



Besix Nederland  
Dhr. J. de Cat  
Postbus 8  
2990 AA Barendrecht

CRUX Engineering BV  
Pedro de Medinalaan 3c  
NL-1086 XK Amsterdam

+31(0)20 494 30 70  
info@cruxbv.nl

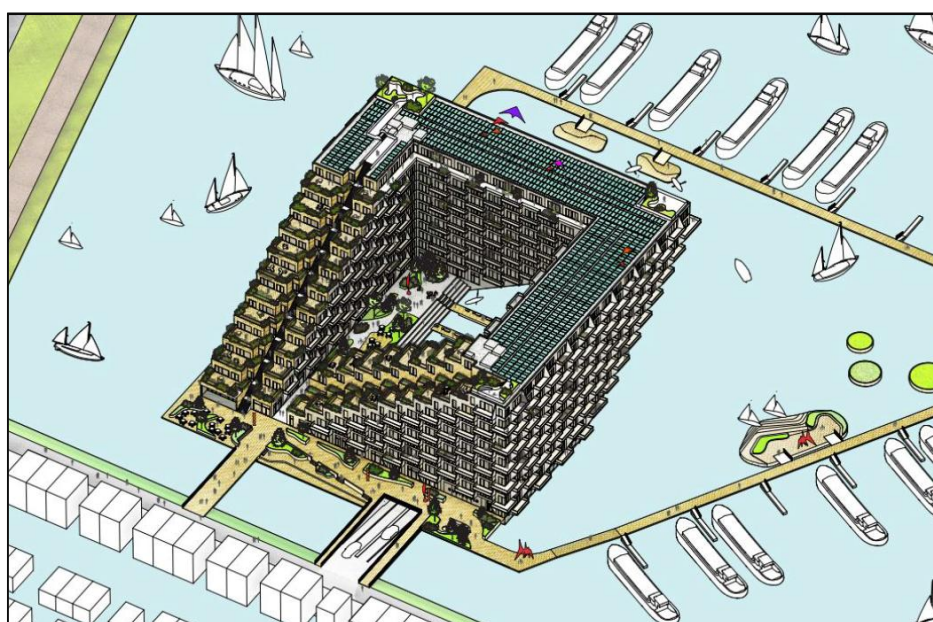
cruxbv.nl

## Notitie

### 1 Inleiding

Bij het Steigereiland te Amsterdam IJburg wordt de nieuwbouw *Sluishuis* met een parkeerkelder in het water gerealiseerd. Tevens wordt het omliggende water ingericht als recreatie- en havengebied, zie Figuur 1. Hierbij zal ter plaatse van de bouwkuip de waterbodem binnen een damwandbouwkuip integraal tot circa NAP-6,3m nat worden ontgraven waarna een zandpakket van minimaal 0,3m wordt aangebracht. Deze aanvulling loopt in vervolgfases lokaal op tot NAP-4,8m (1,5m). Om deze bouwkuip wordt op basis van de zogenaamde Hesto-variant een tweede damwandscherm geplaatst ten behoeve van de aanleg van de bouwweg/ het bouwterrein. Binnen de damwandschermen worden zandaanvullingen en -ophogingen aangebracht, zie Figuur 4.

Door het aanbrengen van zandaanvullingen en -ophogingen treden zettingen op in onderliggende samendrukbare grondlagen. Door CRUX Engineering zijn zettingsberekeningen uitgevoerd om de te verwachten zettingen en het zettingsverloop in de tijd in beeld te brengen. De analyse is gebaseerd op de in NT16494f1 uitgevoerde grondparameterbepaling aan de hand van uitgevoerde laboratoriumproeven en de in [5] gegeven uitgangspunten. De berekeningsresultaten zijn gepresenteerd in deze notitie.



Figuur 1 Sluishuis bij het Steigereiland te Amsterdam IJburg

Onderwerp  
Zettingsberekening  
Sluishuis Amsterdam

Projectnummer  
18375

Ons kenmerk  
NT18375a3

Versie  
3

Datum  
28 september 2018

Pagina's  
10

Opgesteld  
ir. D. Hartmann

Gecontroleerd  
ing. D.G. Goeman

Vrijgave  
ing. A.T. Balder

Bijlagen  
Bijlage 1 Locatie boringen  
Bijlage 2 Tijd-  
Zettingsverloop

Formulier  
RA-03-v18.0622

## 2 Uitgangspunten

### 2.1 Documenten

De volgende documenten zijn gebruikt voor de berekeningen:

- [1] Multiconsult; rapport *Geotechnisch waterbodemonderzoek “Sluishuis” te Amsterdam IJburg*; MBO/BM1805356/CEP.01312; d.d. 4 juli 2018
- [2] Multiconsult; rapport *Bodemonderzoek ten behoeve van project “Sluishuis”, nabij Haringbuisdijk te Amsterdam*; JS/BM170138/003659-001; d.d. 9 mei 2017
- [3] Grondslag bodemkwaliteitsbureau; rapport *Project 28742 Verkennend waterbodemonderzoek IJ-meer (Haringbuisdijk-Sluishuis) te Amsterdam-IJburg*; d.d. 4 mei 2018
- [4] CRUX Engineering; rapport *Analyse laboratoriumproeven Sluishuis*; NT16494f1; d.d. 16 juli 2018
- [5] Besix Nederland; Email *Sluishuis | zettingen bouwkuip en documentenlijst*; d.d. 10 juli 2018
- [6] VORM – BESIX; *Sluishuis – Variant Hesto – Hoog stempelraam* d.d. 04-05-2018.

CRUX staat niet in voor de juistheid en/of volledigheid van de door derden verstrekte informatie en gegevens.

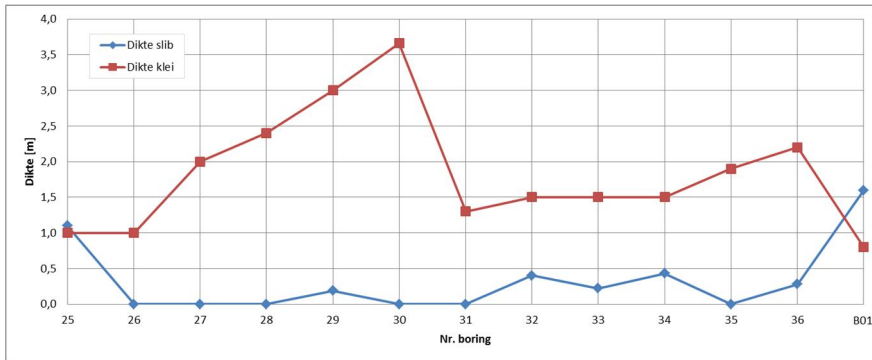
### 2.2 Programmatuur

De zettingsberekeningen zijn uitgevoerd met D-Settlement 18.2.

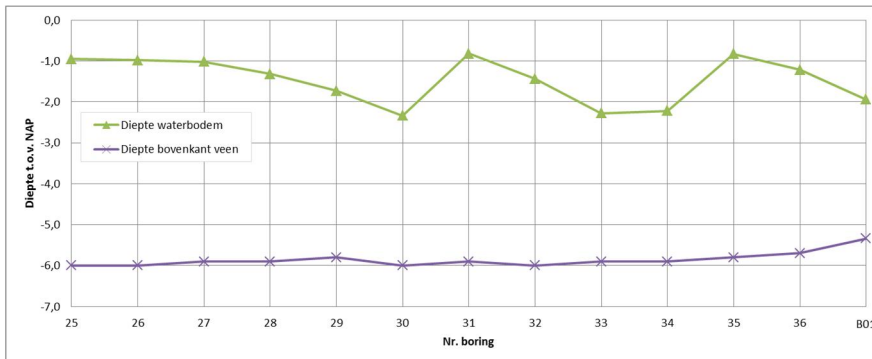
### 2.3 Grondonderzoek

In [2] zijn zes sonderingen uitgevoerd met een steuncasing van 4,5m à 9,5m. Hierdoor is de ondiepere bodemopbouw op basis van dit onderzoek niet bekend. In [1] zijn drie boringen uitgevoerd met een diepte tot NAP-13,0m à NAP-55,0m. Daarnaast zijn in [3] ten behoeve van een waterbodemonderzoek 12 ondiepe boringen uitgevoerd. Op basis van deze boringen is de opbouw van de ondiepere waterbodem bepaald.

De ondiepere bodemopbouw varieert sterk binnen de projectlocatie. Dit blijkt uit de in het projectgebied uitgevoerde boringen S25 t/m S36 uit [3] en B01 uit [1]. De locatie van de ondiepe sonderingen ter plaatse van de bouwlocatie is gegeven in Bijlage 1. Zowel de diepte van de waterbodem (neemt toe met toenemen afstand van de kade) als de opbouw variëren. De bovenlagen bestaande uit zand, slib en klei; de volgorde en diktes van deze lagen variëren per boring. Bij alle boringen wordt vanaf NAP-5,0 à -6,0m Hollandveen aangetroffen. De diktes van de samendrukbare lagen (klei en slib) boven het veen en ook het niveau van de waterbodem zijn bepalend voor de zettingsberekening. De variatie in grondopbouw per sondering is verduidelijkt in Figuur 2 en Figuur 3.



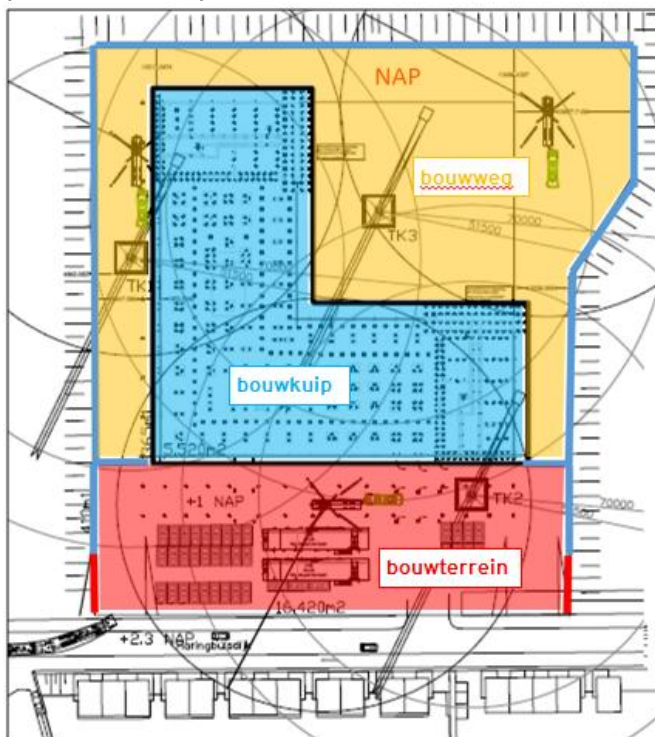
Figuur 2 Laagdiktes per boring



Figuur 3 Laagniveau per boring

## 2.4 Bouwkuip, bouwweg en bouwterrein

Het voornemen is om de kelder van de nieuwbouw op basis van de Hesto-variant binnen een L-vormige damwandbouwkuip met een breedte en lengte van ca. 90m te realiseren. Om deze bouwkuip wordt een damwand geplaatst ten behoeve van de aanleg van de bouwweg/ het bouwterrein. Het projectgebied is door de opdrachtgever [5] ingedeeld in drie verschillende gedeeltes, zie Figuur 4.



Figuur 4 Indeling projectgebied

## 2.5 Ontgravingen en ophogingen

In [5] is door de opdrachtgever ten aanzien van de ontgravingen en ophogingen gevraagd om drie doorsnedes te beschouwen, namelijk:

- Doorsnede 1:  
L-vormige bouwkuip, onderkant zandpakket integraal op NAP-6,3m met grotendeels zandaanvullingen tot NAP -4,8m (1,5m).
- Doorsnede 2:  
Bouwtterrein (bij de haringbuisdijk) onderkant zandpakket op NAP-2,25m (pakket van 3,25m dikte aanbrengen, aanlegniveau aanvulling NAP +1,0m en als variant NAP +0,5m)
- Doorsnede 3:  
Bouwweg, onderkant zandpakket op NAP-2,25m (pakket van 2,25m dikte aanbrengen, aanlegniveau aanvulling NAP +0,0m)

Op basis van deze informatie wordt in de berekening ervan uitgegaan, dat de waterbodem tot de aangegeven onderkant van het zandpakket ontgraven wordt. Extra ontgravingen ten behoeve van slappe lagen die onder dit niveau aanwezig zijn niet beschouwd. Daarnaast wordt uitgegaan van een ontgraving en ophoging in den natte.

## 2.6 Parameters en waterstand

De gehanteerde zettingsparameters zijn bepaald aan de hand van notitie NT16494f1 [4] en gebaseerd op laboratoriumproeven. De parameters zijn weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1 Gehanteerde zettingsparameters

Laag	$\gamma_{nat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	RR [-]	CR [-]	$C_a$ [-]	$c_v$ [m <sup>2</sup> /s]	POP [kN/m <sup>2</sup> ]
Zand	19,0	0,0038	0,0115	0	-	0
Slib	13,5	0,05	0,23	0,020	2,00E-08	5
Geulvulling (klei)	13,0	0,07	0,38	0,025	2,30E-08	10
Hollandveen	10,2	0,092	0,46	0,030	1,40E-06	5
Oude zeeklei	17,0	0,015	0,090	0,0031	3,00E-08	20
Wadzand	17,9	0,0038	0,0115	0	2,40E-06	5
Hydrobiaklei	14,0	0,06	0,3	0,017	1,40E-07	35
Basisveen	10,2	0,092	0,46	0,030	1,40E-06	15
1 <sup>ste</sup> Zandlaag	19,9	0,0008	0,0023	0	-	5

De waterstand in het IJmeer is aangehouden op NAP-0,4m conform [3].

## 3 Zettingsberekening

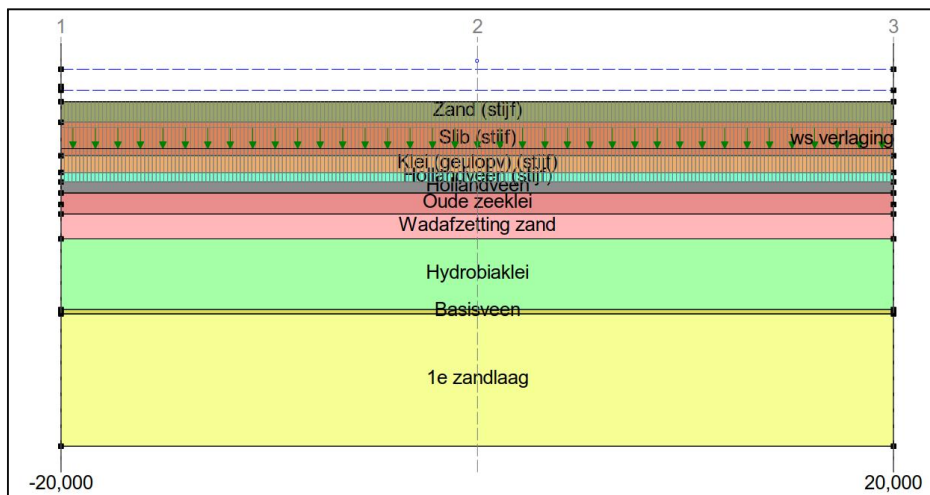
### 3.1 Uitgangspunten

#### 3.1.1 Inleiding

Voor drie doorsnedes, zoals beschreven in §2.5, worden voor de eerste drie maanden en de eerste drie jaren de zakkings berekend en gepresenteerd. Deze tijdstippen zijn indicatief door CRUX ingeschat. Het verloop van de zetting over de tijd is per doorsnede gepresenteerd in Bijlage 2. Op basis hiervan kunnen de zakkings ook voor andere tijdstippen bepaald.

Verdere uitgangspunten betreffende gehanteerde grondopbouw en fasering zijn beschreven in dit hoofdstuk.

De zettingen zijn berekend zonder zettingsversnellende maatregelen en er is geen rekening gehouden met zettingscompensatie. Op  $t=0$  wordt derhalve alleen de netto ophoging aangebracht, zoals gedefinieerd in [5]. Het berekeningsmodel voor doorsnede 1 is opgenomen in Figuur 5.



Figuur 5 Model D-Settlement (doorsnede 1)

#### 3.1.2 Doorsnede 1: Bouwkuip

Voor de berekening van de zakkings in de bouwkuip is de ondiepe grondopbouw minder van belang omdat tot NAP -6,3m nat wordt ontgraven. De slappe ondiepe lagen boven ontgravingsniveau dragen niet bij aan de zakkings. Wel heeft het gewicht van deze lagen invloed op de spanningshistorie in de grond en de voorbelasting.

Bij B01 is de waterbodem relatief diep en de dikte van de zandlagen in de ondiepe grond beperkt (ca. 1m). Qua voorbelasting wordt deze boring maatgevend gesteld en gehanteerd voor de berekening van de zakkings ter plaatse van de bouwkuip.

De spanningstoestand op NAP -6,3m blijft na het ontgraven en aanvullen nagenoeg onveranderd omdat het gewicht van de 4,4m te ontgraven lagen vergelijkbaar is met het gewicht van het 1,5m dikke aanvulpakket bestaande uit zand. Echter wordt een additionele belasting door het verlagen van de waterstand veroorzaakt van ca. 25kPa.

In het berekeningsmodel wordt uitgegaan dat de ontlasting door de ontgraving, de belasting door het aanvullen van grond en belasting door de

verlaging van de waterstand in één stap plaatsvinden en dat deze situatie constant blijft gedurende de gehele periode waarover zettingen berekend zijn.

### 3.1.3 Doorsnede 2: Bouwterrein

Voor deze doorsnede worden de zakkingen veroorzaakt door belasting van de slappe lagen in de ondiepe grond. Om een bandbreedte aan zakkingen te bepalen is boring S31 beschouwd waar de dikte van de slappe lagen boven het Hollandveen beperkt is (ca. 1,3m) en boring S34 die qua dikte van de slappe lagen (ca. 1,9m) het meest ongunstig is zie Figuur 2.

### 3.1.4 Doorsnede 3: Bouwweg

Voor deze doorsnedes worden de zakkingen veroorzaakt door belasting van de slappe lagen in de ondiepe grond. Om een bandbreedte aan zakkingen te bepalen is boring S26 beschouwd waar de dikte van de slappe lagen boven het Hollandveen beperkt is (ca. 1m) en boring S30 die qua dikte van de slappe lagen (ca. 3,7m) het meest ongunstig is zie Figuur 2.

## 3.2 Resultaten

In deze paragraaf zijn de zettingen ter plaatse van de 3 doorsnedes voor een aantal tijdstippen weergegeven.

Tabel 2 Resultaten zettingsberekening

	Zakking [m]				
	Doorsnede 1 <i>bouwkuip</i>	Doorsnede 2 <i>bouwterrein</i>		Doorsnede 3 <i>bouwweg</i>	
dagen	B01	S31	S34	S26	S30
	1,5m zandaanvulling	3,25m zandaanvulling		2,25m zandaanvulling	
t = 30	0,009	0,053	0,188	0,025	0,120
t = 60	0,014	0,077	0,231	0,037	0,179
t = 90	0,018	0,097	0,262	0,048	0,225
t = 365	0,050	0,220	0,439	0,121	0,502
t = 730	0,082	0,324	0,585	0,185	0,731
t = 995	0,100	0,376	0,659	0,217	0,846

Bij doorsnede 3 wordt opgemerkt dat de ophoging in het ongunstigste geval (S30) 0,50m onder de buitenwaterstand kan komen te liggen NAP +0,0m – 0,85m = NAP -0,85m. Hierdoor dient bij wateroverlast op het bouwterrein en de bouwweg mogelijk in de loop van de tijd nog extra aangevuld te worden.



## 4 Beschouwing waterkering Haringbuisdijk

CRUX Engineering BV  
cruxbv.nl

### 4.1 Algemeen

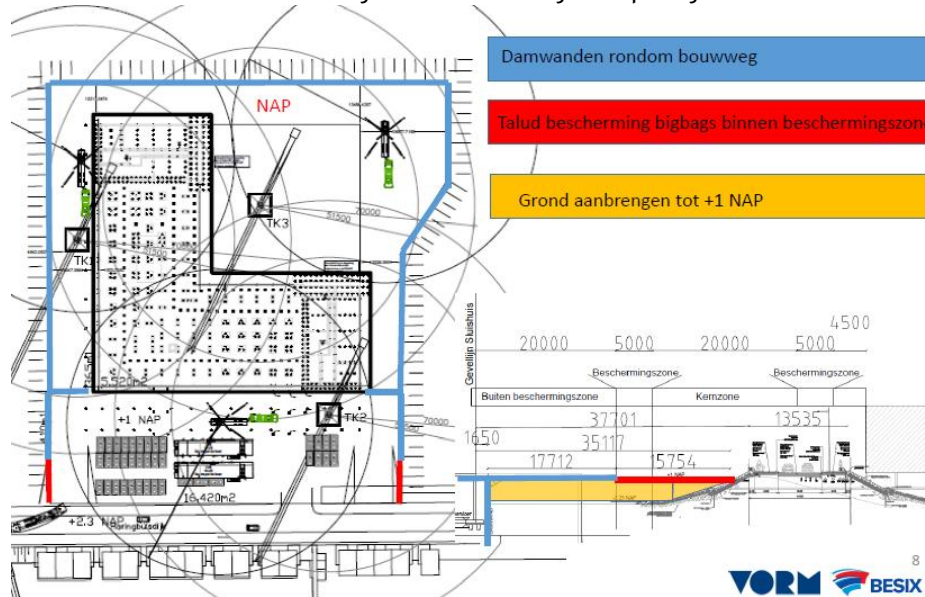
In dit hoofdstuk wordt de invloed van de zandaanvulling op de waterkering ter plaatse van de Haringbuisdijk beschouwd.

Het bouwterrein tussen de bouwkuip en de waterkering wordt omsloten door damwanden tot aan de beschermingszone (blauwe lijn) en door bigbags vanaf de beschermingszone tot aan de waterkering (rode lijn, ca. 15,5m), zie Figuur 6. Aanvullend op de zandaanvullingen wordt ook de invloed ten gevolge van het inbrengen en trekken van de damwanden beschouwd.

Ons kenmerk  
NT18375a3

Pagina  
7/10

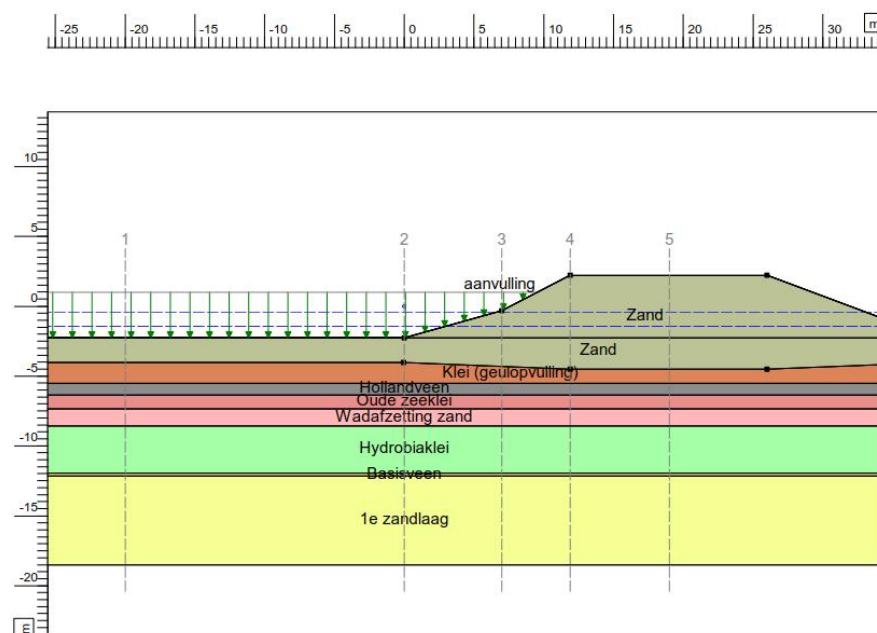
Het effect van deze uitvoering wordt in de volgende paragrafen beschouwd.



Figuur 6 Bouwterrein Haringbuisdijk

### 4.2 Zettingsberekening zandaanvulling

Met behulp van D-Settlement zijn zettingsberekeningen uitgevoerd voor een zandaanvulling tot NAP +1m en aanvullend ook tot NAP +0,5m. In Figuur 7 is het D-Settlement model weergegeven.



Figuur 7 D-Settlement model

De zettingen zijn bepaald na 1, 2 en 3 jaar en ter plaatse van de vijf gepresenteerde verticalen. De ophoging is omstreeks 2002 aangebracht en de profilering van de waterkering heeft omstreeks 2005 plaatsgevonden (Google Earth). In de berekeningen is daarom conservatief uitgegaan van een equivalente leeftijd  $t_{eq}$  van 10 jaar (vanaf 2008). De resultaten zijn in de volgende tabel samengevat.

Tabel 3 Samenvatting zettingsresultaten

Verticaal	Ophogen tot NAP +0,5m					Ophogen tot NAP +1,0m				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Zetting na 1 jaar [mm]	261	245	49	6	3	319	305	82	9	4
Zetting na 2 jaar [mm]	383	359	78	13	8	462	443	127	17	8
Zetting na 3 jaar [mm]	466	438	101	19	13	559	537	161	25	13

In overleg met Waternet dient te worden vastgesteld of deze waarden acceptabel zijn.

### 4.3 (Grond)waterpeil

De buitenste bouwkuip wordt aangesloten op de Haringsbuisdijk. Tussen de bouwkuip en de Haringsbuisdijk wordt vervolgens grond aangebracht zodat een tijdelijk werkterrein gecreëerd wordt dat op NAP +0,5m à NAP +1,0m komt te liggen. Op dit werkterrein dient het grondwaterpeil op NAP -0,4m gehouden te worden zodat de integriteit van de dijk gegarandeerd blijft. Geadviseerd wordt om relatief grof zand te gebruiken en deze vervolgens op een constant waterpeil te houden van NAP -0,4m. Het waterpeil dient dan ook actief gemonitord en beheerst te worden.

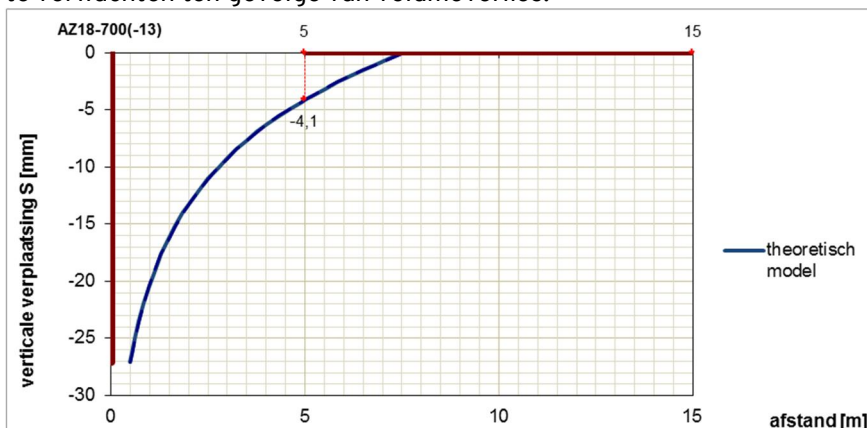
### 4.4 Inbrengen en trekken damwanden

#### 4.4.1 Inklinking / verwerking

Gezien de lokale bodemopbouw bestaand uit zeer vast gepakt zand met een relatieve dichtheid rond 90% en de afstand van minimaal 15,5m worden ter plaatse van de waterkering geen zettingen (inklinking) en verwerking ten gevolge van het hoogfrequent trillen van de damwanden verwacht.

#### 4.4.2 Volumeverlies

Zettingen (volumeverlies) ten gevolge van het trekken van de voorziene AZ18-700 damwanden met een voetriveau van maximaal NAP -13m beperkt zich tot een gebied van ca. 7m vanuit het damwandscherm, zie Figuur 8. Omdat de damwanden buiten de beschermingszone liggen en daarnaast haaks op de waterkering staan is geen vervormingsinvloed ter plaatse van de waterkering te verwachten ten gevolge van volumeverlies.



Figuur 8 Maaiveldzakking door vrijkomen volume AZ 18-700



#### 4.4.3 Kortsluiting watervoerende lagen

Kortsluiting tussen de diepe watervoerende lagen en het freatisch pakket is op basis van onderzoek / proeven niet te verwachten omdat de ontstane ruimte / spleet bij het trekken van damwanden niet breder is dan 2 cm (G.A. Dorrestijn; Dienst Binnenstad Amsterdam).

## 4.5 Heien palen

### 4.5.1 Beïnvloeding

Gezien de lokale bodemopbouw bestaand uit zeer vast gepakt zand met een relatieve dichtheid rond 90% wordt ter plaatse van de waterkering geen significante zetting (inklinking) en verwerking verwacht ten gevolge van het heien van de palen. De palen vernagelen de ondergrond lokaal en zorgen in theorie zelf voor een verbetering van de stabiliteit.

### 4.5.2 Kortsluiting watervoerende lagen

De palen betreffen geheide, grondverdringende palen en blijven allen in de grond achter. Hierdoor is geen kortsluiting tussen de diepe watervoerende lagen en het freatisch pakket te verwachten.

### 4.5.3 Monitoring

Daar waar palen in de beschermingszone en/of kernzone worden geheid stellen we voor om de integriteit van de waterkering lokaal observatief middels deformatiemetingen en visuele inspecties in het werk te bewaken en hiervoor een monitoringsplan op te stellen.

## 5 Conclusie en aanbevelingen

In deze notitie zijn zettingsberekeningen uitgevoerd ten behoeve van de nieuwbouw Sluishuis bij het Steigereiland te Amsterdam IJburg. Ter plaatse van de bouwkuip (doorsnede 1) wordt de waterbodem binnen een damwandbouwkuip tot circa NAP-6,3m ontgraven waarna een zandpakket van 1,5m wordt aangebracht. Om deze bouwkuip wordt een tweede damwandscherm geplaatst ten behoeve van de aanleg van het bouwterrein (doorsnede 2) en de bouwweg (doorsnede 3). Binnen de damwandschermen worden zandaanvullingen en -ophogingen aangebracht, zie Figuur 3. Voor een aantal tijdstippen zijn zettingsberekeningen uitgevoerd; na drie jaar bedragen de rekenkundige zakkingen voor doorsnede 1 ca. 0,1m, voor doorsnede 2 zijn 0,4m à 0,7m berekend en voor doorsnede 3 is een rekenkundige zakking van 0,2m à 0,9m bepaald. Voor het verloop van de zetting over de tijd per doorsnede wordt verwezen naar Bijlage 2. Op basis hiervan kunnen de zakkingen ook voor andere tijdstippen bepaald worden.

Bij doorsnede 3 wordt opgemerkt dat de ophoging in het ongunstigste geval (S30) 0,50m onder de buitenwaterstand kan komen te liggen NAP+0,0m – 0,85m = NAP-0,85m. Hierdoor dient bij wateroverlast op het bouwterrein en de bouwweg mogelijk in de loop van de tijd nog extra aangevuld te worden.

De zettingen zoals weergegeven in Tabel 2 kunnen door het toepassen van extra overhoogte en/of verticale drainage nog versneld worden, hierbij wordt opgemerkt dat dan het maaiveld binnen de aangegeven tijden lager kan komen

te liggen. Daarnaast kan door het deels dieper afgraven van slappe grond (dieper dan NAP-2,25m) de zakking gereduceerd worden.

De invloed op de waterkering is in deze notitie ook beschouwd. De invloed van de bouwwerkzaamheden is beperkt ter plaatse van de waterkering, echter dient de invloed in overleg met Waternet en nutspartijen te worden getoetst. Geadviseerd wordt om monitoring toe te passen; deformatie- en peilbuismetingen tijdens de uitvoering en daarvoor een monitoringsplan op te stellen.

**CRUX Engineering BV**  
cruxbv.nl

Ons kenmerk  
NT18375a3

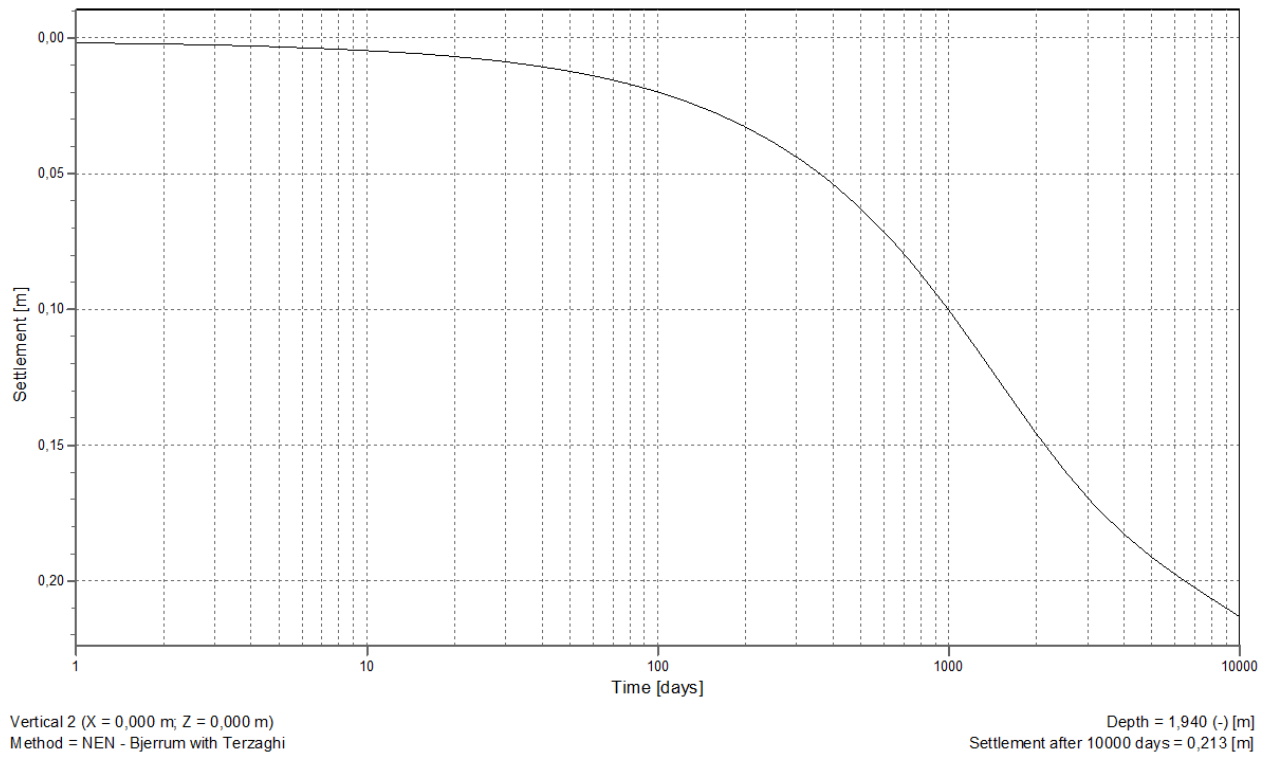
Pagina  
10/10

## Bijlage 1 Locatie boringen

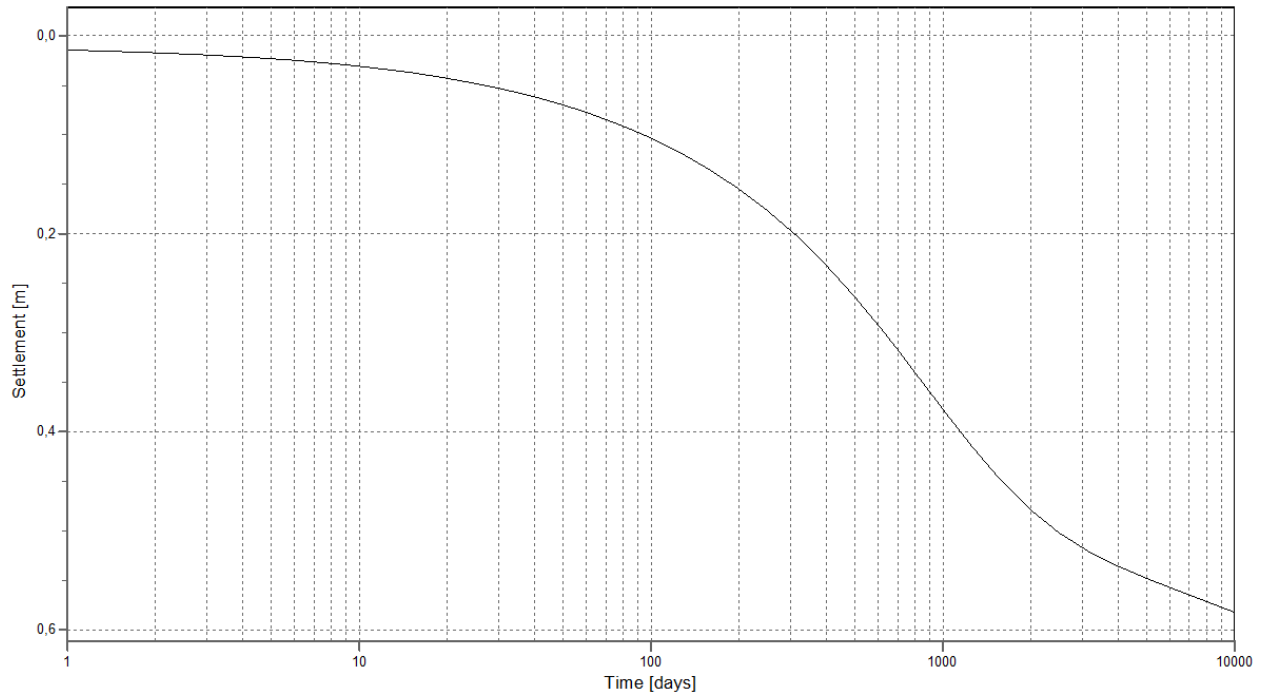


## Bijlage 2 Tijd-Zettingsverloop

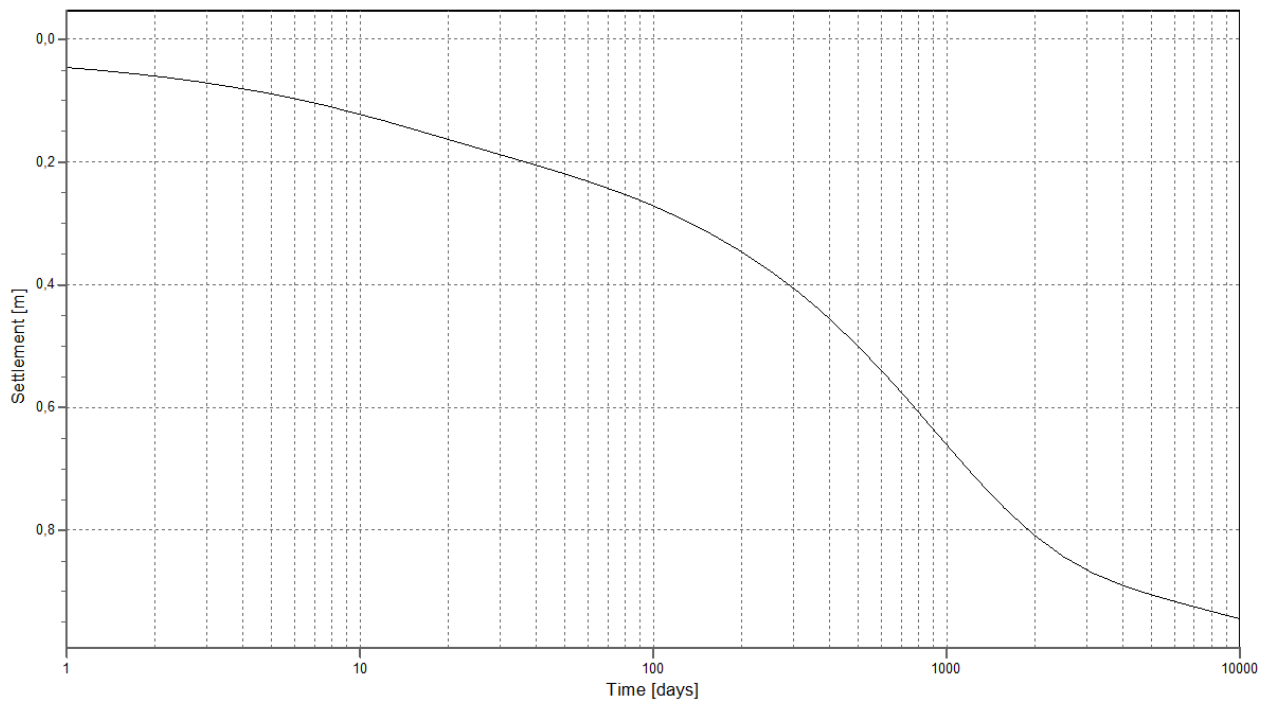
## Doorsnede 1: B01



## Doorsnede 2 S31

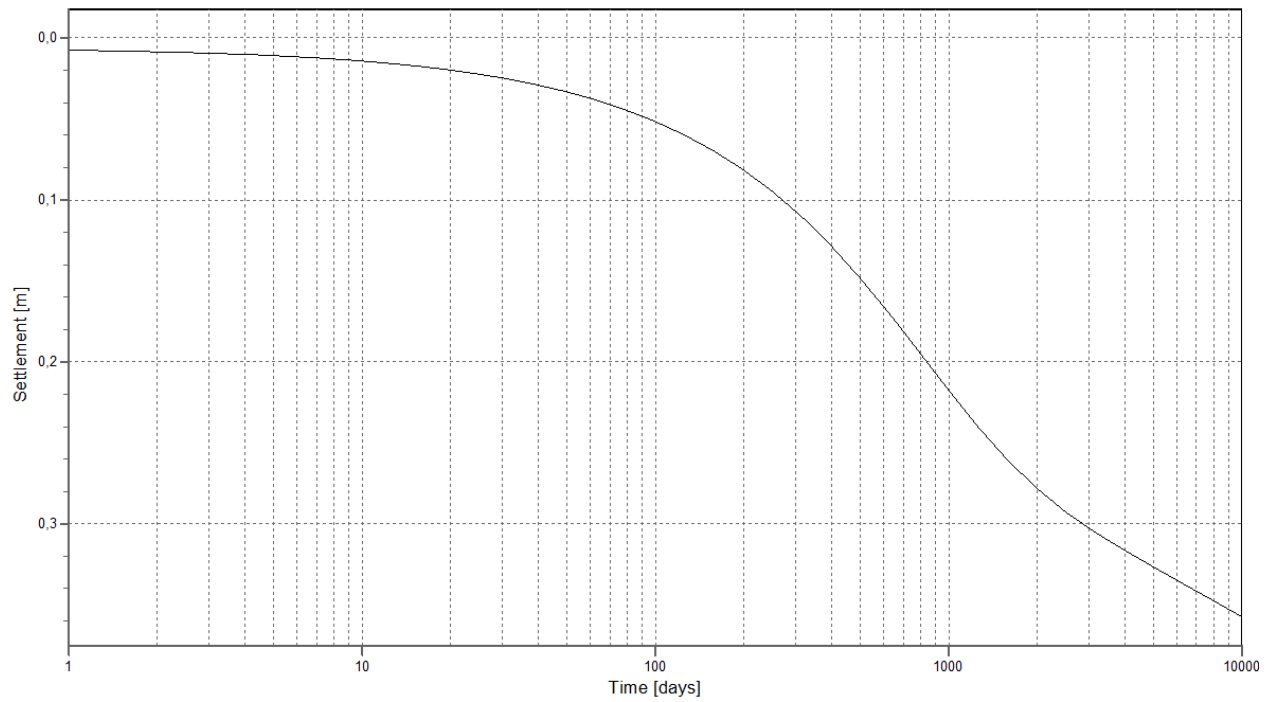


Vertical 2 (X = 0,000 m; Z = 0,000 m)  
Method = NEN - Bjerrum with Terzaghi

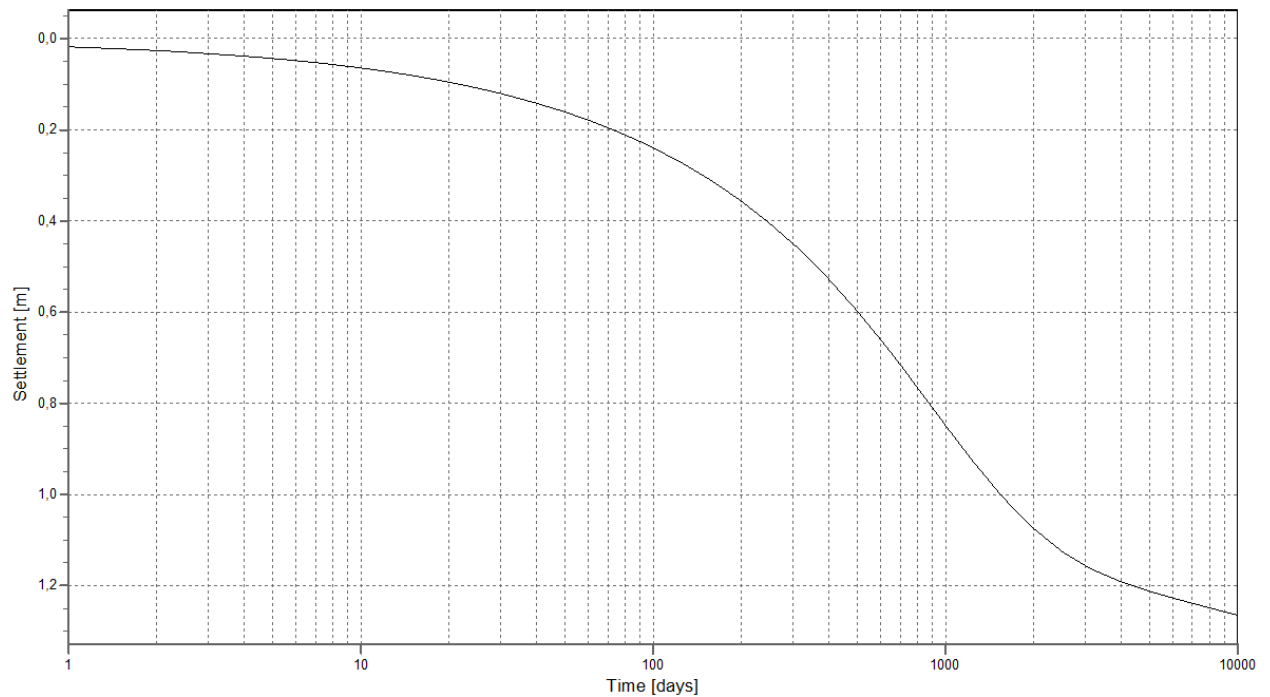


Vertical 2 (X = 0,000 m; Z = 0,000 m)  
Method = NEN - Bjerrum with Terzaghi

Depth = 2,220 (-) [m]  
Settlement after 10000 days = 0,944 [m]

**Doorsnede 3:  
S26**

Vertical 2 (X = 0,000 m; Z = 0,000 m)  
Method = NEN - Bjerrum with Terzaghi



Vertical 2 (X = 0,000 m; Z = 0,000 m)  
Method = NEN - Bjerrum with Terzaghi