

Memo

Aan
Rijkswaterstaat (GPO)

5.1.2.e

Datum
6 februari 2023

Ons kenmerk
11209150-003-GEO-0003

Aantal pagina's
1 van 19

Contactpersoon

Doorkiesnummer

E-mail

@deltares.nl

Onderwerp

Zettingen t.g.v. bemaling

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Op dinsdag 13 december 2022 stelde een wegininspecteur van Rijkswaterstaat schade aan het asfalt vast bij moot 26 van de Noordelijke toerit van de Prinses Margrietunnel (snelweg A7). Moot 26 bleek opgedreven, dit proces is het door plaatsen van ballast gestabiliseerd en waarna de overige delen van de toeritten ook veiligheidsverhogende ballast is aangebracht. Rijkswaterstaat heeft Deltares gevraagd een bemalingsadvies uit te brengen voor 4 bemalingsscenario's en op basis daarvan basis van eerste inschatting te geven van het effect op de omgeving qua vervormingen.

In voorliggende rapportage wordt ingegaan op de verwachte zettingen in de omgeving als gevolg van een tijdelijke bemaling ten behoeve van de herstelwerkzaamheden.



Figuur 1-1: Situatie Prinses Margrietunnel

1.2 Vraagstelling

Door Rijkswaterstaat zijn de volgende 2 vragen gesteld:

1. Kan Deltares een bemalingsadvies leveren inclusief de impact op de omgeving, bij een waterdrukverlaging langs de gehele onderzijde van de tunnelbak van tenminste 1 à 2 m (tot circa NAP -3 m).
2. Dezelfde vraag, maar dan voor een bemaling, waarbij enkel de 4 hoekpunten van moot 26 bemalen wordt tot onderzijde van de vloerconstructie (NAP -10,3 m).

Gezien de huidige fase van het onderzoek is het daarbij in eerste instantie akkoord om conservatieve aannamen te doen en stationair te rekenen. Het advies dient als basis ter bepaling of het spoor met wel of niet bemalen moet worden doorgezet. In deze fase is ook nog niet gerekend met een retourbemaling.

1.3 Situatie

De onderzijde van diepste delen van de toeritten en de zinktunnel bevinden zich in zand, dat globaal vanaf NAP -12 m à -13,5 m begint. Direct hier boven bevindt zich over het geheel gezien een slecht doorlatende laag van circa 4 tot 6 m dik, die vaak aangeduid wordt met "Drenthe klei" of "Keileem-laag". Boven deze Keileem laag bevindt zich een zandlaag van 3 tot 5 m dikte, met daar bovenop een circa 1,5 tot 3 m dikke veenlaag. Op deze veenlaag bevindt zich tot aan maaiveld een kleilaag en antropogene grond met daarbovenop tot aan het maaiveld over het geheel gezien Holocene slecht (0,5 – 1,0 m). In de directe omgeving van de tunnel is in beperkte mate bebouwing aanwezig (zie Figuur 1-1). Conservatief uitgangspunt voor de berekeningen en de beoordeling van zettingsschade aan bebouwing is dat aanwezige bebouwing op staal gefundeerd is en bovendien direct op maaiveld.

1.4 Aanpak

Als eerste zijn historische gegevens, welke bij de bouw van de tunnel gebruikt zijn geanalyseerd. Op basis daarvan zijn keuzes gemaakt voor de te hanteren grondparameters en het te gebruiken zettingsmodel. Gekozen is om het computermodel D-Settlement v21.2 te gebruiken met het zettingsmodel Koppejan, in verband met de beschikbare parameters die in het verleden bepaald zijn. Op basis van het in het verleden uitgevoerde grondonderzoek is ook de bodemopbouw bepaald, welke is gecontroleerd en aangevuld met beschikbare gegevens uit Dino-loket en 2 recente sonderingen en boringen (2020) gemaakt ten behoeve van het gemaal Leijepolder te Oppenhuizen.

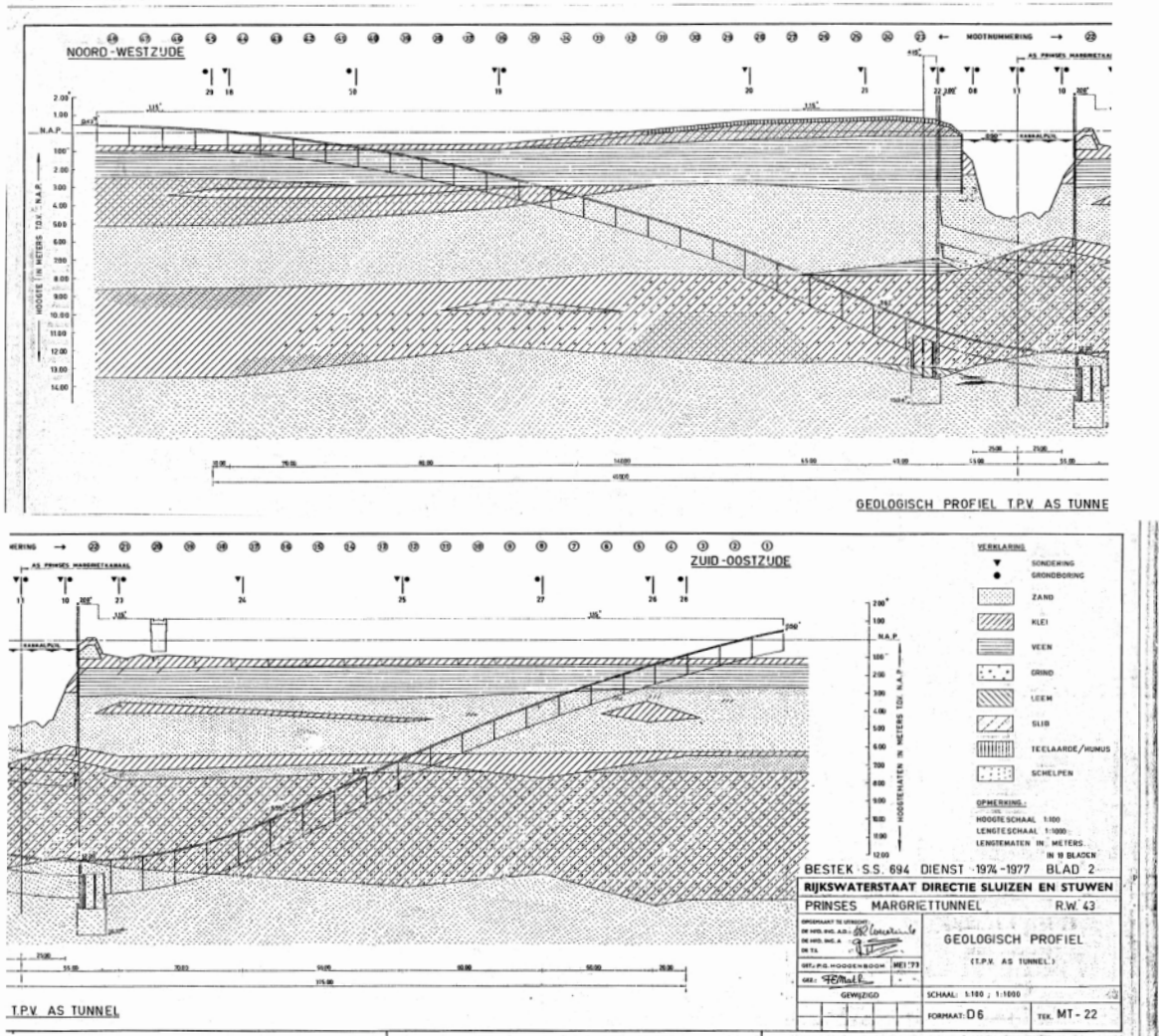
Voor wat betreft de grondwaterstanden en stijghoogten in de watervoerende pakketten is gebruik gemaakt van de gegevens uit het huidige bemalingsadvies (jan/feb 2023) en daarnaast zijn grondwater gegevens geraadpleegd van de Geologische Dienst Nederland via de website: <https://www.grondwatertools.nl/gwsinbeeld/>

2 Uitgangspunten berekeningen

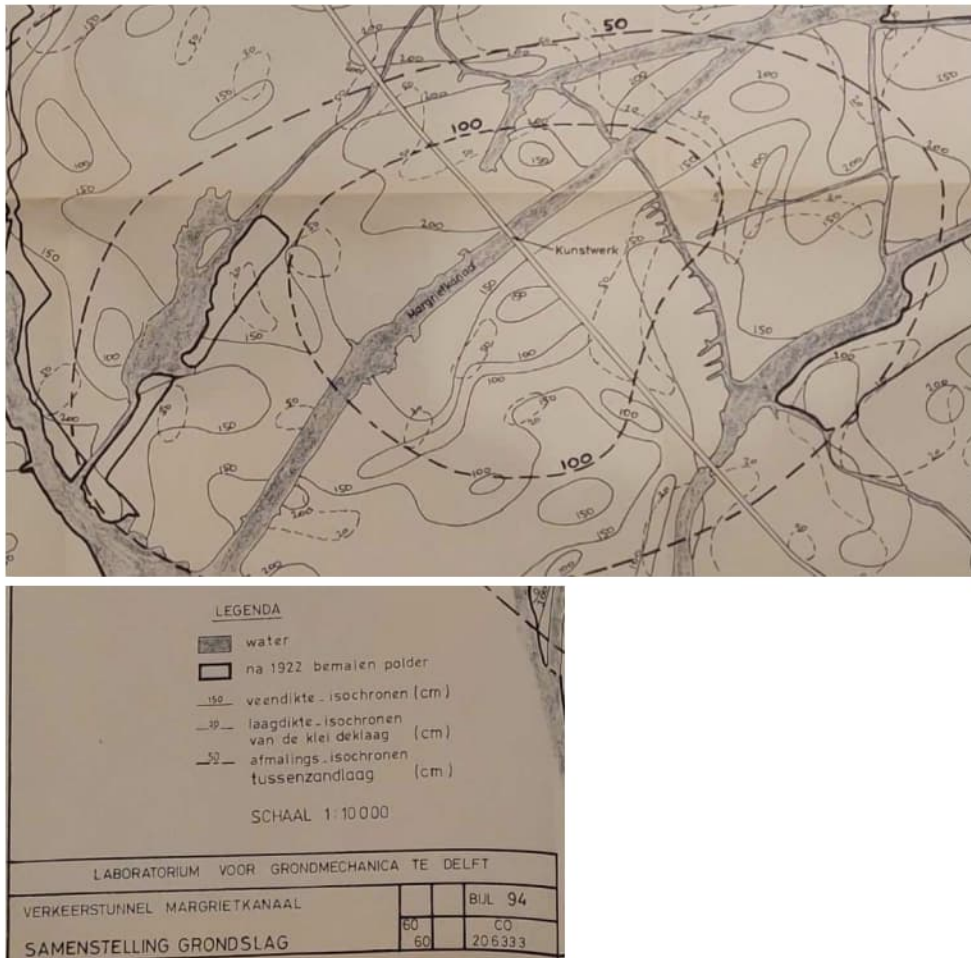
2.1 Grondonderzoek rekenmodel en parameters

2.1.1 Grondonderzoek

Ten behoeve van de ondergrondschematisatie is voornamelijk gebruik gemaakt van beschikbare gegevens uit de periode van aanleg van de Prinses Margrietunnel. Dit betrof onder andere het geotechnische lengte profiel, dat in 1973, op basis van het uitgevoerde grondonderzoek is opgesteld. Ook is uit die periode een kaart beschikbaar met laagdiktes van het veen en de klei-deklaag.



Figuur 2-1: Geotechnisch lengteprofiel Prinses Margrietunnel 1973

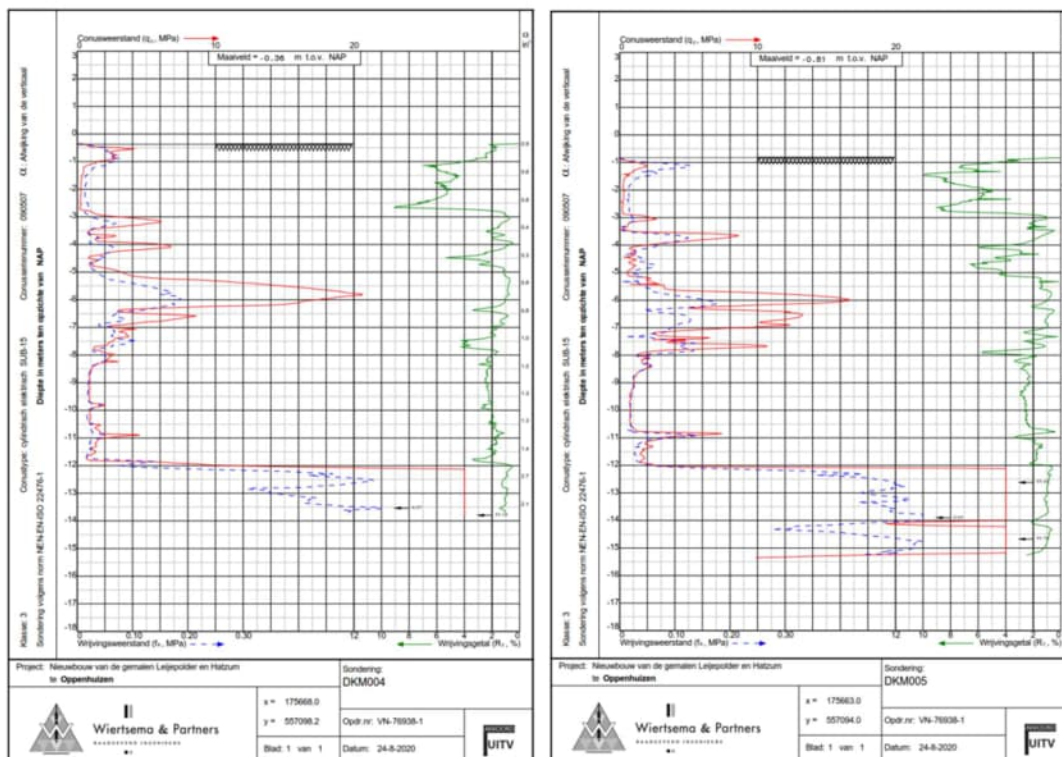


Figuur 2-2: Laagdiktes klei-deklaag en onderliggend veenpakket

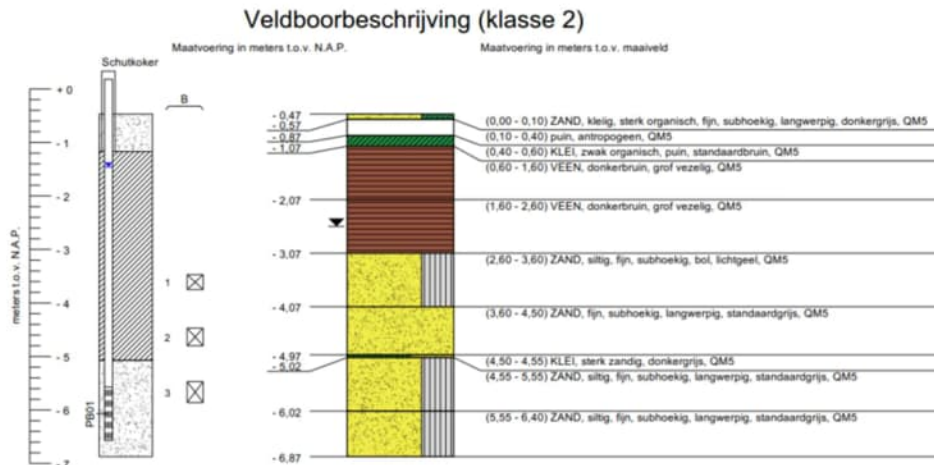
Naast de historische gegevens zijn recentere sondeer- en boorgegevens vanuit dinoloket/BRO bekeken en is gebruik gemaakt van het grondonderzoek, dat in 2020 is uitgevoerd ten behoeve van de nieuwbouw van het gemaal Leijepolder te Opperhuizen, uitgevoerd door Wiertsema en Partners (VN-769381-1, d.d. 1 oktober 2020). Het gemaal bevindt zich op circa 400 m afstand van Rijksweg A7 en 600 m afstand van tunnelmoot 26 van de Prinses Margrietunnel.



Figuur 2-3: Situatie grondonderzoek Gemaal Leijepolder, oktober 2020



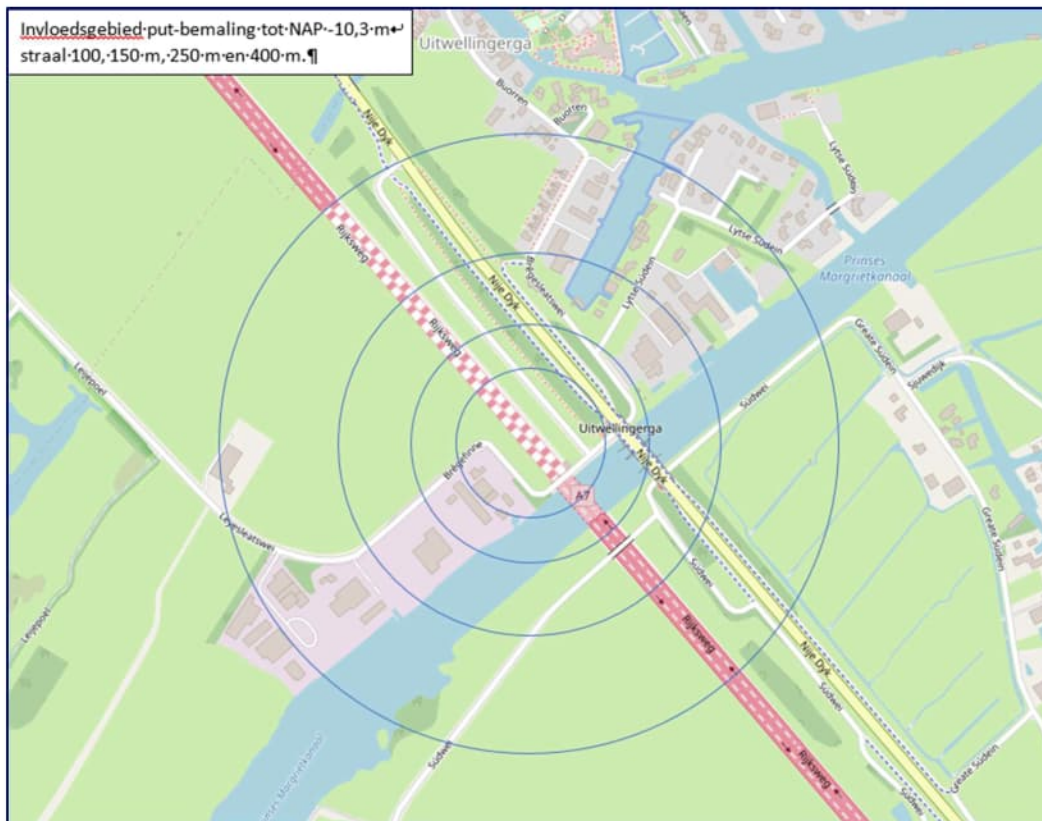
Figuur 2-4: Sondelingen DKM004 en DKM005 bij Gemaal Leijepolder



Figuur 2-5: Handboring HB002 bij Gemaal Leijepolder

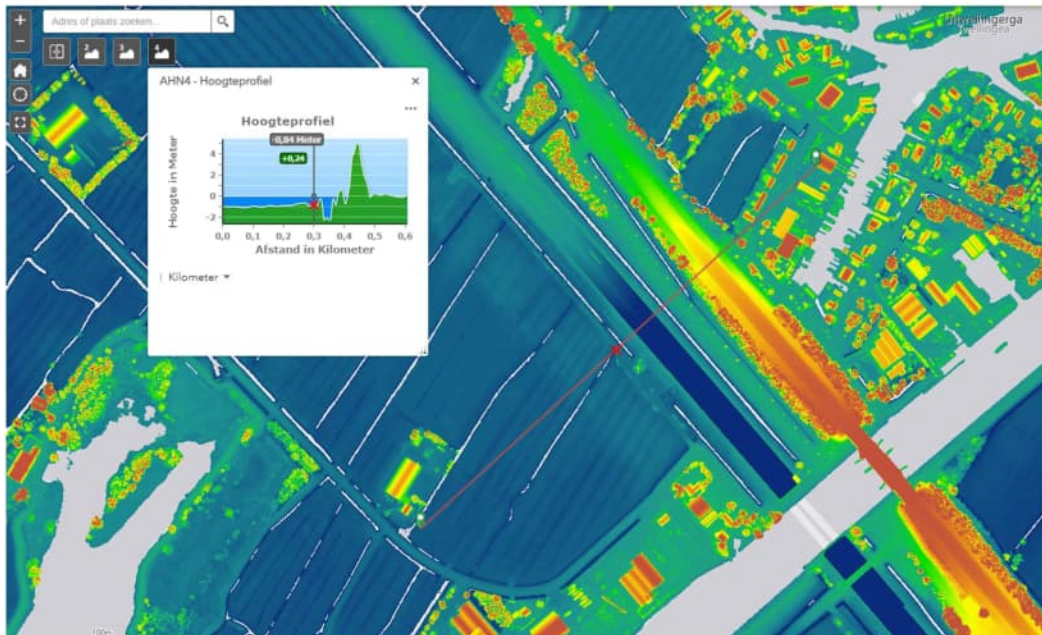
2.1.2 Bebouwing

In de directe omgeving van de tunnel en de omhooggekomen moot 26 is in beperkte mate bebouwing aanwezig. In onderstaande figuur is de bebouwing weergegeven binnen een straal van 400 m vanaf tunnelmoot 26.



Figuur 2-6: Aanwezige bebouwing in de omgeving van tunnelmoot 26

De maaiveldhoogte is voornamelijk afgeleid uit het AHN4 (Algemeen Hoogtebestand Nederland). Ten behoeve van de modelschematisatie is een lenteprofiel geconstrueerd ongeveer haaks op de Prinses Margrietunnel ter plaatse van de noordelijke toerit. In dit gebied bevindt zich tevens de meeste bebouwing.



Figuur 2-8: Hoogte profiel gegenereerd uit AHN4, op basis waarvan de maaiveldhoogte voor de modelschematisatie bepaald is.

2.1.4 Gebruikte parameters

Voor het berekenen van de optredende zettingen als gevolg van de voorziene bemaling is gebruik gemaakt van de resultaten van de in het verleden (aanleg Prinses Margrietunnel) uitgevoerd laboratorium onderzoek, waarbij met name zettingsparameters bepaald zijn ten behoeve van de methode Koppejan.

De zettingsparameters zijn destijds met name bepaald voor de veenlaag en de laag Drenthe klei c.q. Keileem laag. Vanwege het ontbreken van gegevens/parameters betreffende het consolidatie verloop, waarmee het zettingsverloop in de tijd berekend kan worden (C_v -waarden; consolidatiecoëfficiënt), is, vanwege de beschikbaarheid, gebruik gemaakt van bij Deltares aanwezige gegevens/informatie uit proeven die destijds met name zijn uitgevoerd in de Krimpener- en Alblasserwaard.. De consolidatie parameters voor het veen zullen vermoedelijk vergelijkbaar zijn, Voor de keileem-laag, zijn de parameters gebruikt die beschikbaar zijn voor de geologische laag Gorkum-zwaar, een zandige kleilaag met vermoedelijk vergelijkbare waarden als die van de keileem-laag.

BORING	MONSTER	DIEPTTE IN M T N.A.P.	GRONDSOORT	VOL GEWICHT IN t/m ³			CELPROEFRESULTAAT				SAMENDRUKKINGSCONSTANTEN					DOORLATEND HEID	C WAARDEN t/m ² /dag	
				SA	CEL	VO	ψ	c'	ψ	C	$1/C_0$	$1/C_0$	P_0 IN kg/cm ²	$1/C_0$	$1/C_0$		K (MPA)	C_0
010	48	2,45" - 2,75"	zand met teelzand															
010	49	2,45" - 2,75"	zand zandvulling															
010	51	2,90" - 3,10"	klei sterk kleilindend	2,07			9 ⁰ 35'	0,000	25 ⁰ 31'	0,000								
010	52	4,45" - 6,75"	zand met kleilindend	2,04														
010	53	7,90" - 7,90"	klei leem	2,06	2,24		2 ⁰ 11'	0,011	34 ⁰ 31'	0,000	30,3	102,9	0,24	31,0	102,4		13,2	34,0
010	55	9,45" - 2,75"	klei leem	2,05	2,21		1 ⁰ 11'	0,000	27 ⁰ 15'	0,000	30,1	103,9	0,24	33,6	102,9		30,3	39,8
010	57	11,90" - 11,90"	klei leem	2,08			0 ⁰ 32'	0,103	36 ⁰ 44'	0,003								
010	58	12,45" - 12,75"	zand															
010	59	4,20" - 4,40"	zand															
010	60	4,20" - 4,15"	klei, sterk kleilindend															
010	62	8,00" - 8,30"	klei leem	2,21			2 ⁰ 31'	0,042	25 ⁰ 01'	0,001								
011	30	8,00" - 8,30"	klei leem	2,07	2,21		4 ⁰ 15'	0,042	32 ⁰ 14'	0,004								
011	71	9,00" - 9,30"	klei leem	2,05							117,9	382,0	0,27	77,3	311,3		31,8	30,8
011	72	10,00" - 10,30"	klei leem	2,23			2 ⁰ 31'	0,030	33 ⁰ 21'	0,000								
011	73	11,00" - 11,35"	klei leem	1,98							81,4	247,9	0,24	33,1	104,7		14,1	34,2
011	74	12,00" - 12,30"	klei leem	2,12							216,2	318,2	1,03	30,4	224,4		87,7	85,4
011	75	2,00" - 2,40"	zand met wat rietstronk															
011	76	3,00" - 3,30"	zand lichte kleilindend	1,95			24 ⁰ 11'	0,000	30 ⁰ 21'	0,000								
011	78	8,00" - 8,40"	klei leem	2,25			3 ⁰ 31'	0,041	30 ⁰	0,000								
011	80	10,00" - 10,30"	klei leem	2,23														
011	82	12,30" - 12,70"	zand kleilindend															
022	84	1,15" - 1,35"	klei met rietstronk	1,43			13 ⁰ 09'	0,077	30 ⁰ 31'	0,006								
022	85	2,15" - 2,35"	zand met rietstronk	1,07			14 ⁰ 20'	0,000	34 ⁰ 12'	0,000								

Figuur 2-9: Overzicht laboratoriumparameters, onderzoek 1973

Op basis van de historische gegevens zijn de volgende (beschikbare) parameters bepaald en gebruikt voor het uitvoeren van de zettingsberekeningen. Zie Tabel 2-1. Voor de berekeningen zijn de (gemiddelde)waarden gebruikt van de "gekleurde grondlagen/-soorten.

Grondsoort/afzetting	vol. Gew (kN/m ²)	C _p	C _s	C' _p	C' _s	C ₁	C ₂	C _v (m ² /s)
Leem/klei (99+116)	20/20	60,3	343,9	39,8	1040,9	35,0	32,4	2,80E-07
Keileem (98+117+118)		110,9	433,3	64,6	418,7	54,5	38,4	
Keileem (97+98+117+118)	21/21	112,8	430,0	66,5	405,9	54,8	38,9	2,80E-07
Veen (94)		37,4	116,8	5,6	260,4	16,4	5,2	
Veen (93+94+111)		74,8	230,3	5,0	197,2	32,5	4,4	
Veen (94+111)	10,5/10,5	74,2	217,9	5,1	263,7	31,4	4,7	4,30E-07
klei/ob	16/16	70,5	167,1	10,7	50,1	26,2	5,8	4,76E-06
Zand	18/20	>>	>>	1000	4000			1,00E+00

Tabel 2-1: Overzicht gebruikte parameters t.b.v. zettingsberekeningen

Achteraf heeft nog een controle plaatsgevonden van overige beschikbare samendrukkingsparameters van met name de Keileem laag. Dit heeft echter geen consequenties voor de gehanteerde waarden, die gebaseerd zijn op het gemiddelde van de aangegeven proeven/monsters.

2.2 Bemalingsgegevens en grondwaterstand

De berekende en optredende zettingen worden veroorzaakt door daling van de grondwaterstand en waterspanningen in de ondergrond als gevolg van de bemaling. De daling van de waterspanningen veroorzaakt een toename van korrelspanning in de ondergrond, waardoor zettingsgevoelige lagen, conform de zettingstheorie samengedrukt worden. De uitkomsten van de uitgevoerde bemalingsberekeningen geven contourlijnen met verlaging van grondwaterstanden c.q. -spanningen voor de volgende situaties:

- De freatische grondwaterstand
- Verlaging in de zandlaag boven de pleistocene klei (NAP -3/-8m).
- Verlaging in de zandlaag onder de pleistocene klei (NAP -13/-29 m)
- Verlaging in de diepere zandlaag (NAP < -33 m)

De bemaling is voor 2 situaties berekend:

1. Bemaling lokaal bij moot 26 bemalen wordt tot onderzijde van de tunnelvloer op NAP - 10,3 m.
2. Bemaling tot een waterdrukverlaging langs de gehele onderzijde van de tunnelbak van tenminste 1 à 2 m (tot circa NAP -3 m).

De optredende zettingen zijn afhankelijk van de mate van grondwaterstands- en waterspanningsdalingen. Derhalve zullen de zettingen bij een uniforme ondergrond globaal de contourlijnen volgen van de waterstandsdalingen uit het bemalingsadvies. Voor de 2 berekende situaties zijn die navolgend weergegeven.

2.2.1 Grondwaterstanden

Voor wat betreft de grondwaterstanden en stijghoogten in de watervoerende pakketten is onder andere gebruik gemaakt van de gegevens uit het bemalingsadvies en daarnaast zijn grondwater gegevens geraadpleegd van de Geologische Dienst Nederland via de website: <https://www.grondwatertools.nl/gwsinbeeld/>

Uit raadpleging van de gegevens blijkt dat globaal in het gebied ten zuidwesten van de noordelijke toerit de grondwaterstand NAP -1,20 m à -1,40 m bedraagt. Ten zuidwesten van de zuidelijke toerit is de grondwaterstand circa NAP -1,40 m à -1,60 m.

Aan de noordoostzijde van de noordelijke toerit is de grondwaterstand iets hoger; circa NAP -1,0 m à -1,20 m. Dit geldt ook voor de noordoostzijde van de zuidelijke toerit, waar de grondwaterstand ook ongeveer NAP -1,0 m à -1,20 m bedraagt.

In de tussenzandlaag en in het diepere (pleistocene) zand varieert de stijghoogte aan de noordzijde van tunnel iets ten opzichte van de zuidzijde. Aan de noordzijde bedraagt de stijghoogte in de zandlagen ongeveer NAP -1,30 m à -1,20 m en aan de zuidzijde NAP -1,30 m à -1,50 m.

Voor de zettingsberekeningen is uitgegaan van (conservatieve) waarden van de waterstanden van:

- Grondwaterstand op NAP -1,10 m
- Waterspanning in de zandlagen (zowel de tussenzandlaag als het diepere pleistocene zand): NAP -1,25 m



Figuur 2-10: Overzicht grondwaterstanden via Geologische Dienst Nederland

2.2.2 Bemaling moot 26 (lokaal) tot NAP -10,3 m

Omdat de bemaling lokaal plaatsvindt (putbemaling op 4 punten) zijn de contourlijnen met gelijke waterstandsdeling in het algemeen vrij cirkelvormig.

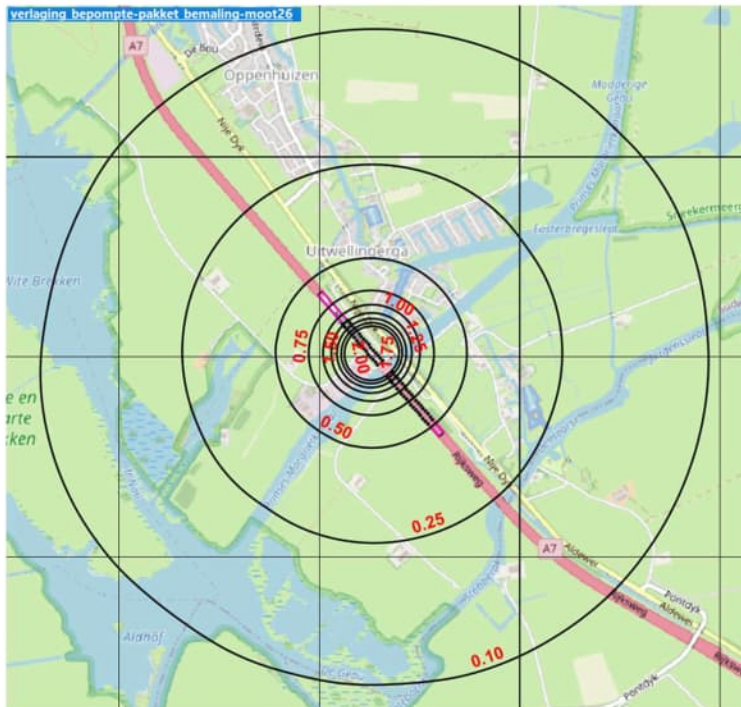
In de navolgende figuren zijn de contourlijnen weergegeven van de waterstandsdingen als gevolg van een lokale (put)bemaling ter plaatse van de omhoog gekomen moot 26. De bemaling betreft een onttrekking tot onderzijde van de tunnelvloer op NAP -10,3 m. Het hiervoor benodigde afpompniveau in de putten bedraagt circa NAP -16 m.



Figuur 2-11: Daling grondwaterstand als gevolg van bemaling moot 26 tot NAP -10,3 m



Figuur 2-12: Daling waterspanning in tussenzandlaag (boven Keileem) als gevolg van bemaling moot 26 tot NAP -10,3 m



Figuur 2-13: Daling waterspanning in pleistocene zand tot circa NAP -30 m als gevolg van bemaling moot 26 tot NAP -10,3 m

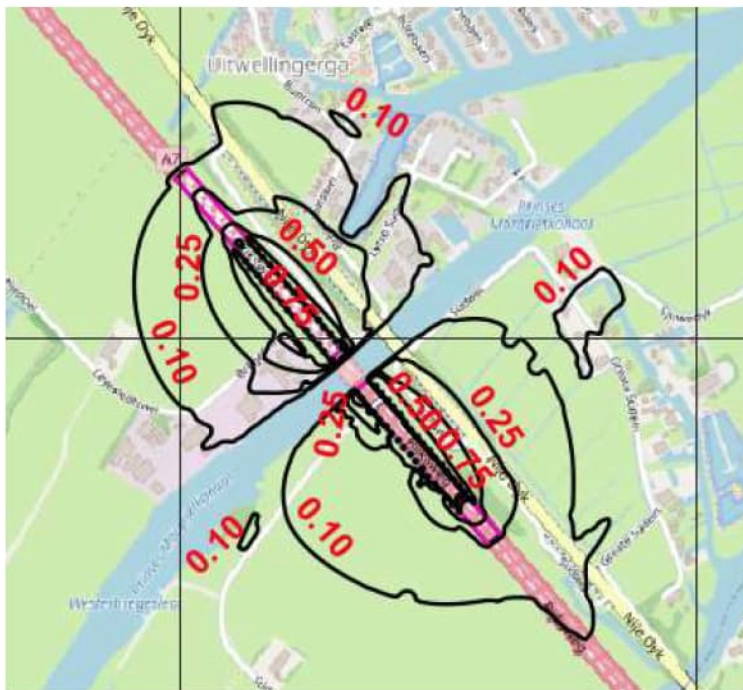
2.2.3 Bemaling tunnelbak tot NAP -3 m

Omdat de bemaling over een grotere lengte plaatsvindt zijn de contourlijnen van gelijke waterstandsdeling meer langgerekt en ovaalvormig.

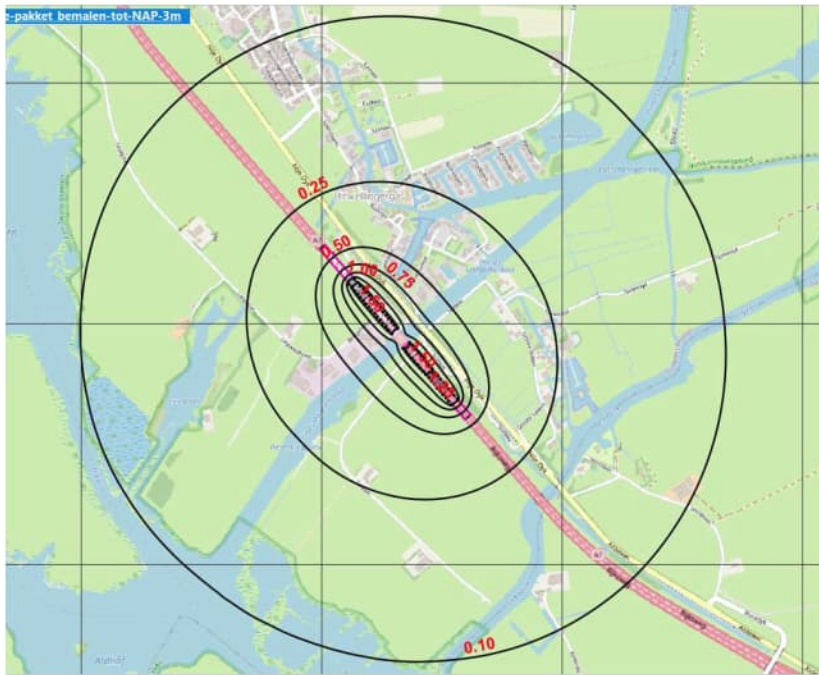
In de navolgende figuren zijn de contourlijnen weergegeven van de waterstandsdelingen als gevolg van een bemaling van de tunnelbak tot circa NAP -3 m.



Figuur 2-14: Daling grondwaterstand als gevolg van bemaling tunnelbak tot NAP -3 m



Figuur 2-15: Daling waterspanning in tussenzandlaag (boven Keileem) als gevolg van bemaling tunnelbak tot NAP -3 m



Figuur 2-16: Daling waterspanning in pleistocene zand tot circa NAP -30 m als gevolg van bemaling tunnelbak tot NAP -3 m

2.3 Berekende zetting situaties

Op basis van voorgaande, berekende grondwaterstands- en waterspanningsverlagingen in de verschillende relevante lagen zijn de volgende situaties bepaald op basis waarvan de zettingsberekeningen zijn uitgevoerd. Deze situaties betreffen in principe een aantal globale afstanden vanaf de bemaling waar zettingen ten gevolge van de waterstands dalingen optreden.

2.3.1 Zettingen ten gevolge van (put)bemaling, moot 26 tot NAP -10,3 m

De zettingen zijn berekend voor de volgende situaties, c.q. afstanden vanaf de putbemaling:

- A. Zettingen op globaal 400 m afstand, met een grondwaterstands daling van 0,10 m, een waterspanningsdaling in de tussenzandlaag van 0,20 m en in het diepere zand (pleistoceen) 0,40 m.
- B. Zettingen op globaal 250 m afstand, met een grondwaterstands daling van 0,25 m, een waterspanningsdaling in de tussenzandlaag van 0,50 m en in het diepere zand (pleistoceen) 1,0 m.
- C. Zettingen op globaal 150 m afstand, met een grondwaterstands daling van 0,50 m, een waterspanningsdaling in de tussenzandlaag van 1,0 m en in het diepere zand (pleistoceen) 1,5 m.
- D. Zettingen op globaal 100 m afstand, met een grondwaterstands daling van 1,25 m, een waterspanningsdaling in de tussenzandlaag van 1,5 m en in het diepere zand (pleistoceen) 2,0 m.

2.3.2 Zettingen ten gevolge van bemaling tunnelbak tot NAP -3,0 m

Omdat de bemaling van de tunnelbak over een grotere lengte plaatsvindt zijn de contourlijnen meer langgerekt en ovaalvormig. De aangegeven afstanden betreffen dan ook de afstanden meet loodrecht op de toeritten en de tunnelbak.

De zettingen zijn berekend voor de volgende situaties, c.q. afstanden vanaf de bemaling van de tunnelbak.

- A. Zettingen op globaal 300 m afstand, met een grondwaterstandsdeling van 0,10 m, een waterspanningsdeling in de tussenzandlaag van 0,20 m en in het diepere zand (pleistoceen) 0,40 m.
- B. Zettingen op globaal 150 m afstand, met een grondwaterstandsdeling van 0,25 m, een waterspanningsdeling in de tussenzandlaag van 0,25 m en in het diepere zand (pleistoceen) 0,75 m.
- C. Zettingen op globaal 50 m afstand, met een grondwaterstandsdeling van 0,50 m, een waterspanningsdeling in de tussenzandlaag van 0,75 m en in het diepere zand (pleistoceen) 1,25 m.

3 Berekeningsresultaten Zettingen

Zoals aangegeven zijn de optredende zettingen berekend voor de twee aangegeven bemalingssituaties en voor een tijdsduur van zowel 3 maanden bemalen (100 dagen) als 6 maanden bemalen (200 dagen).

Afhankelijk van de opbouw en samenstelling van de ondergrond zal er meer of minder zetting optreden. Op basis van de opgestelde modelschematisatie is in het overzicht met de berekende zettingen onderscheid gemaakt in de grondopbouw/verticaal waar de meeste zetting optreedt en waar de minste zetting optreedt.

3.1 Resultaten zettingsberekeningen

In onderstaande tabel zijn de berekende zettingen weergegeven voor de verschillende afstanden vanaf de bemaling en voor bemalingsperioden van 100 en 200 dagen (3 en 6 maanden).

Berekende situatie bemaling Afstanden vanaf de bemaling	Maximale Zetting [m] na 3 mnd.	Minimale Zetting [m] na 3 mnd.	Maximale Zetting [m] na 6 mnd.	Minimale Zetting [m] na 6 mnd.
Putbemaling NAP -10,3 m 400 m	0,012	0,004	0,013	0,005
Putbemaling NAP -10,3 m 250 m	0,026	0,010	0,030	0,011
Putbemaling NAP -10,3 m 150 m	0,044	0,017	0,050	0,019
Putbemaling NAP -10,3 m 100 m	0,062	0,023	0,072	0,026
Bemaling tunnelbak NAP -3 m 300 m	0,012	0,004	0,013	0,005
Bemaling tunnelbak NAP -3 m 150 m	0,023	0,008	0,026	0,009
Bemaling tunnelbak NAP -3 m 50 m	0,038	0,014	0,044	0,016

Tabel 3-1: Overzicht berekende zettingen

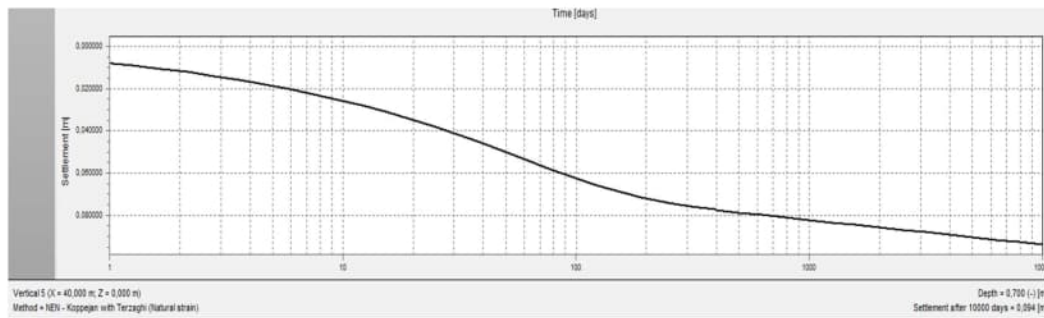
3.2 Zettingsverloop in de tijd

In de berekeningen is rekening gehouden met het zettingsverloop in de tijd. Mede als gevolg van de aanwezigheid van een tussenzand laag en de relatief dunne samendrukbare lagen, zal het consolidatie proces vrij snel verlopen en zullen de zettingen relatief snel in de tijd optreden.

Uit de berekeningen blijkt, dat:

- na 3 maanden bemaling (100 dagen) zettingen optreden die in de orde liggen van 65 % van de totale berekende eindzetting na 10.000 dagen (circa 30 jaar).
- Na 6 maanden bemalen bedraagt de opgetreden zetting ongeveer 75 % van de totale berekende eindzetting.

In onderstaande figuur is het tijdzettingsverloop weergegeven voor de maximaal berekende zetting bij de (put)bemaling (tot NAP -10,3 m) van moot 26, op een afstand van circa 100 m. Dit beeld van het zettingsverloop in de tijd is voor alle uitgevoerde berekeningen ongeveer gelijk.



Figuur 3-1: Zettingsverloop in de tijd voor putbemaling moot 26 op circa 100 m afstand.

4 Mogelijk optreden van schade aan bebouwing

Een belangrijk aspect in het beoordelen van zettingsschade bij bebouwing is de funderingswijze. Funderingen op staal zijn gevoeliger voor zettingsverschillen dan funderingen op palen. Wij hebben in dit stadium geen overzicht van de funderingswijze van de bebouwing. Daarom gaan we er in deze analyse conservatief van uit dat de bebouwing op staal is gefundeerd en bovendien dat de fundering op maaiveld staat.

Verskil in maaiveld zetting ter plaatse van de aanwezige bebouwing kan leiden tot een rotatie over verschilrotatie in het gebouw. Een verschil in maaiveldzetting kan komen door een verschil in grondopbouw over een relatief korte afstand ter plaatse van de woning.

De meeste bebouwing is gelegen op 150 m of meer van de tunnel. Bij de zwaarste bemaling, gedurende 6 maanden (bemaling van moot 26) is de maximale zetting op 100 m 7,2 cm en op 150 m 5 cm.

Voor de mogelijke verschilzetting gaan wij normaliter uit van 25% van de maximale zetting. Dit is op 150 m afstand: $25\% \cdot 5 \text{ cm} = 1,25 \text{ cm}$. Bij een gebruikelijke afstand waarover de zettingshelling bepaald wordt van 5 m is dit een rotatie van 1:400.

Op 100 m afstand bedraagt de rotatie over 5 m circa 1:280.

De afstand van 5 m is een gemiddelde afstand voor woningen tussen 2 muren. Indien nodig kan een andere afstand aangehouden worden.

In de Handreiking voor het ontwerpen van rivierdijken, maar ook in CUR 162:2022; Construeren met grond, is op basis van zettingen en daaruit volgende zettingshellingen voor bebouwing op staal een indeling gemaakt in schade categorieën:

- zettingshelling $> 1 : 100$, ernstige schade (AM), risico's voor bewoners niet uitgesloten, veelal moet worden overgegaan tot amoveren
- zettingshelling $1 : 100$ à $1 : 250$, constructieve schade (CS), kans op grotere repareerbare schade, geen risico voor de bewoners
- zettingshelling $1 : 250$ à $1 : 500$, esthetische schade (ES), kans op eenvoudig repareerbare schade
- zettingshelling $< 1 : 500$, geen schade (GS).

Volgens deze inschatting kan er bij de bebouwing, die op staal gefundeerd is, op 100 m à 200 m afstand esthetische schade ontstaan. Gedacht moet worden aan kleine scheuren. Deze zijn eenvoudig te repareren. Op grotere afstand wordt geen schade verwacht.

Op 100 meter ten zuiden van de tunnel staat een schuur. Deze stond er in 1975 ook en had toen schade. De schade is niet apart beschreven in het destijds gemaakte rapport, dus het zal waarschijnlijk om esthetische schade gaan. Ter plaatse van deze schuur kan, gezien de afstand tot de bemaling, dit nu ook weer optreden. De kans op schade is wel kleiner dan in 1975/1976 omdat de grond is voorbelast en de bemaling minder lang duurt.

Constructieve schades aan bebouwing zijn niet te verwachten, daarvoor moeten de zettingsverschillen veel groter zijn.

Op circa 150 meter ten noorden van de tunnel is een gasleiding aanwezig. Onze inschatting is dat deze leiding de berekende zettingen kan volgen zonder dat er schade optreedt. Het is wel mogelijk dat er problemen ontstaan bij de onderdoorgang van de gasleiding (zinker) onder het Prinses Margrietkanaal. Dit moeten we nog onderzoeken.

5 Conclusie

Voor 2 bemalingsscenario's zijn zettingen berekend.

De zettingen ten gevolge van een putbemaling van moot 26, gedurende 6 maanden, (bemaling tot onderzijde van de tunnelmoot; NAP -10,3 m) zijn het grootst. Deze zijn daarom beschouwd.

De berekende zettingen kunnen leiden tot schade aan bebouwing. Dit is met name het geval als er sprake is van verschilzetting over relatief korte afstand.

De meeste bebouwing is gelegen op 200 m of meer van de tunnel. Op een afstand tussen 100 en 200 m kan door de berekende zetting mogelijk esthetische schade aan bebouwing ontstaan. Dit geldt dus ook voor de schuur, die op circa 100 m ten zuiden van de tunnel/bemaling staat en destijds bij de aanleg ook schade heeft opgelopen.

Op grotere afstand is geen zettingsschade te verwachten. Esthetische schade is lichte, eenvoudig repareerbare schade.

Gezien de afstanden van de bebouwing tot de bemaling zijn er geen constructieve schades te verwachten.

Uit deze berekeningen concluderen wij dat de invloed van de bemaling en het daaruit volgende risico op schade aan bebouwing als gevolg van zettingen in de omgeving van de tunnel uiterst gering is.

De bemaling moet daarom als serieuze optie worden overwogen.

Datum
6 februari 2023

Ons kenmerk
11209150-003-GEO-0003

Pagina
19 van 19

Kopie aan
(Intern Deltares)