

ONDERWERP
Voorbelastingadvies Zeeheldenwijk

ONZE REFERENTIE
D10065059:28

DATUM
27 november 2024

VAN
Nikolaos Mastoropoulos

AAN
Patrick de Groot

KOPIE AAN
Rik Bisschop, Robbin Wesstein

1. INLEIDING

Voor de aanleg van fase 1, 2, 3 en 4 van de nieuwe woonwijk Zeeheldenwijk in de Gemeente Urk is door Arcadis een voorbelastingadvies uitgewerkt. Het voorbelastingadvies betreft het geotechnisch advies ten aanzien van de te verwachten zettingen en de benodigde maatregelen om ervoor te zorgen dat wordt voldaan aan de restzettingseisen tijdens de beheerfase. Inmiddels zijn er binnen de Zeeheldenwijk verschillende uitgangspunten gewijzigd en in deze memo is de invloed van deze wijzigingen op de te verwachten zetting en benodigde voorbelasting onderzocht. De gewijzigde uitgangspunten hebben betrekking op fase 2.

De (gewijzigde) uitgangspunten voor dit advies zijn beschreven in Hoofdstuk 3. Hoofdstuk 4 bevat de resultaten van de zettingsberekeningen. De berekeningsresultaten zijn in Hoofdstuk 5 geïnterpreteerd en aan de hand hiervan is het gewijzigde voorbelastingadvies opgesteld. Binnen de Zeeheldenwijk zijn in 2023 zand- en gronddepots aangelegd. Deze zijn in Hoofdstuk 6 behandeld.

2. REFERENTIES

De volgende referentiedocumenten zijn gehanteerd:

- [REF1] Voorbelastingadvies Zeeheldenwijk – Fase 1B7, 2, 3 en 4 – Gemeente Urk”, rapport van Arcadis met kenmerk 083997936, d.d. 28 oktober 2019;
- [REF2] Tekening van Arcadis Situatie Zeeheldenwijk Urk Peilenplan, Peilenplan Schokkershoek, d.d. 30 oktober 2019;
- [REF3] Input gewijzigde uitgangspunten en planning uit mail communicatie met de opdrachtgever.

3. UITGANGSPUNTEN

In het voorbelastingadvies Zeeheldenwijk – Fase 1B7, 2, 3 en 4 [REF1] is de wijk opgedeeld in verschillende vakken en zijn per vak zettingsberekeningen uitgevoerd voor de functies infrastructuur en achtertuin (inclusief groenstroken) op basis van een partiële ophoging. Bij een partiële voorbelasting wordt het terrein (per vak) voorbelast waarbij de voorbelasting wordt afgestemd op de functie. Inmiddels zijn er voor verschillende vakken van fase 2 wijzigingen in de uitgangspunten, namelijk;

1. Nieuwe vakindeling [REF3];
2. Peilenplan conform [REF2], ophoging niet meer integraal [REF3];
3. Restzettingseis afhankelijk van functie [REF3];
4. Beschikbare voorbelasting tijd conform aangepaste planning [REF3].

1. Nieuwe vakindeling

De vakindeling is aangepast conform onderstaande figuur.



Figuur 1 Aangepaste vakindeling fase 2 Zeelandse Wijk

2. Peilenplan

In het peilenplan heeft de functie infrastructuur een toekomstig niveau dat gelijk is aan de ashoogte en de functie tuinen komt op een toekomstig niveau van het vloerpeil. De tuinen zullen worden opgehoogd met klei uit de ontgravingen (volumiek gewicht 15,5 kN/m³). De infrastructuur zal worden voorbelast met zand (volumiek gewicht 18,0 kN/m³).

Voor de belasting op de toekomstige infrastructuur is de verhardingsopbouw van de infrastructuur maatgevend. De verhardingsopbouw is in totaal 1,13 m dik en bestaat uit:

- Klinkers 0,08 m (21,6 kN/m³)
- Straatzand 0,05 m (18,0 kN/m³)
- Menggranulaat 0,40 m (18,6 kN/m³)
- Ophoogzand 0,60 m (18,0 kN/m³)

De toplaag van de bestaande grondopbouw wordt onder de toekomstige infrastructuur afgegraven t.b.v. het wegcunet waarna de voorbelasting (zand) wordt aangebracht. Het gewicht van de toplaag is voor het gehele gebied gelijk aangehouden. Hiervoor is het gemiddelde van de gemeten gewichten van de toplaag aangehouden, namelijk 15,5 kN/m³ (klei zwak siltig).

De huidige maaiveldhoogtes en de toekomstige planpeilen per vak zijn in tabel 1 gepresenteerd.

3. Restzettingseis

- Functie infrastructuur: 0,10 m in 30 jaar
- Functie tuinen: 0,30 m in 30 jaar

4. Beschikbare voorbelastingtijd

De berekeningen zijn uitgevoerd voor 2 scenario's:

- Voorbelastingtijd 180 dagen
- Voorbelastingtijd 270 dagen

In Tabel 1 is een overzicht van de uitgangspunten per vak gegeven.

Vak	Functie	Gem. huidig maaiveld [m NAP]	Gem. toekomstig maaiveld [m NAP]	Netto ophoging [m]	Restzettingseis [m]
2.1.1	Infrastructuur	-4,30	-4,00	0,30	0,10
2.1.1	Tuinen	-4,30	-3,70	0,60	0,30
2.1.2	Infrastructuur	-4,25	-3,90	0,35	0,10
2.1.2	Tuinen	-4,25	-3,60	0,65	0,30
2.3.1	Infrastructuur	-4,30	-4,00	0,30	0,10
2.3.1	Tuinen	-4,30	-3,70	0,60	0,30
2.3.2	Infrastructuur	-4,30	-4,00	0,30	0,10
2.3.2	Tuinen	-4,30	-3,70	0,60	0,30

Tabel 1 Uitgangspunten overzicht

Waterpeil

In de gehele Zeeheldenwijk is volgens het peilenplan het streefpeil NAP -5,7 m. In het gehele gebied is de gemiddelde grondwaterstand aangehouden op NAP -5,7 m. Alle overige uitgangspunten zijn overgenomen uit het adviesrapport [REF1].

4. RESULTATEN ZETTINGSBEREKENINGEN

Voor de zettingsberekeningen is het programma Statistical Soil Analyses Tool gebruikt. Het programma S.S.A.T. is ontwikkeld om tijdsafhankelijke zettingen in de ondergrond op probabilistische wijze te berekenen. Deze methode maakt het mogelijk de zekerheid van de uitkomsten weer te geven, door het meenemen van de onzekerheden in de invoer. Met deze methode worden de risico's en onzekerheden bij het geven van geotechnische adviezen beter in beeld gebracht. Dit maakt de risico's voor de opdrachtnemer en opdrachtgever inzichtelijker. Het programma is geschikt voor de predictie van zettingen in een 1D situatie ten gevolge van verschillende belastingen. Het programma maakt hierbij gebruik van het NEN Koppejan-model met Terzaghi. Additionele opties zijn het meenemen van de effecten van verticale drainage en overhoogte. Bovendien kan het programma de effecten van overhoogte als functie van de tijd weergeven bij gelijke kanslijnen.

De berekeningen uit het adviesrapport [REF1] zijn aangepast conform de gewijzigde uitgangspunten. In Tabel 2 is een overzicht van de resultaten van de zettingsberekeningen per vak weergegeven. Per vak is de eindzetting na 30 jaar met een 50% overschrijdingskans (eindzetting 50%) en 10% overschrijdingskans (eindzetting 10%) weergegeven. Deze eindzetting is bepaald als gevolg van de toekomstige belasting. De kans is dus 90% dat de eindzetting kleiner zal zijn dan de waarde in de kolom onder "eindzetting 10%". Aan de hand van deze resultaten is in het volgende hoofdstuk advies gegeven over de te nemen maatregelen per vak.

Opgemerkt wordt dat voor de functie infrastructuur rekening is gehouden met de toekomstige belasting als gevolg van het graven van de cunetten en de aanleg van de verharding. Dit is meegenomen in de berekeningen als een aanvullende ophoging van zand.

Vak	Functie	Eindzetting 50% [m]	Eindzetting 10% [m]
2.1.1	Infrastructuur	0,26	0,67
2.1.1	Tuinen	0,33	0,69
2.1.2	Infrastructuur	0,13	0,27
2.1.2	Tuinen	0,15	0,28
2.3.1	Infrastructuur	0,44	1,13
2.3.1	Tuinen	0,52	1,13
2.3.2	Infrastructuur	0,26	0,67
2.3.2	Tuinen	0,33	0,69

Tabel 2 Resultaten zettingsberekening als functie van de overschrijdingskans

5. VOORBELASTINGADVIES

In dit hoofdstuk is per vak een voorbelastingadvies gegeven aan de hand van de berekeningsresultaten. Voor sommige vakken is de gemiddelde eindzetting (eindzetting 50%) klein genoeg om zonder maatregelen te voldoen aan de restzettingseis. Om meer zekerheid te krijgen is het voorbelastingadvies opgesteld aan de hand van de berekeningsresultaten met een overschrijdingskans van 10%. Dit betekent dat de kans ca. 90% is dat de restzettingseis gehaald wordt bij de geadviseerde maatregelen. Voor elk vak is per functie een berekening uitgevoerd. Er wordt geadviseerd om de zettingen te monitoren m.b.v. zakbaken.

Voor de dikte van een eventuele voorbelasting ter plaatse van de tuinen en infrastructuur is uitgegaan van een zettingscompensatie welke gelijk is aan de gemiddelde zetting over 30 jaar. Tijdens de voorbelasting periode zal gemiddeld gezien minder zetting optreden omdat er nog enige restzetting mag optreden. Dit betekent dat, met name voor de tuinen, er een gereede kans bestaat dat grond afgevoerd moet worden om de tuinen op de juiste hoogte af te werken na de voorbelasting.

Vak 2.1.1

Volgens de resultaten is de kans ca. 90% dat de restzettingseisen voor beide functies gehaald worden, wanneer de toekomstige belasting 2000 dagen (infrastructuur) en 200 dagen (tuinen) op de locaties ligt, zonder extra overhoogte

Uit de bepaling van de benodigde extra overhoogte voor vak 2.1.1 blijkt dat een extra overhoogte niet nodig is voor de tuinen. Inclusief zettingscompensatie voldoet de voorbelasting binnen 180 dagen aan de restzettingseis.

Verder is volgens de resultaten de kans ca. 90% dat de restzettingseis voor de infrastructuur gehaald wordt bij een extra overhoogte van 0,50 m gedurende 270 dagen of 0,75 m gedurende 180 dagen in combinatie met de toekomstige belasting en de zettingscompensatie. Hierbij dient eerst het cunet gegraven te worden.

Vak 2.1.2

Volgens de resultaten is de kans ca. 90% dat de restzettingseis voor de functie tuinen gehaald wordt zonder extra maatregelen. Voor de functie infrastructuur wordt de restzettingseis gehaald wanneer de toekomstige belasting 400 dagen op de locatie ligt.

Er wordt daarom geadviseerd om vak 2.1.2 functie tuinen op te hogen naar de geplande aanleghoogte inclusief zettingscompensatie. Er is geen wachttijd nodig.

Uit de bepaling van de benodigde extra overhoogte voor vak 2.1.2 functie infrastructuur blijkt dat een extra overhoogte niet nodig is. De zettingscompensatie zorgt ervoor dat de benodigde voorbelastingtijd op maximaal 180 dagen uitkomt. Hierbij dient eerst het cunet gegraven te worden.

Vak 2.3.1

Volgens de resultaten is de kans ca. 90% dat de restzettingseisen voor beide functies gehaald worden, wanneer de toekomstige belasting 4500 dagen (infrastructuur) en 1200 dagen (tuinen) op de locaties ligt.

Volgens de resultaten is de kans ca. 90% dat de restzettingseis voor de tuinen gehaald wordt bij een extra overhoogte van 0,30 m gedurende 270 dagen of 0,50 m gedurende 180 dagen in combinatie met de toekomstige belasting en de zettingscompensatie.

Verder is volgens de resultaten de kans ca. 90% dat de restzettingseis voor de infrastructuur gehaald wordt bij een extra overhoogte van 0,75 m gedurende 270 dagen of 1,00 m gedurende 180 dagen in combinatie met de toekomstige belasting. Hierbij dient eerst het cunet gegraven te worden.

Vak 2.3.2

Volgens de resultaten is de kans ca. 90% dat de restzettingseisen voor beide functies gehaald worden, wanneer de toekomstige belasting 2000 dagen (infrastructuur) en 200 dagen (tuinen) op de locaties ligt.

Uit de bepaling van de benodigde extra overhoogte voor vak 2.3.2 blijkt dat een extra overhoogte niet nodig is voor de tuinen. De zettingscompensatie zorgt ervoor dat de benodigde voorbelastingtijd 180 dagen is.

Verder is volgens de resultaten de kans ca. 90% dat de restzettingseis voor de infrastructuur gehaald wordt bij een extra overhoogte van 0,50 m gedurende 270 dagen of 0,75 m gedurende 180 dagen in combinatie met de toekomstige belasting en de zettingscompensatie. Hierbij dient eerst het cunet gegraven te worden.

Vak	Functie	Ontgraving [m NAP]	Tijdelijke extra overhoogte [m]	Totale ophoging [m]	Bovenzijde ophoging [m NAP]	Tijdsduur [dagen]	Opgetreden zetting*** [m]
2.1.1*	Infrastructuur	-5,13	0,50	1,20	-3,10	270	0,38
2.1.1*	Infrastructuur	-5,13	0,75	1,45	-2,85	180	0,38
2.1.1*	Tuinen	-	0,00	0,93	-3,37	180	0,22
2.1.2**	Infrastructuur	-5,03	0,00	0,62	-3,63	180	0,13
2.1.2**	Tuinen	-	0,00	0,80	-3,45	0	-
2.3.1	Infrastructuur	-5,13	0,75	1,63	-2,67	270	0,67

2.3.1	Infrastructuur	-5,13	1,00	1,88	-2,42	180	0,67
2.3.1	Tuinen	-	0,30	1,42	-2,88	270	0,53
2.3.1	Tuinen	-	0,50	1,62	-2,68	180	0,53
2.3.2	Infrastructuur	-5,13	0,50	1,20	-3,10	270	0,38
2.3.2	Infrastructuur	-5,13	0,75	1,45	-2,85	180	0,38
2.3.2	Tuinen	-	0,00	0,93	-3,37	180	0,22

Tabel 3 Voorbelastingadvies overzicht

Opmerking: de bovenzijde van de ophoging kan naar boven worden afgerond naar een nauwkeurigheid van 5 of 10 cm.

*Gronddepot deels aanwezig, zie H6.

**Gronddepot bijna volledig aanwezig, zie H6.

***Opgetreden zetting na voorbelasting.

6. ZAND- EN GRONDDEPOTS ZEEHELDENWIJK

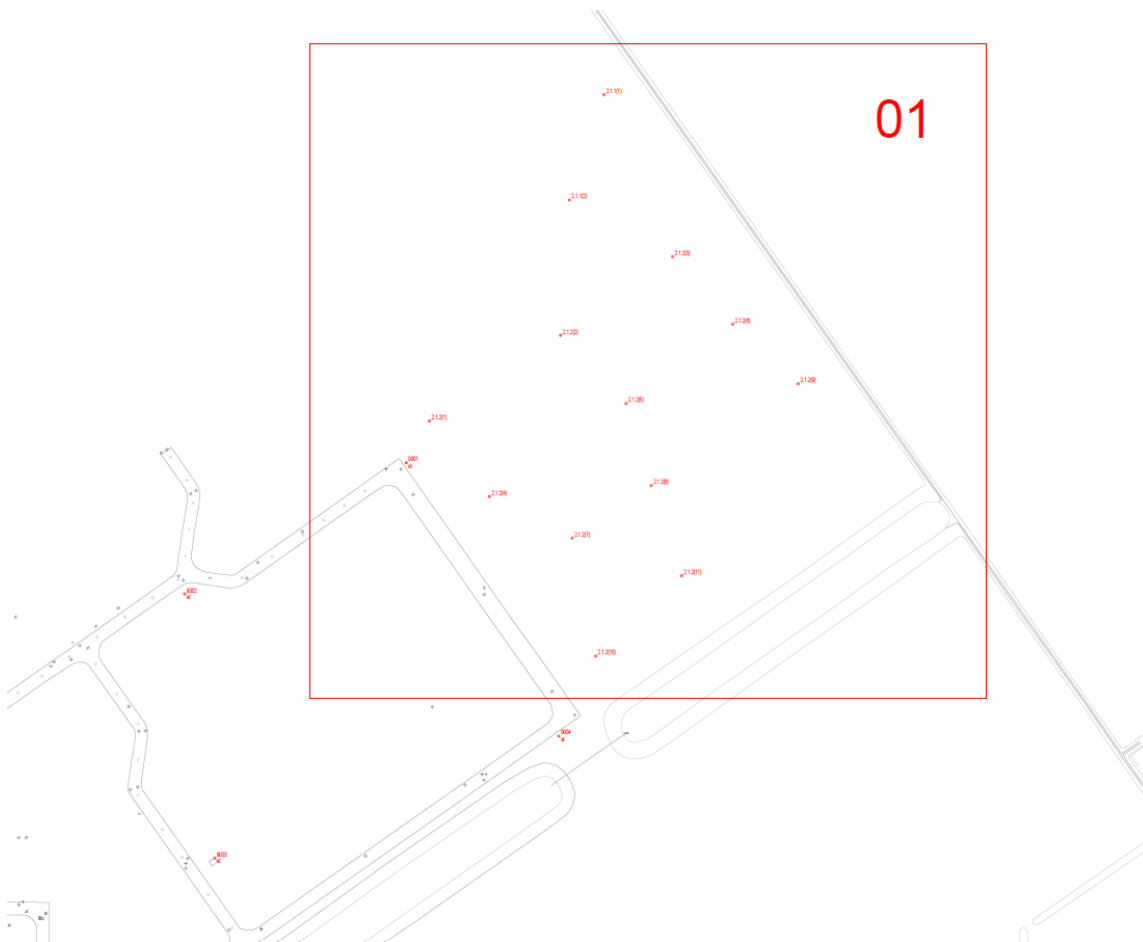
Gronddepots zijn aangelegd binnen vakken 2.1.1 en 2.1.2 tussen februari en juli 2023. Gebiedseigen grond is gebruikt bij de gronddepots. Een klein zanddepot is aangelegd op de zuidoostkant van vak 2.1.2. De depotlocaties zijn in onderstaande figuur gepresenteerd.



Figuur 2 Locaties gronddepots en zanddepot Zeeheldenwijk

De gronddepots zijn aangelegd tot een gemiddelde hoogte van NAP -3,50 m. Het zanddepot is aangelegd tot een gemiddelde hoogte van NAP -2,00 m. Alle depots zijn minimaal 1 jaar aanwezig (depots aanwezig minimaal tot juli 2024).

De zettingen van de gronddepots zijn ingemeten met zakbaken. Binnen vak 2.1.1 zijn 2 zakbaken geplaatst en ingemeten. Binnen vak 2.1.2 zijn 11 zakbaken geplaatst en ingemeten. De zakbaaklocaties zijn in Figuur 3 gepresenteerd. De laatste meting is uitgevoerd in juli 2024. Er zijn geen zakbaken geplaatst in het zanddepot.



Figuur 3 Zakbaaklocaties gronddepots Zeeheldenwijk, vak 2.1.1 en 2.1.2

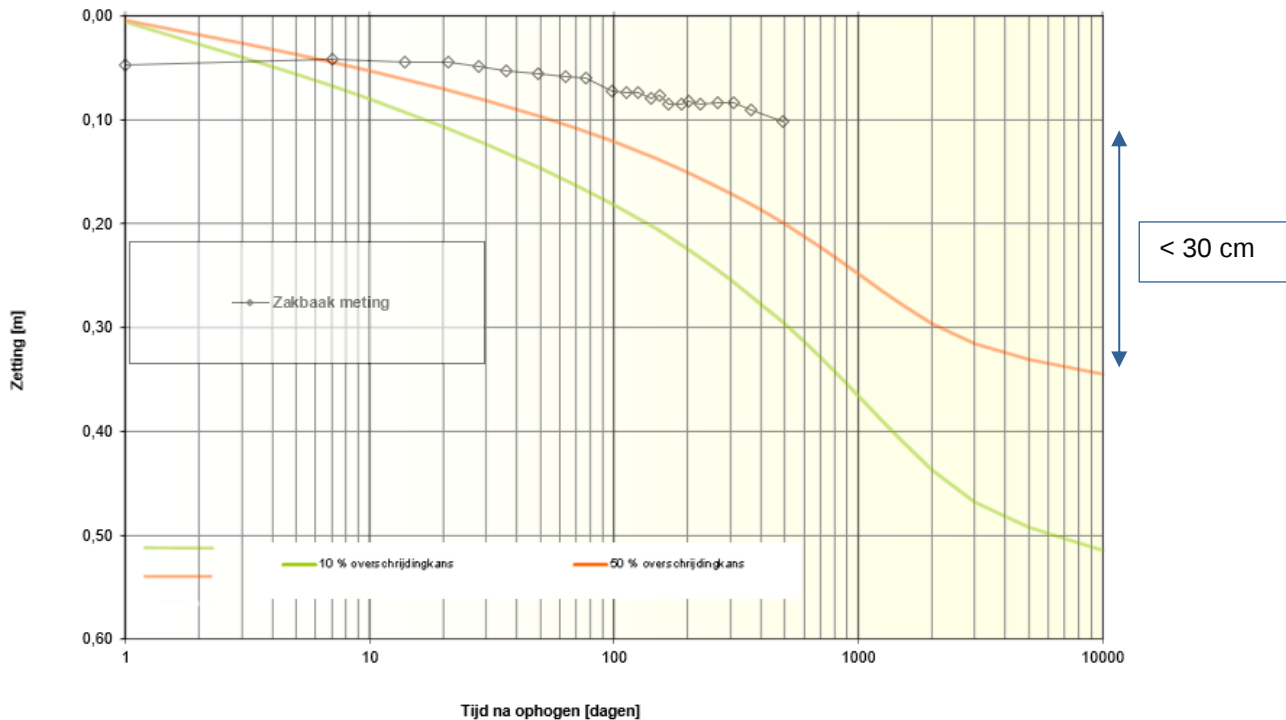
Gronddepot vak 2.1.1

Het gronddepot is tussen februari en mei 2023 aangelegd. Twee zakbaken zijn gemeten, ZB2.1.1(1) en ZB2.1.1(2). ZB2.1.1(2) laat heel beperkte zettingen zien na een meetperiode van meer dan 400 dagen (ca. 2 cm zetting). Uit ZB2.1.1(1) volgt een zetting van ca. 10 cm na een meetperiode van 500 dagen.

Tuinen

Conform het voorbelastingadvies dient vak 2.1.1 naar de geplande aanleghoogte inclusief zettingscompensatie opgehoogd te worden (NAP -3,37 m). De zettingscompensatie zorgt ervoor dat de restzettingseis na 180 dagen gehaald wordt. Het niveau van het gronddepot (NAP -3,50 m) is maar beperkt lager dan het geadviseerde niveau van de voorbelasting in dit vak. Gezien de tijd dat de grond aanwezig is (meer dan 1 jaar) kan geconcludeerd worden dat er geen maatregelen noodzakelijk zijn. Het gebied van het gronddepot is voldoende voorbelast ter plaatse van de toekomstige tuinen.

In navolgende figuur zijn de zakbaakmetingen van ZB2.1.1(1) samen met de berekende zetting (10% en 50% overschrijdingskans) conform het voorbelastingadvies gepresenteerd. De gemeten zettingen liggen rond de berekende zetting met een overschrijdingskans van 50%. Hieruit kan geconstateerd worden dat de te verwachten zettingen ruim binnen de restzettingseis voor de tuinen zullen vallen.



Figuur 4 Zakbaakmetingen ZB2.1.1(1) en berekende zetting conform voorbelastingadvies - tuinen

Infrastructuur

Conform het voorbelastingadvies dient vak 2.1.1 naar de geplande aanleghoogte inclusief zettingscompensatie en een extra overhoogte van 0,50 m opgehoogd te worden (NAP -3,10 m). De ophoging dient met zand uitgevoerd te worden. De ophoging zorgt ervoor dat de restzettingseis na 270 dagen gehaald wordt.

Het gronddepot (NAP -3,50 m) is lager dan het geadviseerde niveau aangebracht. Bovendien is de voorbelasting met grond in plaats van zand gedaan. De voorbelasting is veel kleiner dan de geadviseerde voorbelasting. Geadviseerd wordt om vak 2.1.1 conform het advies (zie Hoofdstuk 5) voor te belasten.

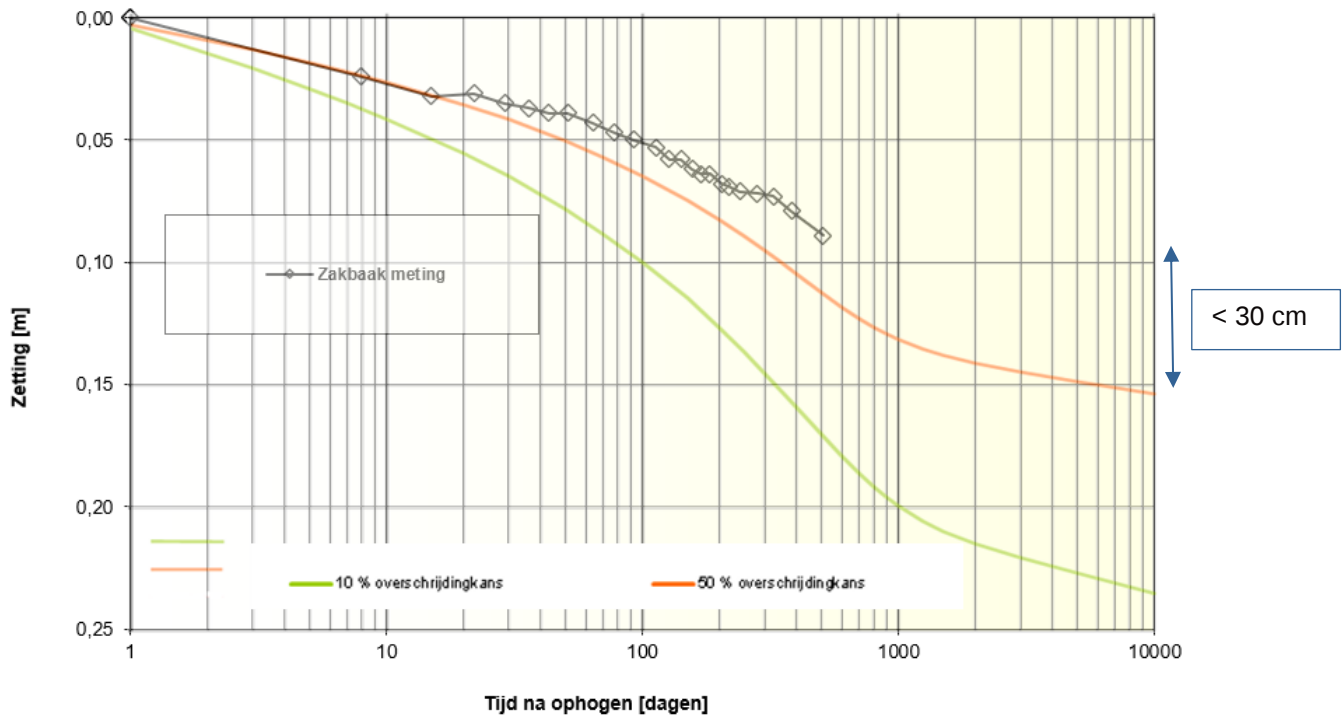
Gronddepot vak 2.1.2

Het gronddepot is tussen februari en juli 2023 aangelegd. Elf zakbaken zijn gemeten, ZB2.1.2(1) t/m ZB2.1.2(11). Uit de zakbaakmetingen volgt een homogeen beeld. De zakbaken laten zettingen van ca. 9 cm binnen een meetperiode van 500 dagen zien.

Tuinen

Conform het voorbelastingadvies dient vak 2.1.2 naar de geplande aanleghoogte inclusief zettingscompensatie opgehoogd te worden (NAP -3,45 m). Er is geen wachttijd nodig. Het niveau van het gronddepot (NAP -3,50 m) is maar beperkt lager dan het geadviseerde niveau van de voorbelasting in dit vak. Het gebied van het gronddepot is voldoende voorbelast ter plaatse van de toekomstige tuinen. Er zijn geen maatregelen noodzakelijk.

In navolgende figuur zijn de zakbaakmetingen van ZB2.1.2(11) samen met de berekende zetting (10% en 50% overschrijdingskans) conform het voorbelastingadvies gepresenteerd. De gemeten zettingen liggen rond de berekende zetting met een overschrijdingskans van 50%.



Figuur 5 Zakbaakmetingen ZB2.1.2(11) en berekende zetting conform voorbelastingadvies - tuinen

Infrastructuur

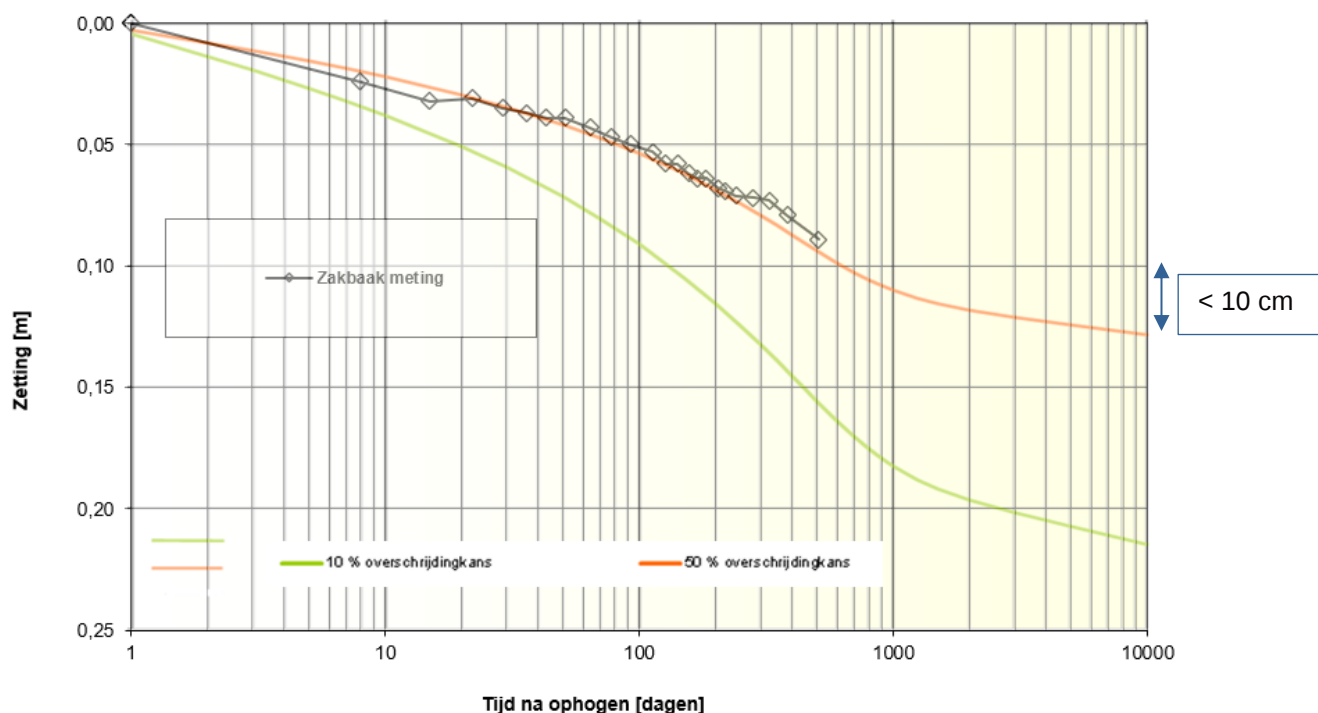
Conform het voorbelastingadvies dient vak 2.1.2 naar de geplande aanleghoogte inclusief zettingscompensatie opgehoogd te worden (NAP -3,63 m). Hierbij dient eerst het cunet gegraven te worden. De ophoging dient met zand uitgevoerd te worden. De ophoging zorgt ervoor dat de restzettingseis na 180 dagen gehaald wordt.

Het gronddepot is beperkt hoger dan het geadviseerde niveau aangebracht (NAP -3,50 m). De voorbelasting is met grond in plaats van zand gedaan. De totale belasting conform het advies is vergelijkbaar met de belasting¹ als gevolg van de aanwezigheid van het gronddepot.

Gezien de tijd dat de grond aanwezig is (meer dan 1 jaar) kan geconcludeerd worden dat er geen maatregelen noodzakelijk zijn. Het gebied van het gronddepot is voldoende voorbelast.

In navolgende figuur zijn de zakbaakmetingen van ZB2.1.2(11) samen met de berekende zetting (10% en 50% overschrijdingskans) conform het voorbelastingadvies gepresenteerd. De gemeten zettingen liggen rond de verwachte zetting met een overschrijdingskans van 50%, op basis waarvan geconstateerd kan worden dat ruim aan de zettingseis wordt voldaan en geen voorbelasting noodzakelijk is.

¹ Voorbelasting advies: cunet graven vanaf maaiveld NAP -4,25 m tot NAP -5,03 m (afname $0,78 \text{ m} \times 15,5 \text{ kN/m}^3 = 12,1 \text{ kN/m}^2$) en ophogen met zand van NAP -5,03 m naar NAP -3,63 m (toename $1,40 \text{ m} \times 18 \text{ kN/m}^3 = 25,2 \text{ kN/m}^2$). Totale toename: $13,1 \text{ kN/m}^2$
Gronddepot: ophoging met grond van NAP -4,25 m naar NAP -3,50 m, $0,75 \text{ m} \times 15,5 \text{ kN/m}^3 = 11,6 \text{ kN/m}^2$



Figuur 6 Zakbaakmetingen ZB2.1.2(11) en berekende zetting conform voorbelastingadvies - infrastructuur

Aandachtspunten zand- en gronddepots

- Het advies met betrekking tot gronddepots is van toepassing alleen op de werkelijke locaties van de gronddepots. Bij vak 2.1.1 is alleen op een gedeelte hiervan een gronddepot aanwezig. Bij vak 2.1.2 is het gronddepot bijna over het volledige oppervlak aanwezig. Aan de noordoostkant van vak 2.1.2 is er bij een strook geen gronddepot aangelegd. De locaties waar geen depot aanwezig is dienen conform het voorbelastingadvies voorbelast te worden, zie figuur hieronder.
- Het zanddepot aan de zuidoost kant van vak 2.1.2 is veel hoger aangelegd dan wat volgens het voorbelastingadvies nodig was. Het gebied van het zanddepot is voldoende voorbelast voor zowel de tuinen als de toekomstige infrastructuur.



Figuur 7 Locaties waar geen depot aanwezig is – voorbelasting conform voorbelastingadvies