Suikerzijde Groningen

Aan:	**Gemeente Groningen**
Van:	**Herman Brink / Maurits Zoutendijk**
Gecontroleerd door:	**Henk van der Velden**
Datum:	**3 augustus 2023**
Ref no.:	**1021-187246-11-M21**
Versie:	**1.0**
Onderwerp:	**Opbarsten vloeivelden**

1. Doel

Het doel van voorliggende memo is inzicht te verkrijgen of de bodem van de vloeivelden verticaal stabiel blijft tijdens het droogzetten van de velden. Indien blijkt dat de verticale stabiliteit van de bodem niet te allen tijde kan worden geborgd wordt als mitigerende maatregel een spanningsbemaling toegepast.

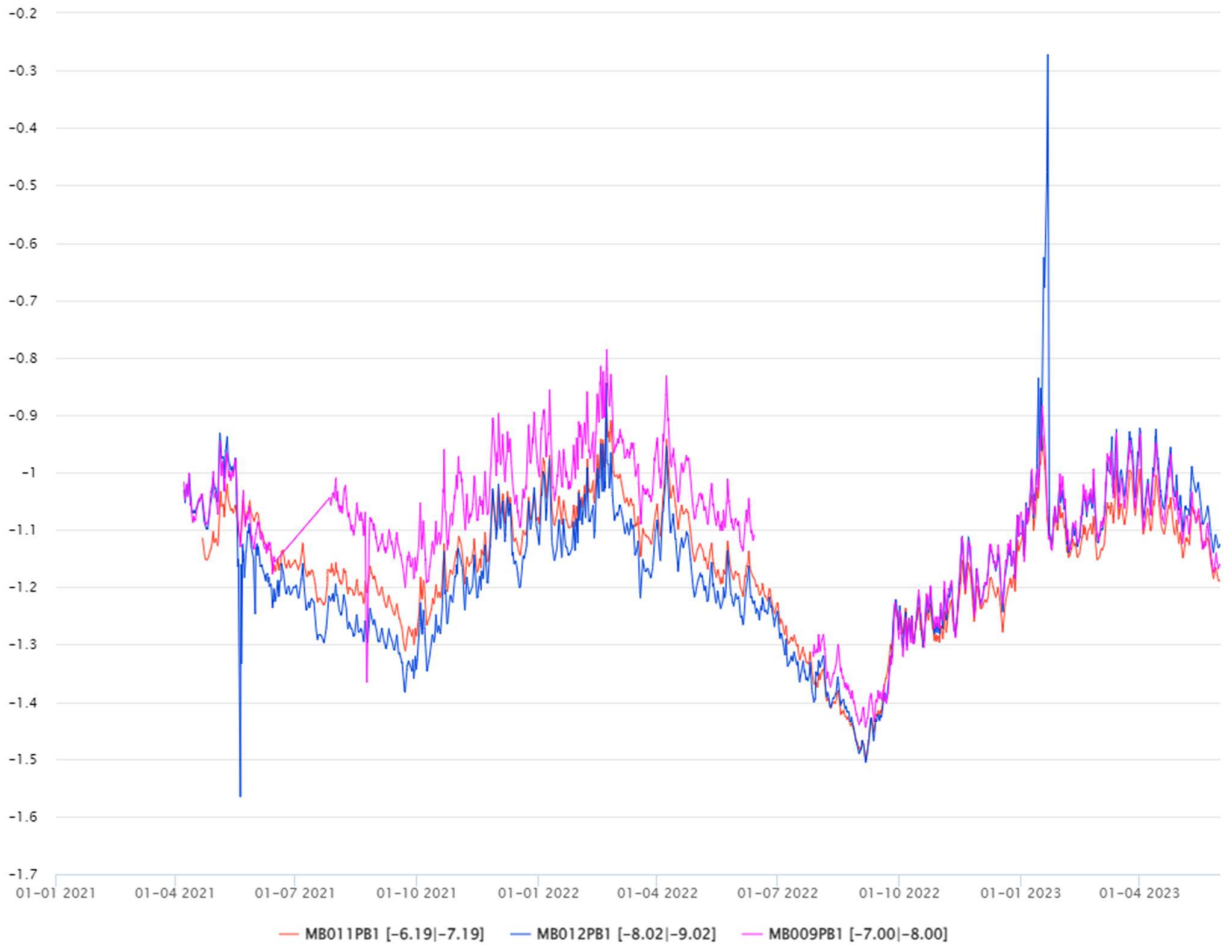
In deze memo wordt niet beschouwd hoe de sliblaag wordt drooggezet en opdroogt tot een draagkrachtige ondergrond. Dit dient nader te worden uitgezocht.

2. Uitgangspunten

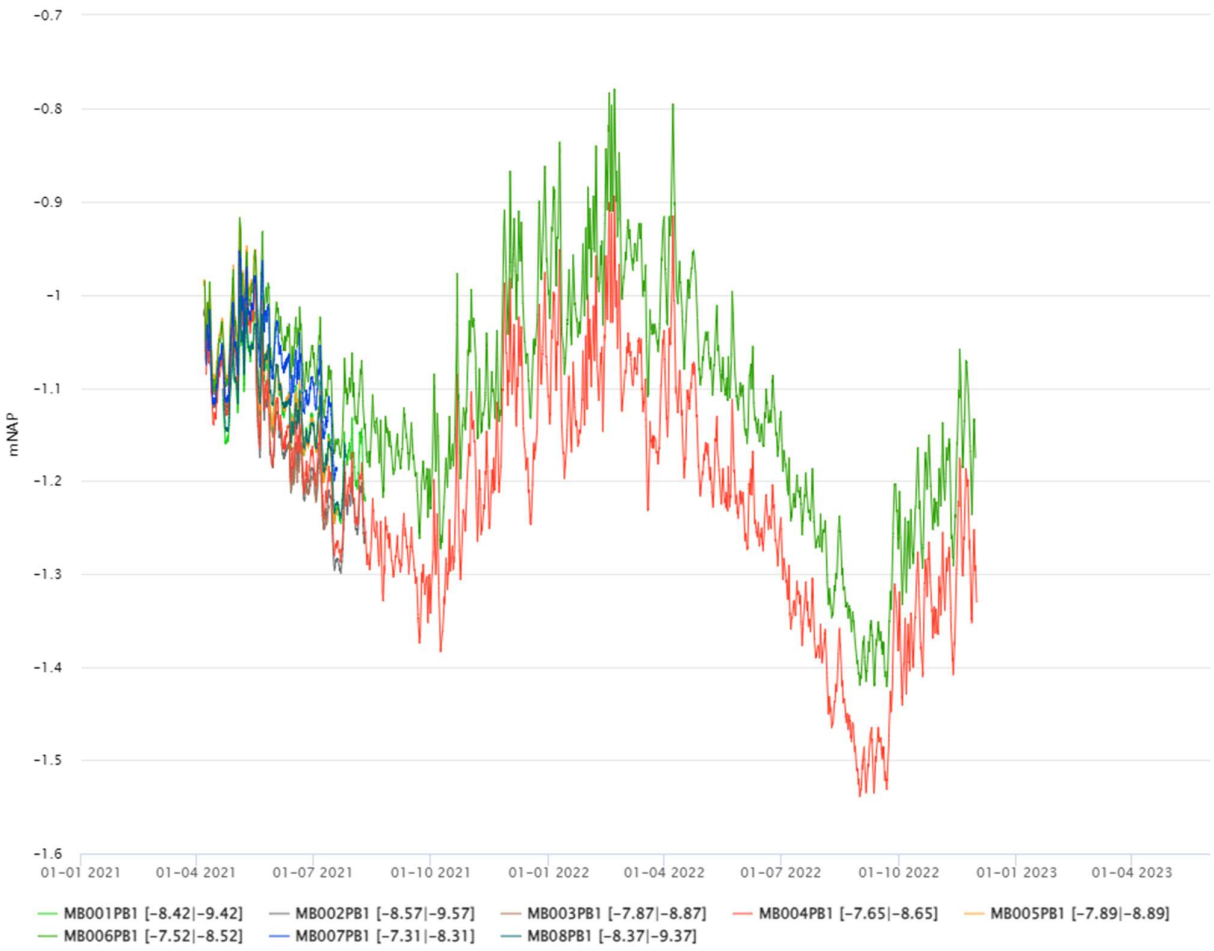
In de huidige situatie zijn de vloeivelden verticaal stabiel. Door het verlagen van de waterstand in de vloeivelden neemt de neerwaartse belasting onder in de slib- en deklaag af, hierdoor ontstaat er de kans op verticale instabiliteit. De verticale instabiliteit kan zich voordoen als welvorming door de waterremmende laag heen, als het (lokaal) opbarsten van deze laag of als het opdrijven van de sliblaag. Allen zijn ongewenst. Voor het beoordelen van de verticale stabiliteit zijn er twee factoren belangrijk: de stijghoogte en het gewicht van de bovenliggende (grond)lagen.

2.1 Stijghoogte

In Suikerzijde wordt de stijghoogte in het Pleistoceen gemeten sinds 2021. Er zijn meetreeksen beschikbaar van peilbuizen die nog worden gemeten en peilbuizen die niet meer worden gemeten. De stijghoogtemeetreeksen van de actief bemeten peilbuizen zijn weergegeven in figuur 2.1, en de reeksen van de inactieve peilbuizen in figuur 2.2.



Figuur 2.1: Stijghoogtemetingen peilbuizen actief mei 2021 t/m heden [m NAP]. De blauwe piek in januari 2023 betreft een meetfout en is zodoende niet meegenomen in deze analyse.



Figuur 2.2: Stijghoogtemetingen peilbuizen actief mei 2021 t/m december 2022 [m NAP].

Op basis van de metingen betreft de hoogst gemeten stijghoogte ca. NAP -0,8 m. De stijghoogte is in grote delen van het jaar lager dan NAP -1,0 m. De laagste stijghoogte ligt op ca. NAP -1,5 m.

De stijghoogte zorgt voor een waterdruk vanuit het watervoerend pakket tegen de Holocene lagen aan. De waterdruk neemt in de diepte toe. Waar de bovenkant van de Pleistocene laag hoog ligt is de waterdruk lager, echter zijn de bovenliggende lagen vaak dunner waardoor het neerwaarts gewicht ook kleiner is. Op de waterdruk vanuit het watervoerende pakket zijn geen veiligheidsfactoren van toepassing.

2.2 Neerwaarts gewicht bodemlagen

In de analyse is ter bepaling van de dikte van de slib, klei en veenlaag gebruik gemaakt van de geïnterpoleerde bodemopbouw in het 3D-ondergrondmodel. Uit dit model is de dikte van de verschillende bodemlagen en het niveau van de lagen (in m NAP) gehaald en in een GIS ingeladen om de opbarstsommen uit te voeren. Zo is ook de bovenkant van de Pleistocene zandlaag uit het model

gehaald; dit is een interpolatie op basis van grondonderzoek rondom de vloeivelden, tijdens het ondiepe grondonderzoek op de vloeivelden is het Pleistocene zand niet aangetroffen.

In de stabiliteitsberekeningen is voor veen een soortelijk gewicht van veen 11,0 kN/m^3 aangehouden, voor klei en tarra is 14,5 kN/m^3 aangehouden. Op het neerwaarts gewicht van de grondlagen is een veiligheidsfactor van 0,9 aangehouden, conform NEN 9997-1, om rekening te houden met onzekerheden in dit neerwaartse gewicht. Er is van uitgegaan dat de bovenste meter van de tarra wordt drooggezet. Door het uitdrogen van de tarragrond neemt het neerwaarts gewicht van de tarra af. In de berekeningen is op basis van het labonderzoek voor de tarra uitgegaan van een droog gewicht van 10 kN/m^3. Uitgangspunt is dat enkel de bovenste meter tarra uitdroogt, er is geen rekening gehouden met volumeveranderingen door o.a. inklinking.

3. Berekeningen

De kans op verticale instabiliteit is met behulp van een GIS-analyse globaal bepaald. Er zijn twee typen stabiliteitsberekeningen uitgevoerd:

- Opbarstveiligheid bij een gegeven stijghoogte;
- Maximale stijghoogte waarbij de opbarstveiligheid ≥1 (= veilig).

De resultaten zijn beschreven in paragraaf 3.1 (gegeven stijghoogte en in paragraaf 3.2 (maximale stijghoogte).

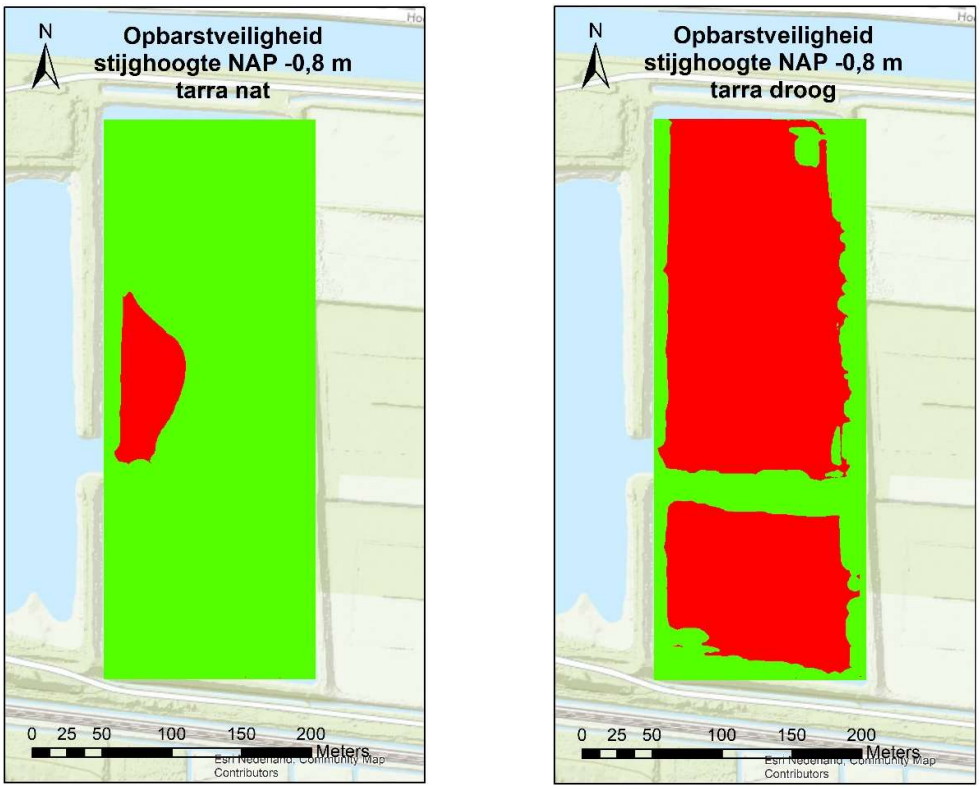
3.1 Opbarstveiligheid bij een stijghoogte van NAP -0,8 m en NAP -1,0 m

De opbarstveiligheid is berekend voor twee stijghoogten; een hoge stijghoogte van NAP -0,8 m en een hoger dan gemiddelde stijghoogte van NAP -1,0 m. Een opbarstveiligheid van >=1 betekent dat de bodem verticaal stabiel is, een opbarstveiligheid van <1 betekent dat de bodem verticaal niet stabiel is.

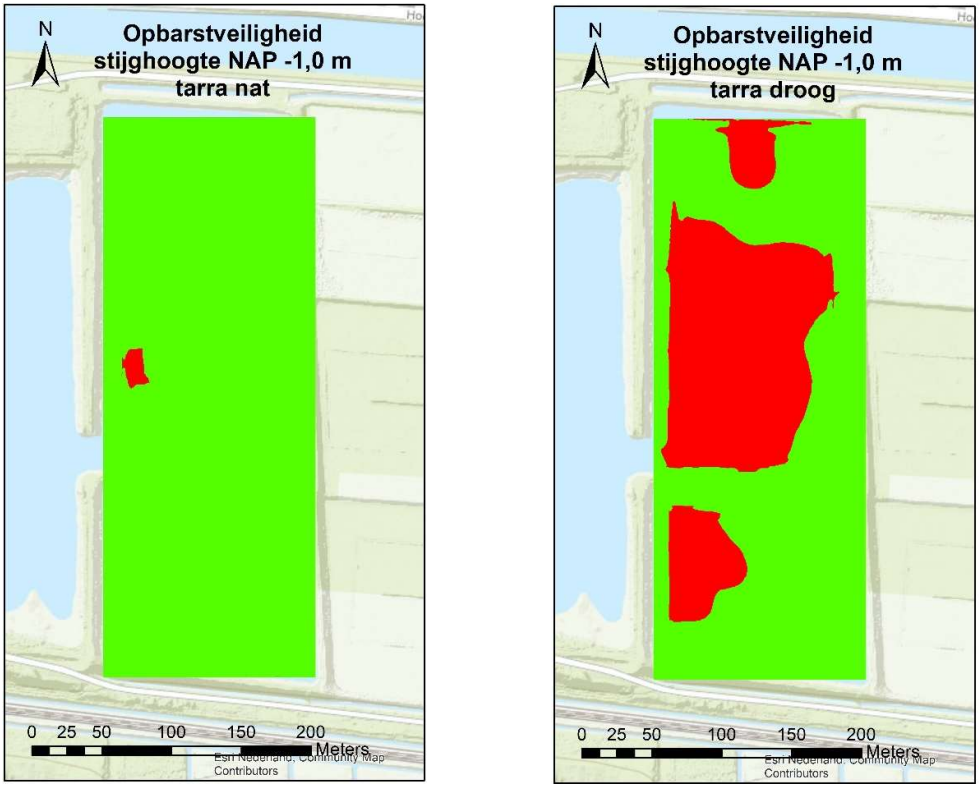
Opgemerkt wordt dat met geïnterpoleerde gegevens is gewerkt en dat dit geen metingen betreffen. De daadwerkelijke opbarstveiligheid kan hierdoor afwijken ten opzichte van wat is berekend.

De opbarstveiligheden bij een stijghoogte van NAP -0,8 m of NAP -1,0 m en bij een 1 m dikke natte of uitgedroogde laag tarra zijn weergegeven in figuur 3.1.

Stijghoogte NAP -0,8 m



Stijghoogte NAP -1,0 m



Tarra nat | Tarra uitgedroogd

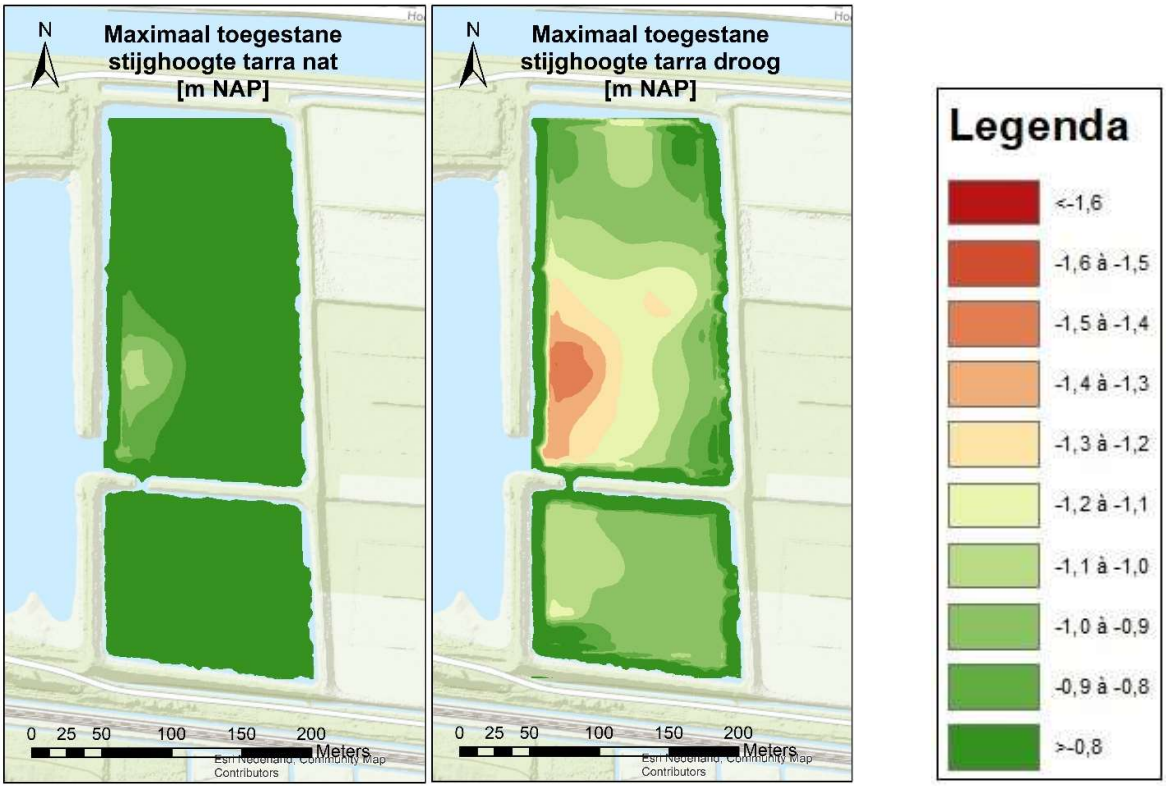
Figuur 3.1: Interpolatie van de opbarstveiligheid bij een stijghoogte van NAP -0,8 m en NAP -1,0 m. De groene vlakken zijn veilig en de rode vlakken zijn niet veilig berekend ten aanzien van de opbarstveiligheid.

In de situatie waarbij de bovenste meter van de tarragrond nat is, is de bodem van grote delen van de vloeivelden verticaal stabiel. Alleen in een klein deel van het noordelijke vloeiveld wordt een risico op opbarsten berekend. Deze locatie is gevoelig omdat de berekende dikte van de deklaag hier dunner is en de bovenkant van de Pleistocene zandlaag hier hoger ligt.

Als de bovenste meter van de tarragrond is uitgedroogd neemt het neerwaarts gewicht af. De bodem van grote delen van de vloeivelden worden voor deze situatie *niet* verticaal stabiel berekend. Bij een stijghoogte van NAP -0,8 m betreft dit vrijwel de gehele vloeivelden.

3.2 Maximaal toelaatbare stijghoogte

De maximaal toegestane stijghoogte waarbij de bodem verticaal stabiel blijft is berekend op basis van het neerwaarts gewicht en de hoogte van het Pleistocene pakket. De resultaten zijn weergegeven in figuur 3.2. Op basis van deze berekening wordt geconcludeerd dat in de vloeivelden nergens opbarsten wordt verwacht bij stijghoogten < NAP -1,5 m. Dit is echter alleen voor de zwakke plek in het noordelijke vloeiveld, de overige bodem van de vloeivelden zijn verticaal stabiel tot een stijghoogte van NAP -1,2 m. Ten opzichte van de hoge stijghoogte van NAP -0,8 m betreft dit maximaal een verlaging van ca. 0,7 m. In droge perioden is slechts een beperkte (enkele decimeters) verlaging van de stijghoogte benodigd.



Figuur 3.2: Maximale stijghoogte in m NAP waarbij de opbarstveiligheid >=1 blijft.

4. Bemaling

Om ten alle tijde de verticale stabiliteit te borgen dient de stijghoogte onder beide vloeivelden verlaagd te worden. Met een spanningsbemaling kan de gewenste verlaging van de stijghoogte worden gerealiseerd. Omdat de vloeivelden slecht toegankelijk zijn wordt een filterbemaling met veel filters in de vloeivelden afgeraden. Geadviseerd wordt om de bemaling uit te voeren met een aantal deep wells. Deze kunnen door middel van een boring vanaf een ponton worden aangebracht in de velden. De deep wells dient tot een diepte te worden bemalen waardoor de benodigde verlagingrekening houdend met de opbolling van de stijghoogte tussen de deep wells, tussen de deep wells ook wordt behaald.

In dit stadium is uitgegaan van het toepassen van 6 deep wells in het noordelijke vloeiveld en 4 deep wells in het zuidelijke vloeiveld, waarbij de deep wells zich in de hoeken van de velden bevinden (afstand tussen de deep wells ca. 100 à 120 m). Ook is er in dit stadium vanuit gegaan dat er op beide vloeivelden hetzelfde maatgevende verlagingsniveau van NAP -1,5 m wordt gehanteerd.

4.1 Geohydrologische schematisatie

Op basis van het uitgevoerde grondonderzoek en gegevens uit het Fugro-archief en de literatuur is de bodemopbouw geschematiseerd zoals is weergegeven in tabel 4.1. De parameterwaarden die behoren bij de geohydrologische schematisering zijn eveneens in de tabel opgenomen. Hierbij is de weerstand tegen verticale grondwaterstroming door een waterremmende laag weergegeven met een c-waarde en is het horizontaal doorlaatvermogen van een watervoerende laag weergegeven met een kD-waarde. In de tabel is een worst-case, een best-case en de verwachtingswaarde van de betreffende parameterwaarden aangegeven. Deze waarden zijn geraamd op basis van ervaring aan de hand van de beschikbare bodemgegevens, en niet op basis van praktijkgegevens.

Tabel 4.1: Bodemopbouw en geohydrologische schematisering

Laag	Diepte onderkant laag [ca. m NAP]	Bodem-beschrijving	Typering	Parameterwaarden c [dagen] / kD [m²/dag]			
				c/kD	Positief	Verwachting	Negatief
0	-1,5 à -1,8	Vloeiveld bodem	Infiltratie oppervlak*	c	-	-	-
1	Tot -3,0 à -6,0	Klei en veen (Deklaag)	Waterremmend	c	600	300	150
2	Tot -30**	Zand, fijn	Watervoerend	kD	25	50	100

* Weerstandswaarden voor het infiltratie oppervlak zijn meegenomen in de weerstand van de deklaag.

** Maximaal door Fugro verkende diepte: NAP -25 m

Vanaf ca. NAP -30 m wordt op basis van archiefsonderingen (1015-0366-003) op het Suikerunieterrein een kleilaag verwacht. Deze laag wordt in onderhavige rapportage als geohydrologische basis beschouwd.

Ervaring bij projecten in de omgeving laat zien dat de doorlatendheid van het zand beperkt kan zijn en er met relatief weinig onttrekkingsbronnen én debieten grote verlagingen kunnen worden

verkregen. Om er zeker van te zijn dat dit ook hier het geval is wordt geadviseerd een pompproef uit te voeren om de doorlatendheid van het zand vast te stellen. De bemalingsinstallatie kan worden ontworpen op basis van de resultaten uit deze pompproef.

4.2 Overzicht verlagingen

Een overzicht van de benodigde grondwaterstands-/stijghoogteverlagingen ten opzichte van de hoge uitgangsgrondwaterstand en -stijghoogte is opgenomen in tabel 4.2.

Tabel 4.2: Benodigde verlagingen stijghoogte t.o.v. hoge waarde (NAP -0,8)

Onderdeel	Stijghoogte (laag 2)	
	Verlagen tot [ca. NAP m] *	Verlaging t.o.v. 'hoog' NAP -0,8 m [ca. m]
Vloeivelden	-1,5	0,7
* Voor de bemalingsberekeningen wordt de maximale verlaging gehanteerd. Ter plaatse van de deep wells moet verder verlaagd worden om rekening te houden met de opbolling tussen de deep wells.		

4.3 Berekende debieten

Om inzicht te krijgen in het debiet en de grondwaterstandsverlagingen in de omgeving als gevolg van de bemaling zijn met het softwarepakket MicroFEM bemalingsberekeningen uitgevoerd. De stationaire berekende debieten bij de aangehouden hoge stijghoogte zijn opgenomen in tabel 4.3.

Tabel 4.3: Debieten uitgaande van een hoge stijghoogte (NAP -0,8 m)

Onderdeel	Verlaging onder vloeiveld [m]	Debiet* [ca. m^3/uur]			Maatgevend debiet [ca. m^3/maand]	Duur [ca.]	Maatgevend totaal debiet ca. m^3]
		Min.	Verw.	Max.			
Per Deep well	0,7	1	3	5	3.600	-	-
Totaal 10 Deep wells	0,7	10	30	50	36.000		
* Het minimale (min.), verwachtte (verw.) en maximale (max.) debiet zijn berekend o.b.v. de verschillende grondparameters zoals geraamd in tabel 3.1. Het debiet per maand is afgerond per 100 m^3 .							

4.4 Vergunningsplicht/meldingsplicht onttrekking in kader Waterwet

De projectlocatie is gelegen in het beheersgebied van Waterschap Noorderzijlvest. Hier geldt dat in het kader van de Waterwet een onttrekkingsvergunning voor een bron-/sleufbemaling moet worden aangevraagd indien:

- Of meer dan 80 m^3 grondwater per uur wordt onttrokken;
- Of als langer dan 6 maanden wordt bemalen.

Op basis van het berekende waterbezwaar is de bemaling op de projectlocatie niet vergunningplichtig mits de bemalingswerkzaamheden niet langer dan 6 maanden duren. Er geldt een meldplicht op grond van het Waterbesluit.

De bemaling moet minimaal 4 weken voor aanvang bij het waterschap worden gemeld, en na afloop ook weer worden afgemeld. De melding kan via het omgevingsloket online, OLO

(https://www.omgevingsloket.nl), samen met de melding van de lozing worden gedaan (≥4 weken voor aanvang). De daadwerkelijke aanvang van de bemaling dient 5 werkdagen van te voren bij de toezichthouder te worden gemeld (startmelding).

Voorts wijzen wij u erop dat het waterschap voorschriften zal verbinden aan de bemaling. Door deze voorschriften nauwkeurig op te volgen kunnen problemen tijdens en na de bemaling worden voorkomen. Tevens dient rekening te worden gehouden met een heffing, die per onttrokken m^3 grondwater moet worden betaald. Voor zowel het onttrekken als het lozen van het grondwater is het in het kader van eventuele heffingen en belastingen noodzakelijk dat de hoeveelheden onttrokken grondwater worden gemeten met behulp van geijkte debietmeters en worden geregistreerd in een logboek.

4.5 Verlagingen in omgeving

De bemaling op de locatie leidt tot verlagingen van de stijghoogte in de omgeving. Gezien de dikte en waterremmende functie van de deklaag worden geen grondwaterstandsverlagingen verwacht buiten Suikerzijde. De berekende stationaire verlagingen ten opzichte van de aangehouden hoge stijghoogte en lage stijghoogte zijn respectievelijk weergegeven in tabel 4.4 en tabel 4.5. De verlagingen ten opzichte van de lage stijghoogte zijn ook op kaart gepresenteerd in figuur 4.1.

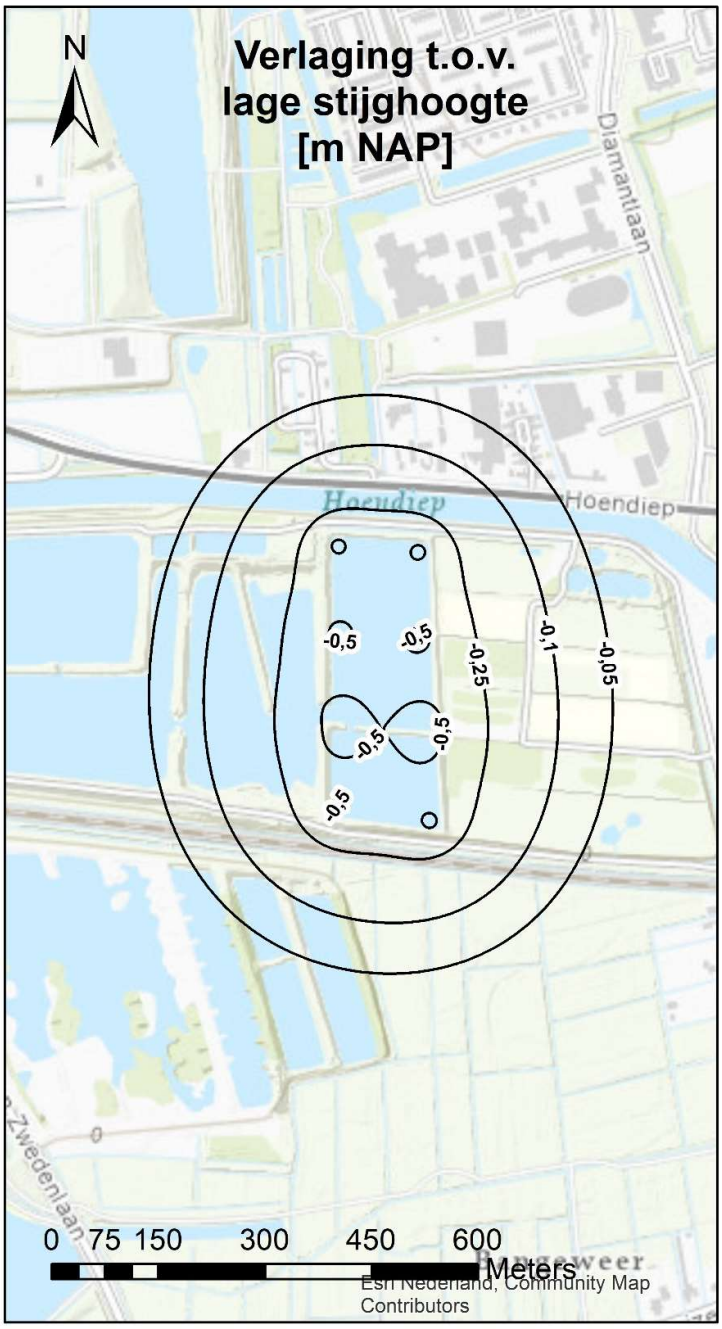
Tabel 4.4: Berekende stationaire verlagingen t.o.v. hoge stijghoogte (NAP -0,8 m]

Bemaling	Laag	Afstand tot bemaling [ca. m]								
		5	10	25	50	100	150	250	300	400
Deepwell bemaling	2	1,0	0,9	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,05

Tabel 4.5: Berekende stationaire verlagingen t.o.v. lage stijghoogte (NAP -1,5 m]

Bemaling	Laag	Afstand tot bemaling [ca. m]							
		5	10	25	50	100	150	250	300
Deepwell bemaling	2	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,05	<0,05

Door de invloed van open water, de bemalingsduur, eventuele neerslag en een andere bodemopbouw buiten de projectlocatie kunnen de werkelijk optredende verlagingen anders zijn.



Figuur 4.1: Stijghoogteverlagingen ten opzichte van de lage stijghoogte (NAP -1,5 m)

4.6 Omgevingsaspecten

De verlagingen van de stijghoogte reiken tot buiten de projectlocatie en kunnen daar effect hebben op diverse omgevingsaspecten. De grootste verlagingen zijn beperkte tot het terrein van Suikerzijde. Ter plaatse van het spoor ten zuiden van de vloeivelden en het Hoendiep ten noorden van de vloeivelden wordt de stijghoogte maximaal 0,2 m verlaagd onder de laagst gemeten stijghoogte. Doordat het een stijghoogtebemaling betreft worden geen risico's verwacht voor aspecten die bovenin de deklaag of vlak onder maaiveld aanwezig zijn, zoals verdroging van groen of mogelijke

verplaatsing van verontreinigingen in de deklaag. Het is niet bekend of er verontreinigingen zijn in het Pleistocene zand.

In de directe omgeving van de bemaling worden als gevolg van verlagingen alleen risico's op het gebied van zettingen verwacht. De mogelijk zettingsgevoelige objecten in de directe omgeving van de bemaling zijn het spoortracé ten zuiden van het zuidelijke vloeiveld en de regionale kering ten noorden van het noordelijke vloeiveld. Geadviseerd wordt om het zettingsrisico te bepalen voor deze objecten wanneer de verlagingen door de bemaling per vloeiveld of deelgebied beter inzichtelijk zijn gemaakt.

5. Advies

Uit de berekende opbarstveiligheden volgt dat een spanningsbemaling nodig is om te voorkomen dat de drooggezette vloeivelden opbarsten. De spanningsbemaling is benodigd totdat een ophoging met voldoende neerwaarts gewicht is gerealiseerd om de bodem verticaal stabiel te houden. Om het droogzetten van de vloeivelden en het realiseren van een draagkrachtige bodem verder uit te werken worden de volgende adviezen gegeven.

Advies 1: Beter inzicht in bovenkant van het watervoerend pakket

Er is in dit stadium geen grondonderzoek van de vloeivelden beschikbaar waarbij de bovenkant van het watervoerend pakket is aangetroffen. In de huidige analyse is de bovenkant van het watervoerende pakket alleen gekarteerd met behulp van sonderingen en boringen rondom de vloeivelden waar de bovenkant van het watervoerende pakket wel is aangetroffen. Wanneer er meer inzicht is in de bovenkant van het watervoerend pakket is het mogelijk dat er minder bemalen hoeft te worden.

Geadviseerd wordt om aanvullende grondonderzoek uit te voeren, bijvoorbeeld boringen en/of geofysisch onderzoek, om de bovenkant van het watervoerend pakket onder de vloeivelden te karteren.

Advies 2: Dikte van de draagkrachtige tarra laag en het droogzetten van deze laag

Het is in dit stadium niet bekend wat de dikte van de drooggezette laag moet zijn om tot een draagkrachtige laag te komen. Ook is nog niet duidelijk in hoeverre de laag drooggezet kan worden en in hoeverre deze laag moet uitdrogen om voldoende draagkracht te bieden.

Geadviseerd wordt om te onderzoeken welke sterkte nodig is voor een draagkrachtige laag en of hier nog aanvullend grondonderzoek voor nodig is. Gelijktijdig dient uitgezocht te worden op welke wijze de laag droog gezet kan worden en welke methoden hiervoor beschikbaar zijn.

Opgemerkt wordt dat een watervergunning benodigd is als er langer dan 6 maanden bemalen dient te worden om de draagkrachtige laag droog te krijgen, zie ook advies 6. Het gebruik van passieve drainage is vergunningsvrij.

Advies 3: Pompproef uitvoeren

In de bemalingsberekening is uitgegaan van een conservatief ingestoken bandbreedte-berekening van het te onttrokken debiet. Geadviseerd wordt om een pompproef uit te voeren om de doorlatendheid van het zand in het watervoerende pakket beter inzichtelijk te krijgen, zodat de bemalingsinstallatie kan worden ontworpen. De pompproef geeft inzicht in het invloedsgebied van de bronnen. Door de pompproef aan de zuidzijde van de vloeivelden uit te voeren kunnen de resultaten ook worden gebruik voor het ontwerp van de toekomstige bustunnel nabij het station.

Advies 4: Dimensionering van de bemaling per deelgebied vaststellen

In voorliggende rapportage is uitgegaan van een bemaling die een verlaging realiseert tot maximaal NAP -1,5 m op elk deel van het vloeiveld. Grote delen van de vloeivelden blijven verticaal stabiel bij hogere stijghoogten. Het is mogelijk om de bemaling te optimaliseren per vloeiveld of deelgebieden om zo de juiste verlaging op de juiste plek te bewerkstelligen. Hierdoor wordt het gebied waarin verlagingen onder de laagste stijghoogte optreden kleiner en de hiermee samengaande omgevingsrisico's ook. Uit de aanbevolen pompproef wordt duidelijk wat de reikwijdte van een bron is, de bemalingsinstallatie kan hierop worden afgesteld. Bij een grote reikwijdte is het bijvoorbeeld mogelijk dat er minder deep wells nodig zijn en deze buiten het vloeiveld geïnstalleerd kunnen worden, wat uitvoeringstechnisch voordelig is.

Advies 5: Zettingsrisico inzichtelijk maken

In de directe omgeving van de vloeivelden bevinden zich twee zettingsgevoelige objecten: een spoorbaan en een waterkering. Geadviseerd wordt met de beherende instanties, ProRail voor de spoorbaan en Waterschap Noorderzijlvest voor de waterkering, na te gaan welke zettingen toelaatbaar zijn. Vervolgens dienen er zettingsberekeningen te worden uitgevoerd, voor deze berekeningen is inzicht in de bodemopbouw onder de spoorbaan en waterkering essentieel. Door het optimaliseren van de bemalingsinstallatie kan worden voorkomen dat er bij de spoorbaan en/of de waterkering tot onder de historisch lage stijghoogte wordt bemalen. Hiermee wordt de kans op zetting door de bemaling weggenomen.

Advies 6: Noodzaak watervergunning

In deze fase is nog niet bekend hoeveel tijd nodig is om de vloeivelden droog, van een draagkrachtige laag te voorzien en deze op te hogen totdat de vloeivelden verticaal stabiel zijn. In deze periode dient de bemaling te zijn ingeschakeld om de verticale stabiliteit te borgen; indien deze bemalingsperiode korter is dan 6 maanden volstaat een melding bij het waterschap. Als de bemaling langer duurt is een vergunning benodigd. Geadviseerd wordt om vroegtijdig inzicht te krijgen in de benodigde duur van de bemaling om zo het juiste traject met Waterschap Noorderzijlvest af te stemmen.

Advies 7: Zakbaakmetingen

In de vloeivelden zijn zakbaken aangebracht waarmee het niveau van de bovenzijde van de tarra wordt gemeten. Met behulp van deze zakbaakmetingen kan de verticale stabiliteit worden gemonitord, het omhoog komen van de zakbaken duidt immers op het omhoog komen van de tarra.

Opgemerkt wordt dat de zakbaken boven op de tarra staan. Door het indrogen van de tarra zakken de baken, dit geeft mogelijk een ruis om stijging als gevolg van verticale instabiliteit goed te kunnen meten.