stijgt (peil wordt bepaald door neerslag en verdamping). Onduidelijk is in hoeverre er ook sprake is of kan zijn van wateroverlast direct gerelateerd aan grote buien zoals in verslagen van bewoners wordt gesuggereerd, waardoor dit ook in de zomer zou spelen;
- Uit het veldwerkonderzoek blijkt dat de zandige ophooglaag gemiddeld 1,8 meter dik is (op 2 sterk afwijkende boringen na) en het watervoerende pakket in gemiddeld 0,5 meter dik was (in de zomersituatie);
- De k-waarde (doorlatendheid) van de zandige ophooglaag varieert tussen 3,5 en 10 [m/dag] en is gemiddeld 5 [m/dag];
- Het reeds aangelegde drainagesysteem rondom Havik is gereinigd en functioneert op dit moment voldoende om de grondwateroverlast rondom Havik tegen te gaan.

De modellering start daarom met de volgende uitgangspunten:

- Het drainagesysteem rondom Havik werkt voldoende maar dit drainagesysteem is niet gevonden rondom Lepelaar;
- De dikte van de zandige ophooglaag wordt gezet op 1,8 meter en de k-waarde wordt gevarieerd tussen 3,5 en 10 [m/dag];
- Op basis van kaarten van het rioleringsstelsel lijkt overlast ook buiten 'barrières' op te kunnen treden.

Modellering vindt daarom plaats rekening houdend met de bepaalde dikte en k-waarde. Effecten worden **stationair doorgerekend**. Het effect van een stationair lagere grondwaterstand kan eenvoudig worden gesuperponeerd op bestaande tijdreeksen om de mate van reductie van overlast in te kunnen schatten.

**Twee typen maatregelen** worden doorgerekend om zo hun 'omgevingseffect' te kwantificeren:

- Een **puntonttrekking**, bijvoorbeeld putten met een pomp of 'grindpalen' door de weerstandslaag heen zodat ter plekke het grondwaterniveau kan worden teruggebracht tot ongeveer 0 m NAP, gelijk aan de stijghoogte in het watervoerende pakket;
- Een **lijnonttrekking**, bijvoorbeeld aanleg of activatie van een drainagebuis, aanleg van drainage gelijk met vervanging van riolering of het aanleggen van een sloot die water op een lager en vast peil kan afvoeren.

De dikte van de ophooglaag is van groot belang voor de invloedsstraal van maatregelen. Wanneer de ophooglaag zeer dun is wordt nauwelijks zand doorstroomd en is de afvoercapaciteit laag. Een maatregel heeft dan beperkt effect omdat het water slecht naar het ontwateringsmiddel kan toestromen. Naarmate het drainageniveau lager wordt zal het omgevingseffect van verlaging ook kleiner worden omdat nauwelijks meer water kan toestromen door de beperkte waterverzadigde dikte van de ophooglaag.

De vorm van het ontwateringsmiddel heeft ook effect: een put zal minder effect hebben dan een lange leiding, omdat bij radiale toestroom het water door een steeds kleinere cirkel naar de onttrekking moet toestromen.

Tot slot is de k-waarde van het de ophooglaag van belang: als het zand grover is en beter water doorlaat, zullen effecten op grotere afstand merkbaar zijn.

Door deze effecten modelmatig door te rekenen in MODFLOW is onderzocht welke drainagemiddelen in de onderhavige situatie in de Bijvanck van nut kunnen zijn.

## 5.2 GMS Modelaanname

Het GMS 3D-model is met de volgende aanname opgesteld:

<b>Cell grootte</b>	2 x 2 meter
<b>Model grootte</b>	200 x 200 meter
<b>Stijghoogte onderste watervoerende pakket</b>	0 m NAP
<b>K-waarde slecht doordringbare kleilaag</b>	0,0016 m/dag
<b>K-waarde ophooglaag (worst case scenario)</b>	3,5 m/dag
<b>Dikte zandige ophooglaag</b>	1,8 meter
<b>Maaiveldhoogte</b>	+2 m NAP
<b>Neerlagoverschot (wintersituatie doorgerekend)</b>	1,2 mm/dag (ongeveer 2 keer hoger dan jaargemiddeld)

## 5.3 Resultaten

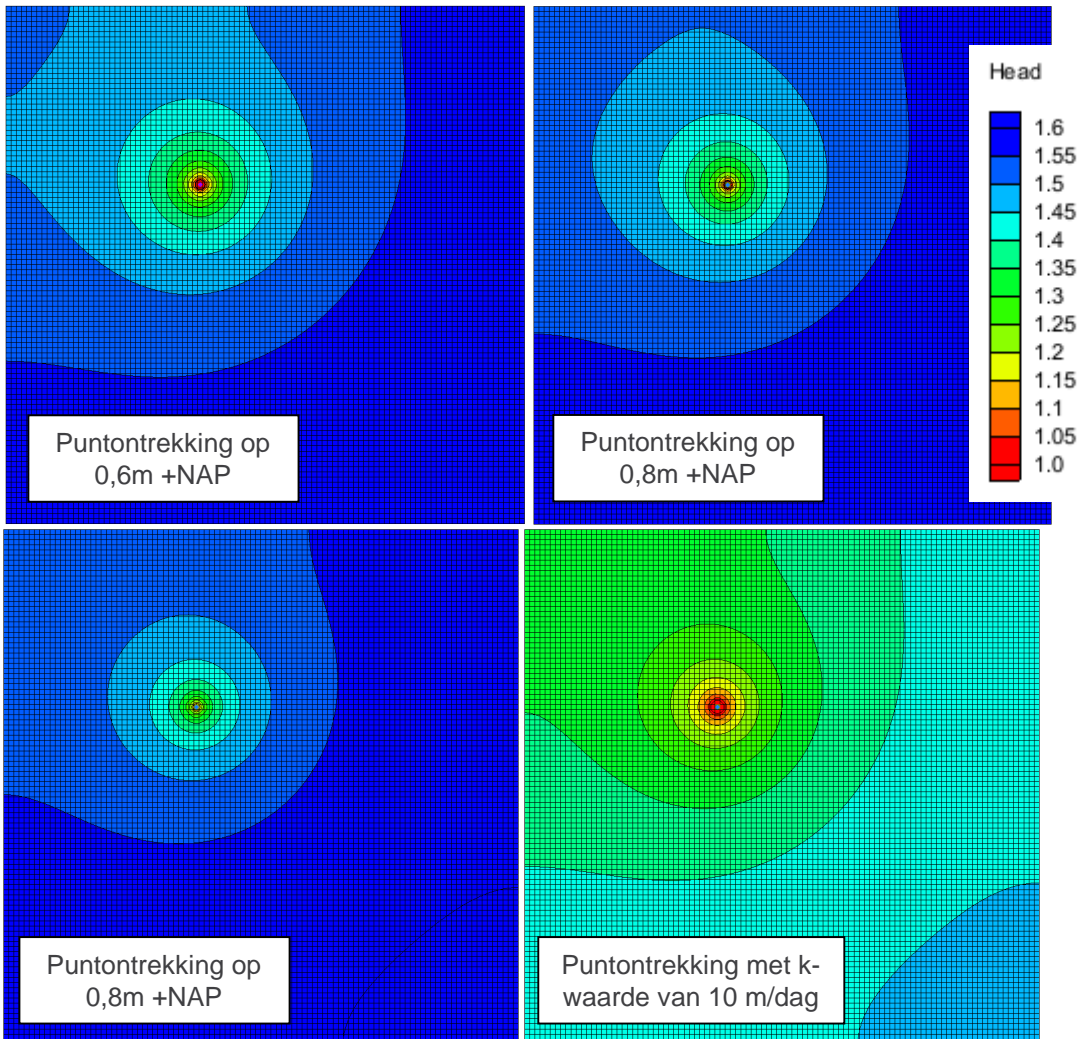
### Scenario 1: Situatie zonder maatregelen

In de genomen uitgangssituatie zonder maatregelen wordt een stationaire grondwaterstand berekend, welke vergelijkbaar is met een (forse) overlastsituatie. Het grondwater staat dan op 1,65m +NAP.

### Scenario 2: Situatie met puntonttrekking (dompelpomp)

Het effect van een dompelpomp is in 4 sub-scenario's doorgerekend. In deze scenario's is de dompelpomp op diepten van 1, 1,2 en 1,4 m onder de grondwaterstand in scenario 1 doorgerekend. In het laatste sub-scenario is een situatie met een k-waarde van 10 m/dag doorgerekend. Wanneer 1,4 m onder de grondwaterstand wordt gepompt is nauwelijks nog grondwater aanwezig in de ophooglaag.

Het gewenste effect is een verlaging tot minimaal onder de 1,2m NAP. In de figuren is te zien dat dit zelfs in zeer goed doorlatende zanden maar in een kleine straal rondom de onttrekking haalbaar is.

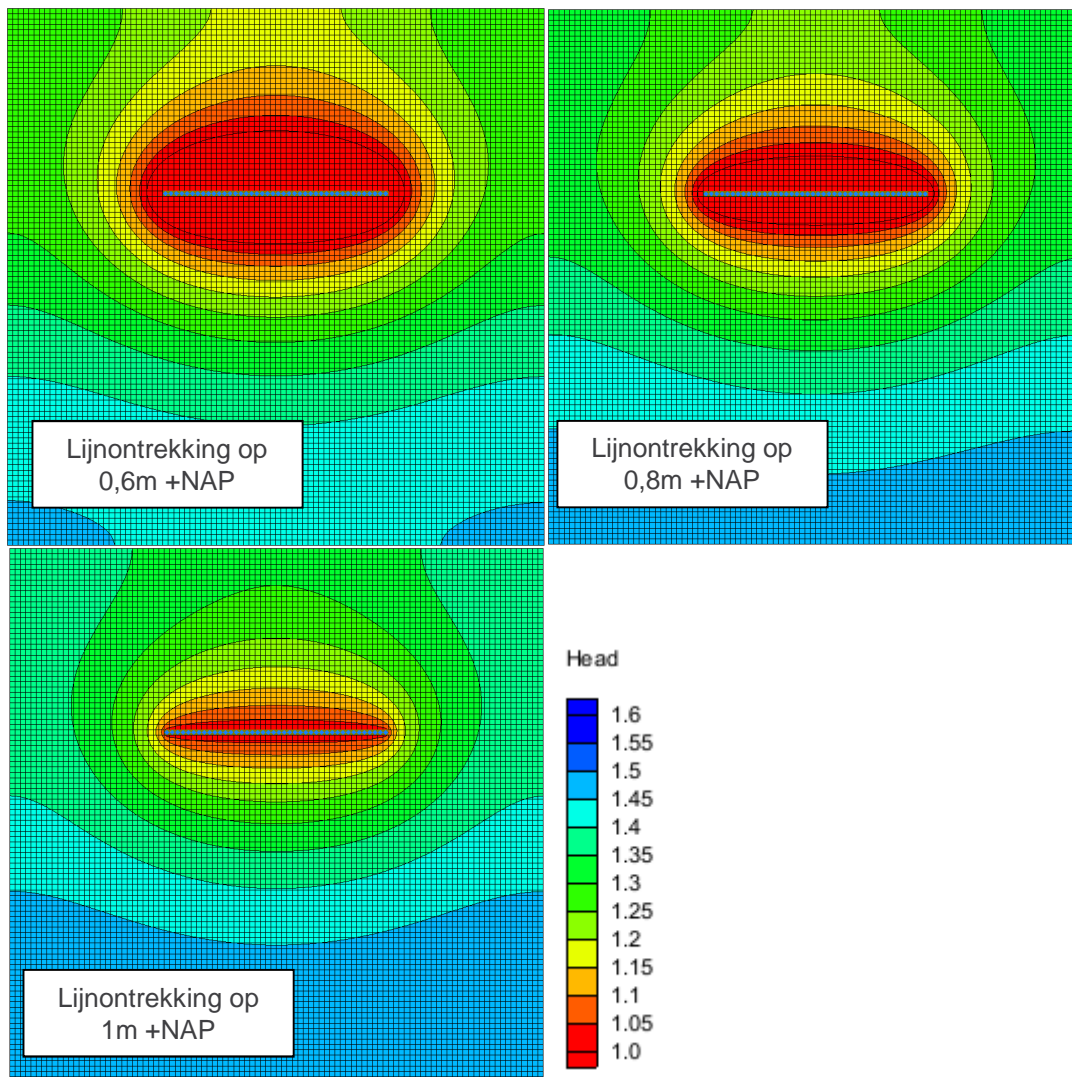


Figuur 21: Scenario's puntontrekking (dompelpomp)

### Scenario 3: Situatie met lijnontrekking (drainageleiding)

Het effect van een drainageleiding is in drie subscenario's doorgerekend. In deze scenario's is de drainageleiding op diepten van 0,6, 0,8, en 1 m +NAP doorgerekend.

Het gewenste effect wordt in een groot gebied rondom de lijndrainage bereikt, tot meer dan 20 meter van de drainageleiding.



Figuur 22: Scenario's lijnontrekking (drainageleiding)

### Aanvullende scenario's 4 en 5

Middels aanvullende berekeningen is de gevoeligheid voor verschillende aannames getest.

Wanneer de helft van het watervoerende deel van de ophooglaag door een rioolbuis zou zijn afgesloten heeft dat relatief weinig effect, omdat het om een kleine afstand gaat waar de doorlatendheid is verlaagd, zo blijkt uit aanvullende berekeningen waarin van één strook van 2 meter de doorlatendheid van het zand is gehalveerd.

De uitkomsten blijken gevoelig voor aanvulling door neerslag: net buiten de woonwijk zijn groenstroken aanwezig waar aldus de aanvulling van grondwater hoger is dan in de woonwijk zelf waar water op verhard oppervlak wordt afgevoerd via het hemelwaterstelsel. Een 30% lager neerslagoverschot zorgt ook voor 25 cm verlaging. Echter het verhogen van verhard oppervlak is strijdig met andere duurzaamheidsdoelen en wordt niet gezien als oplossingsrichting om de pieken in natte winters af te vlakken.

#### **5.4 Conclusie**

Lokale ontwateringsmiddelen (puntontrekking met dompelpomp) hebben een zeer beperkt omgevingseffect en dus zeer beperkte effectiviteit, tenzij een groot aantal pompen op een rij staat.

Met het activeren van een bestaande drainageleiding of met het aanleggen van drainage kan met één leiding de overlast aan beide zijden van een straat worden tegengegaan.

De geohydrologische modellering is in overeenstemming met het waargenomen effect van de drainage in Meeuw, die na het doorspoelen en activeren binnen enkele dagen ervoor zorgde dat de kruipruimtes in aanliggende straten weer droog waren.

Een drainageleiding zoals die functioneert bij Havik is ook geschikt voor de situatie bij Lepelaar. Aangezien hier meerdere woningen wateroverlast hebben kan een drainaleiding op een diepte van 0,6m +NAP een verlaging van 0,45 meter realiseren tot 30 meter van de drainageleiding, zelfs wanneer we de minimale k-waarde van 3,5 m/dag gebruiken. Voor de woningen met wateroverlast die niet nabij Lepelaar en Havik liggen (4 in totaal) zouden dompelpompen wel een oplossing kunnen zijn. Aanleg van lijndrainage kan ook kosteneffectief zijn, zeker als daarmee kosten voor het vergroten van de berging en capaciteit van het HWA-stelsel achterwege kunnen blijven.

## 6 Maatregelen

### 6.1 Inleiding afweging maatregelen

Maatregelen zijn in de berekeningen onderscheiden naar:

- Puntdrainage;
- Lijndrainage.

Geconcludeerd is dat lijndrainage meer effect heeft. Lijndrainage is echter ook kostbaarder dan puntdrainage dus zou alleen overwogen moeten worden als puntdrainage niet voldoende effect kan sorteren. Beide typen drainage kunnen op verschillende manieren worden aangelegd.

### 6.2 Type drainage

In onderstaande tabellen staan voor verschillende typen drainage voor- en nadelen genoemd.

<b>Puntdrainage</b>	
Dompelpomp	Kan 'aanslaan' boven bepaald niveau, waardoor alleen in natte winters actief als het grondwater boven een kritische waarde ligt.
Grindpaal	Zet jaarrond het peil omlaag, waardoor in de zomer meer verdroging en meer noodzaak voor beregening.

<b>Lijndrainage</b>	<b>Voor/nadeel</b>
Drainagebuis aangesloten op HWA	Jaarrond actief als wordt uitgegaan van passief systeem. Drainagepeil kan worden ingesteld. In de zomer mogelijk meer verdroging als drainage op zeer laag peil moet worden ingesteld om wateroverlast te voorkomen. Riolering moet diep genoeg liggen.
Sloot/watergang	Kan tevens dienstdoen als waterberging / Wadi.
Drainagebuis aangesloten op waterkelder	Kan 'aanslaan' boven bepaald niveau, waardoor alleen in natte winters actief als het grondwater boven een kritische waarde ligt. Nauwelijks extra verdroging in de zomer.