

## Notitie

### Contactpersoon

### Datum

4 september 2024

### Kenmerk

N003-1276528BXB-V01-ivl-NL

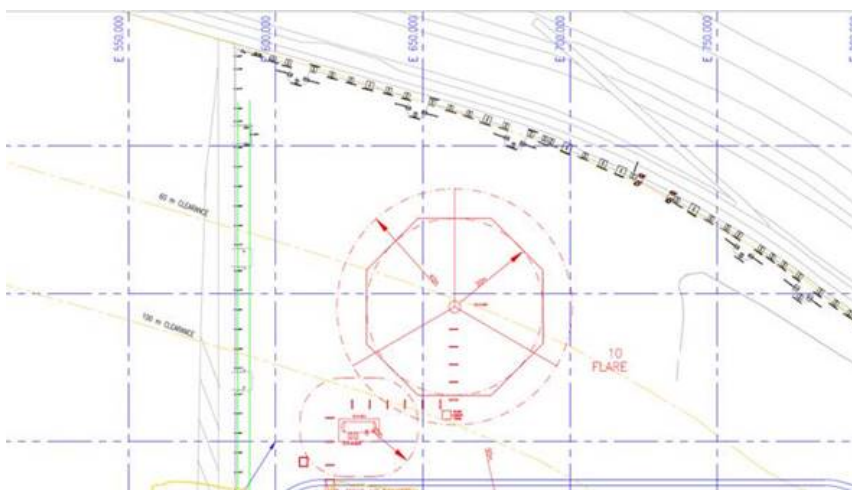
# DSL-01 aanvraag omgevingsvergunning - Analyse dijkveiligheid installeren paalfundering nabij beschermingszone

## 1 Inleiding en scope

DSL-01 heeft TAUW benaderd om de dijkveiligheid van de primaire kering te beschouwen ten behoeve van de vergunningsaanvraag bij bevoegd gezag voor de bouw van een nieuwe fabriek in de gemeente Eemsdelta (Farmsum). Het betreft de zeedijk die in beheer is van Waterschap Hunze en Aa's en die zich uitstrekt van Delfzijl tot de grens met Duitsland. De zeedijk maakt deel uit van dijktraject 6-7.

De voorliggende notitie bevat een beschouwing van de invloed van het heien van prefab betonnen funderingspalen op de dijkveiligheid van dijkvak Delfzijl-Kerkhovenpolder ter hoogte van de nieuw te bouwen fakkelput van DSL-01.

De locatie van de fakkelput is met de rode cirkel weergegeven in het onderstaande figuur.



Figuur 1.1 Locatie fakkelput

**Kenmerk** N003-1276528BXB-V01-ivl-NL

In voorliggende notitie is daartoe het volgende uiteengezet en beschouwd:

- Relevante uitgangspunten en referenties
- Prognose van heitrillingen en wateroverspanning
- Beïnvloeding van macrostabiliteit
- Beschouwing van mechanisme verwekingsvloeiing van het voorland
- Suggesties voor monitoring

## 2 Referenties en uitgangspunten

De volgende referenties zijn gebruikt met het opstellen van dit document

- [1] *Oeverstabiliteit bij zandwinputten*, CUR, aanbeveling 113, d.d. 4 juli 2018.
- [2] *Geotechnical recommendations*, Wiertsema & Partners, rapport nummer VN75053-1 R68354, 14 februari 2020.
- [3] *Handboek Funderingen - Deel A (Eurocode 7)*, CROW, 2009.
- [4] Factsheet Macrostabiliteit WBI Delfzijl-Kerkhovenspolder STBI\_11.
- [5] Notitie Geotechnisch lengteprofiel Delfzijl – Kerkhovenspolder, SWECO, 11-6-2020.
- [6] STBI-berekeningen van STBI\_10 en 11, aangeleverd door Waterschap Hunze en Aa's.
- [7] CUR166 Handboek Damwandconstructies (deel 1 en 2), 6<sup>e</sup> druk en 3<sup>e</sup> druk, CUR
- [8] Digitaliseren Bouwtrillingen, COB, 2022

De aangeleverde STBI-berekeningen uit de beoordeling SBI2017 zijn STBI\_10 en 11.

Deze zijn als volgt gelegen ten opzichte van de dijk:

- STBI\_11: bij 23,0 km. Hierbij is aangegeven dat deze geldt van 21,8 km tot 23,7 km
- STBI\_10: bij 21,3 km. Dit profiel geldt van km 21,8 tot verder in oostelijke richting

De ligging van de zeedijk is weergegeven in de onderstaande figuur inclusief dijk hectometerring en met de paarse ster indicatief de locatie van de fakkel. De fakkel bevindt zich bij meterring 22,1 km dus STBI\_11 is hier van toepassing.



Figuur 2.1 Dijktracé met hectometerring en indicatie locatie van de fakkel put

**Kenmerk** N003-1276528BXB-V01-ivl-NL

Het ontwerp van de paalfundering is op moment van schrijven nog niet afgerond:

- Paalpuntniveau is nog niet bekend
- Paalstramien / palenplannen zijn nog niet beschikbaar gesteld
- Het benodigd paal draagvermogen is niet exact gedefinieerd

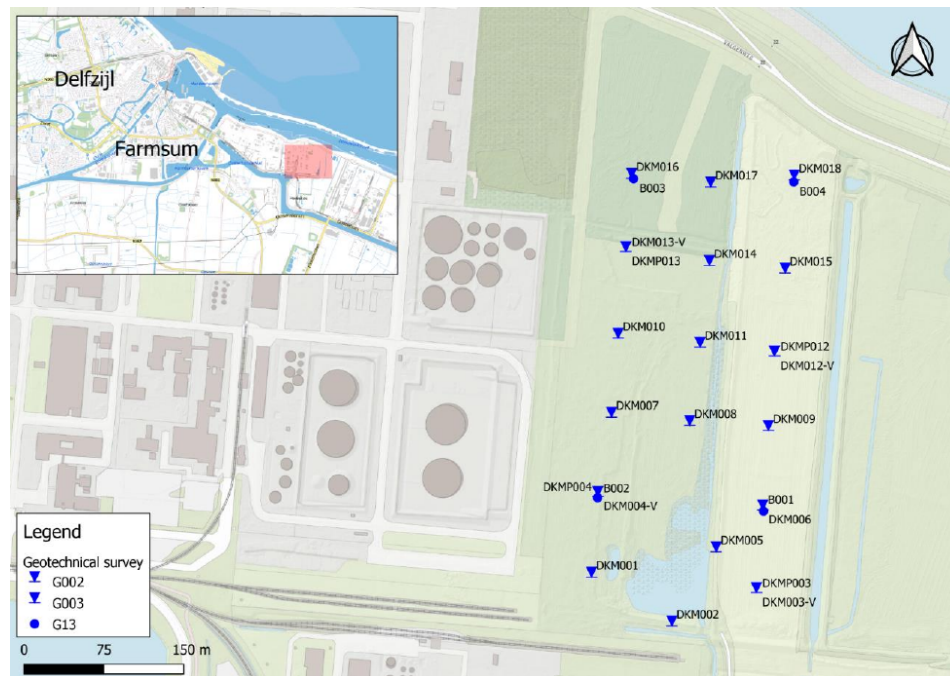
Ondanks de genoemde ontbrekende gegevens zijn wel conservatieve aannames gedaan op basis van de beschikbare geotechnische aanbeveling [2]. Dit zijn conservatieve aannames ten behoeve van de prognose van de beïnvloeding van dijkstabiliteit door heitrillingen. De hier gemaakte aannames dienen te worden geverifieerd wanneer het funderingsontwerp bekend is.

## 3 Prognose heitrilling

### 3.1 Locatie en representatief grondonderzoek

Voor de locatie van de palen is bij gebrek aan palenplan uitgegaan van de locatie van de fakkel. Zie Figuur 1.1.

Voor het paalpuntniveau is uitgegaan van de VO-paal draagkracht berekeningen van Wiertsema & Partners [2]. Sonderingen DKM016, 017 en 018 zijn uitgevoerd nabij de fakkel. Zie daarvoor onderstaande afbeelding.



Figuur 3.1 Grondonderzoekspunten

Het hoogste paal draagvermogen wordt gevonden bij sondering DKM018. De rekenwaarde van de paal draagkracht bedraagt volgens [2]  $R_{c;net;d} = 3383 \text{ kN/paal}$  uitgaande van vierkant 450x450 mm prefab betonnen heipalen met paalpuntniveau op NAP -21,0 m.

Er is hier nu uitgegaan van de grootste paaldiameter omdat hierbij het zwaarste heiwerk wordt voorzien. Er is gekozen voor het laagste paalpuntniveau volgens [2] omdat bij DKM016 en DKM017 bij de hogere paalpuntniveaus (NAP -10 à -12 m) een laag paal draagvermogen werd gevonden. Deze werkwijze is maatgevend voor de trillingsanalyse.

### 3.2 Inschatting representatieve indicatieve paal draagkracht op basis van berekeningsresultaten uit [2]

Bij de trillingsanalyse dient in beeld gebracht te worden wat de representatieve paal draagkracht bedraagt. De aangeleverde netto paal draagkracht is een rekenwaarde waar de negatieve kleef reeds van afgetrokken is.

Het maaiveldniveau bevindt zich bij sondering DKM018 circa op NAP +1,0 m. Uitgaande van 6 m samendrukbaar pakket met een gemiddeld volume gewicht van 15 kN/m<sup>3</sup> bedraagt de representatieve waarde van de paal draagkracht circa:

$$R_{c;rep} = R_{c;net;rep} + F_{nk;rep} = 5643 + 101 = 5744 \text{ kN / paal}$$

Met:

$$R_{c;net;rep} = R_{c;net;d} \times (\xi \times \gamma_b \&s) = 3383 \times (1,39 \times 1,2) = 5643 \text{ kN}$$

$$F_{nk;rep} = O_{s;gem} \times d \times K_0 \times \tan \delta_{jk} \times \sigma'_{vj} = 4 \times 0,45 \times 6 \times (1 - \sin 30) \times \tan(0,75 \times 30) \times 45 = 101 \text{ kN}$$

$$F_{nk;d} = F_{nk;rep} \times (\gamma_f / n_k) = 101 \times 1,0 = 101 \text{ kN}$$

### 3.3 Inschatting benodigd zuigergewicht van dieselblok

Uitgaande van een paalkopniveau op 1 m beneden maaiveldniveau en maaiveldniveau op NAP +1,0 m bedraagt de paallengte 21 m. Het volumegewicht van de palen is aangenomen op 24 kN/m<sup>3</sup>.

Het gewicht van de paal is daarmee  $P_{paal} = 24 \times 0,45^2 \times 21 = 102 \text{ kN}$ . Een redelijke vuistregel bij dieselblokken<sup>1</sup> is om te kiezen voor een zuigergewicht van circa 0,75 x paalgewicht, ofwel  $P_{zuiger} = 0,75 \times 102 = 77 \text{ kN}$ . Bijvoorbeeld een Delmag D80 blok of vergelijkbaar. Zie ook Bijlage 1.

### 3.4 Prognose heigedrag

In Bijlage 1 is het heigedrag met een Delmag D80-12 dieselblok indicatief beschouwd. Daaruit volgt dat met dit heiblok een acceptabel slagcijfer verwacht wordt.

<sup>1</sup> Vuistregels voor blokkeuze volgens [3]:

Vuistregels die in de praktijk redelijk voldoen, komen neer op het volgende. De massa van het vallende deel van het blok moet 0,5 tot 1,0 x de paal massa zijn. Bij dieselblokken liggen de getallen op 0,5 tot 0,75, terwijl bij hydraulische blokken de voorkeur uitgaat naar 0,75 tot 1,0. Deze verhoudingsgetallen zijn maatstaf voor het risico van het optreden van trekscheuren in een gegeven paal en niet, zoals ten onrechte vaak wordt verondersteld, voor de lengte van de paal. Bij lagere waarden, 0,5 tot 0,75 - afhankelijk van het bloktype -, is het risico van trekscheuren reëel en bij een groter verhoudingsgetal dan 1,0 neemt het risico verder sterk af.

Kenmerk

N003-1276528XB-V01-ivl-NL

Op basis hiervan wordt bij de trillingsprognose uitgegaan van een Delmag D80-12 met een maximale heil energie van 258 kNm. Let op: de daadwerkelijke blokkeuze zal door de aannemer moeten worden gedaan op basis van heikbaarheid en paal draagvermogen waarbij ook dan het risico op omgevingsbeïnvloeding en beïnvloeding van de dijkveiligheid moet worden herbeschouwd.

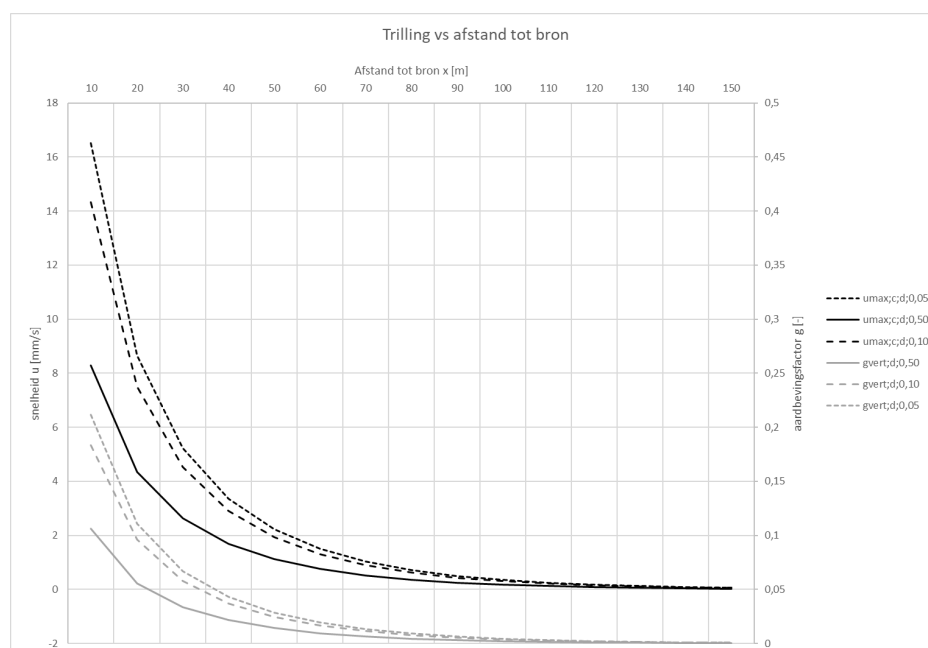
### 3.5 Prognose heitrilling

De prognose van heitrillingen is uitgevoerd conform de methode CUR166 [7]. Voor de materiaaldemping, geometrische demping en de bronsnelheid is op advies van COB [8] uitgegaan van empirische getallen voor het inheien van stalen buispalen volgens CUR166 3<sup>e</sup> druk. Waarbij uitgegaan is van het bodemprofiel van Rotterdam (maatgevende bronsterkte).

De berekeningen van de trillingsprognose is bijgesloten in Bijlage 2. Hierin staan de overige relevante uitgangspunten en de resultaten benoemd voor de trillingsprognose volgens CUR166.

In de onderstaande figuur is de berekende trillingssnelheid  $u_{max;c;d}$  [mm/s] en de bijbehorende aardbevingsfactor  $g_{vert;d}$  [-] in grafiekvorm uitgezet ten opzichte van de afstand tot de bron (zijkant van de fundering van de fakkel). Daarbij is gerekend met 50 % kans, 90 % kans en 95 % kans. Volgens COB [8] wordt bij 90 % kans al een overschatting van de trillingssnelheid berekend. Bij de voorliggende analyse is daarom van 90 % kans (en niet van 95 % kans) uitgegaan.

De aardbevingsfactor is de berekende trillingsversnelling gedeeld door de valversnelling. Daarbij is de trillingssnelheid omgerekend naar een trillingsversnelling bij een grondfrequentie van 20 Hz (maatgevend voor heien) en is rekening gehouden met valversnelling  $a = 9,81 \text{ m/s}^2$ .



Figuur 3.2 Prognose trillingssnelheid  $u_{max;c;d}$  [mm/s] en de bijbehorende aardbevingsfactor  $g_{vert;d}$  [-]

Kenmerk

N003-1276528BXB-V01-ivl-NL

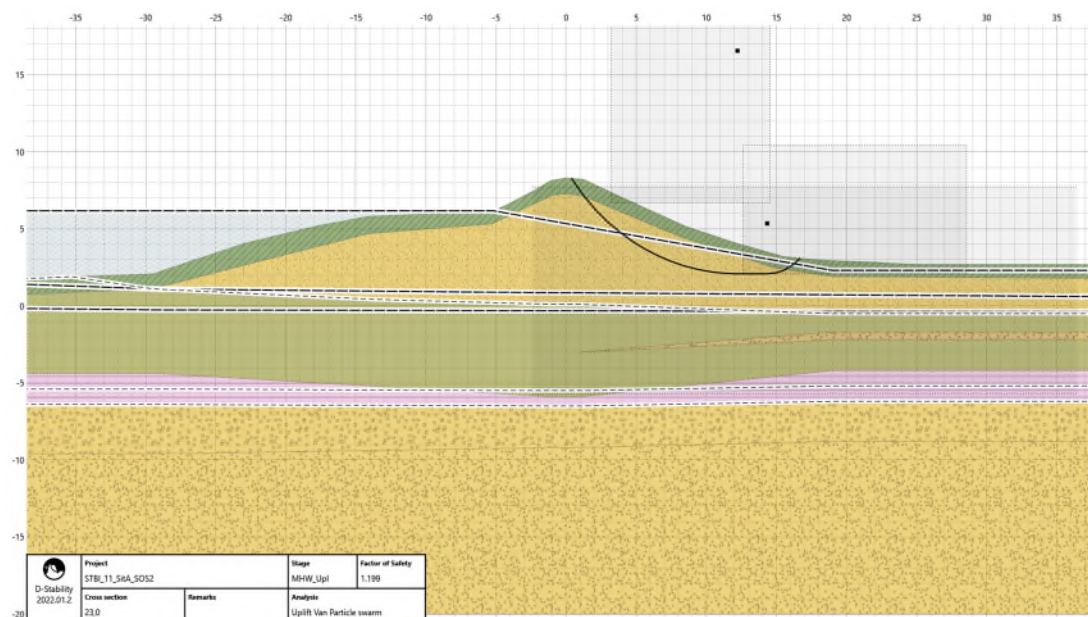
### 3.6 Prognose wateroverspanning door heitrilling

Ten gevolge van het heien installeren van prefab betonnen heipalen ontstaat wateroverspanning door verdichting van de zandlagen. Deze verdichting vindt dichtbij de bron plaats (orde grootte van een aantal meters bij heien van palen). Dus wateroverspanning zal enkel dichtbij de trillingsbron plaatsvinden. Wateroverspanning heeft zodoende geen effect op macrostabiliteit van het binnentalud of op zettingsvloeiing van het voorland.

## 4 Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI)

In het kader van de toetsing van de zeedijk (WBI2017) is door SWECO de STBI beschouwd voor twee typen ondergronden (SOS1 en SOS2), met en zonder overslag (respectievelijk de situaties SitA en SitB) en zowel met de rekenmethode Spencer (Sp) als met de rekenmethode Uplift-Van (Upl). De situatie met overslag is niet relevant voor de beschouwing van dijkveiligheid bij heitrillingen aangezien met MHW en golfoverslag er niet zal worden geheid.

Bij bodemtype SOS2 wordt met Uplift-Van de laagste veiligheidsfactor berekend voor STBI. Dit betreft berekening STBI\_11\_SitA\_SOS2\_Ond\_Upl. Deze berekening is gebruikt om de invloed van het heien van de paalfundering te beschouwen. Bij MHW (NAP +6,17 m; ondergrens toetspeil) is in toetsing een SF = 1,194 berekend waar minimaal SF = 1,212 wordt geëist (ondergrens voor Uplift-Van). Zie ook onderstaand figuur. (De berekende SF in de herberekening bedraagt SF = 1,199. Dit getal wijkt iets af van de opgegeven SF = 1,194 maar dit verschil is marginaal.)



Figuur 4.1 Berekeningsresultaat STBI\_11\_SitA\_SOS2\_Ond\_Upl bij MHW

# Kenmerk

N003-1276528BXB-V01-ivl-NL

In de voorliggende analyse wordt getoetst dat de SF bij Uplift Van niet lager wordt dan  $SF_{min} = 1,212$  tijdens het heien van de paalfundering.

Voor beschouwing van STBI is de afstand van de paalfundering tot aan het hart van het binnentalud van belang. Deze afstand is 38 m en is opgebouwd uit:

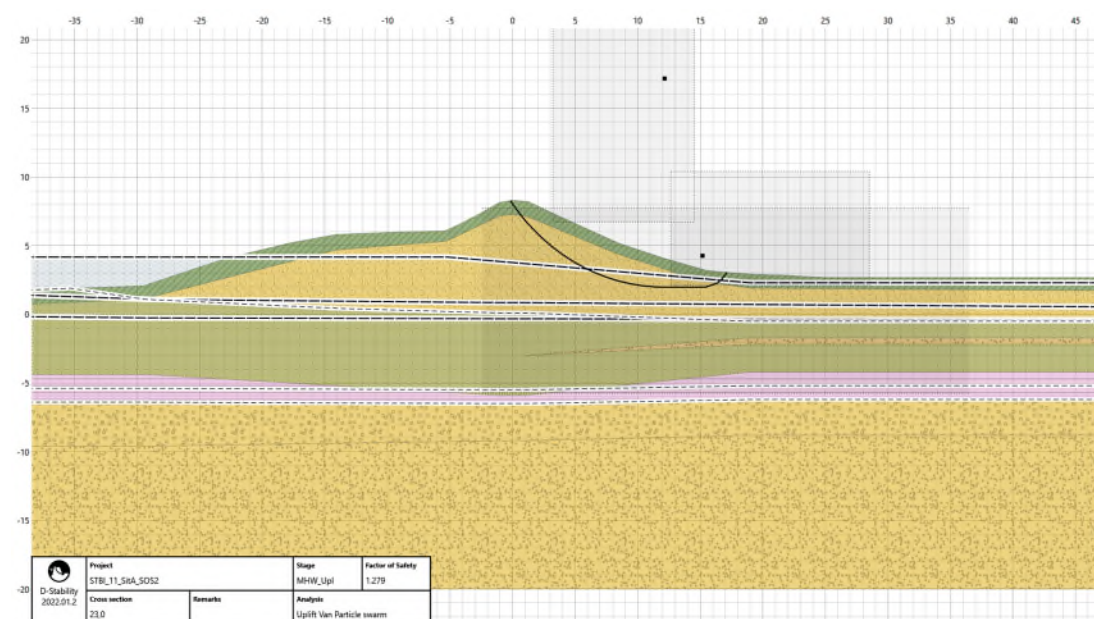
- De afstand van de zijkant van de fakkel tot kant van de weg bedraagt circa 25 m
- De wegbreedte bedraagt circa 3 m
- De halve taludlengte circa 10 m

Voor de analyse van de beïnvloeding van STBI door het heien volgt op 38 m van de trillingsbron:

- Trillingssnelheid (bij 90% kans) van  $u_{max;c;d;0,10} = 3,17$  [mm/s]
- Aardbevingsfactor (bij 90% kans) van  $g_{vert;d;0,10} = 0,30$  [-]

Deze aardbevingsfactor is in D-Stability gemodelleerd (maatgevend door 100% horizontaal, 0% verticaal, free water factor = 1,0 en 0% consolidatie in waterremmende lagen) bij een waterstand van MHW -2,0 m ofwel NAP +4,17 m.

Dit resulteert in een  $SF = 1,279$ . Zie onderstaand figuur. Deze veiligheidsfactor is groter dan de minimaal toelaatbare van  $SF_{min} = 1,212$ . Ten opzichte van de situatie MHW-2,0 m zonder trillingen (met  $SF = 1,439$ ) bedraagt de tijdelijke verlaging  $\Delta SF = 0,16$ .

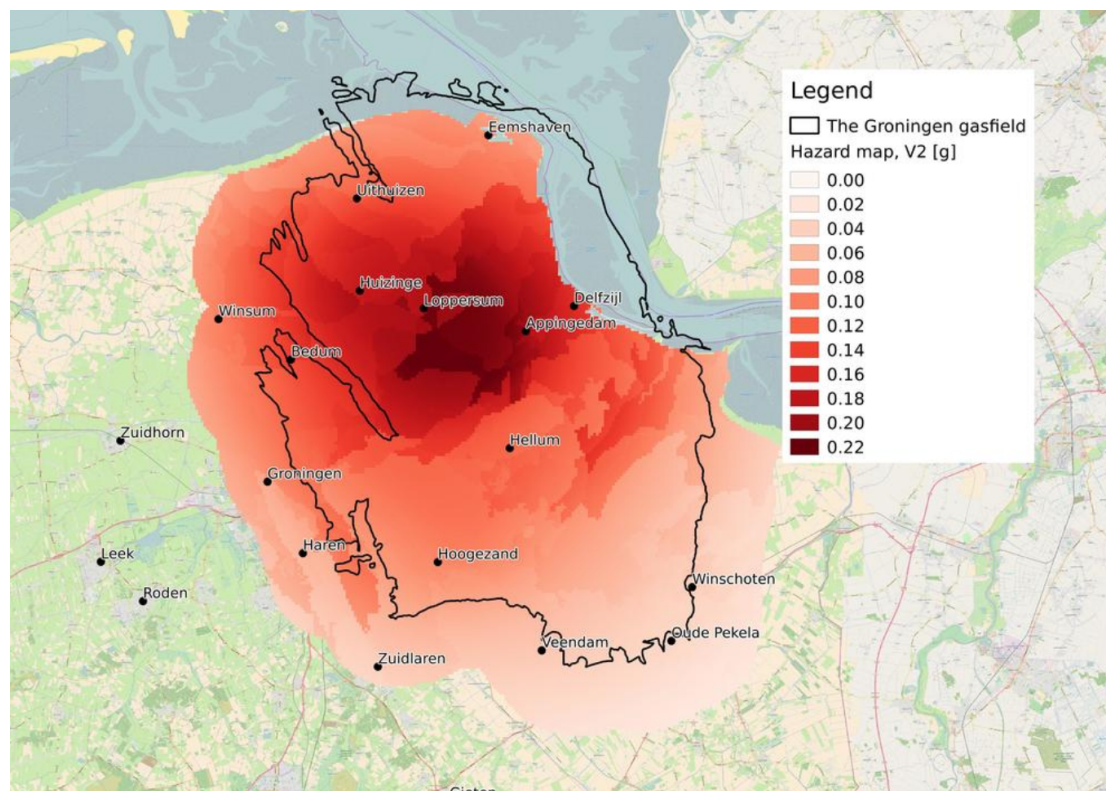


Figuur 4.2 Berekeningsresultaat STBI\_11\_SitA\_SOS2\_Ond\_Upl bij MHW met trillingen

Op basis hiervan wordt geconcludeerd dat wanneer de waterstand lager of gelijk is aan MHW-2 m er bij de geprognosticeerde heitrillingen geen onveilige situatie ontstaat ten aanzien van de macrostabiliteit van de waterkering.

Daarom wordt geadviseerd om zowel het buitenwaterpeil als de trillingsversnelling te monitoren tijdens de heiwerkzaamheden.

Daarnaast is bekeken of de hier berekende trillingsversnelling door het heien kleiner of gelijk is aan de versnellingen volgens de KNMI-aardbevingsprognoses. De hier berekende trillingsversnelling door heien ter plaatse van het binnentalud van de waterkering is orde grootte gelijk aan de maximale aardbevingsversnelling in de regio maar is wel wat groter (circa factor 2, nabij Delfzijl bedraagt de aardbevingsversnelling circa  $g = 0,15$ ). Zie onderstaand figuur. Er kunnen dus geen aanvullende conclusies ten aanzien van verzekering van dijkveiligheid worden verbonden door heitrillingen te relateren aan aardbevingstrillingen (het is niet uitgesloten dat heitrillingen bij de binnenteen groter zijn dan de aardbevingstrillingen waarbij de zeedijk ook stabiel gebleven is).



Figuur 4.3 Seismische hazardkaart Groningen Versie 2 ©KNMI

## 5 Verwekingvloeiing

De afstand van de trillingsbron tot de waterlijn bedraagt circa 80. Voor de analyse van verwekingsvloeiing van het achterland wordt ervan uitgegaan dat binnen een horizontale afstand van 100 m van de bron geen zandlagen aanwezig zijn die gevoelig zijn voor verwekingsvloeiing.

Op een afstand groter dan 100 m van de trillingsbron is de trillingsversnelling nihil. Zie daarvoor Figuur 3.2.

Voor het optreden van verwekingsvloeiing is een inleidend mechanisme nodig. Omdat de trillingsversnelling ten gevolge van het heien van palen circa nul is ter plaatse van het voorland wordt het risico op verwekingsvloeiing door heiwerkzaamheden verwaarloosbaar klein geacht.

## 6 Monitoring

Om tijdens het heien van de paalfundering van de fakkels het risico op afname van dijkveiligheid van de zeedijk te beheersen dient de trillingsversnelling in het midden van het binnentalud te worden gemonitord evenals de buitenwaterstand. Deze monitoring dient vastgelegd te worden in een monitoringsplan (onder andere signaalwaardes, meetperiode, nulmeting, meetnauwkeurigheid, et cetera).

## 7 Conclusies

In de voorliggende notitie is de beïnvloeding van dijkveiligheid bij het heien van een paalfundering van de fakkel van de nieuwe fabriek van DSL-01 onderzocht.

De exacte dimensies en paalstramien van de paalfundering is nog niet bekend. Daarom zijn in deze notitie hiervoor conservatieve aannames gedaan.

Op basis van het paaltype, lengte, diameter, paaldracht en de ondergrond is een inschatting gedaan van de benodigde hei energie. Daarmee is volgens de methode CUR166 een prognose gedaan van heitrillingen bij het binnentalud en bij het voorland.

Wanneer er geheid wordt bij waterstanden van MHW-2,0 m of lager wordt geen negatieve beïnvloeding van de STBI-macrostabieliteit verwacht bij het heien.

Wateroverspanning treedt enkel dichtbij de trillingsbron op. Daarom zijn wateroverspanningen bij heien van palen niet relevant voor de analyse van STBI of verwekingsvloeiing in het voorland.

Verwekingsvloeiing treedt niet op omdat de afstand van het voorland tot aan de trillingsbron dermate groot is (>100 m) zodat hier de trillingsversnelling door het heien nihil is. Voor verwekingsvloeiing is een inleidend mechanisme nodig wat nu dus ontbreekt.

De trillingen zijn in deze analyse tevens gerelateerd aan aardbevingstrillingen volgens KNMI. Er kunnen geen aanvullende conclusies ten aanzien van verzekering van dijkveiligheid worden verbonden door heitrillingen te relateren aan aardbevingstrillingen (dit omdat het niet is uitgesloten dat de heitrillingen bij de binnenteen groter zullen zijn dan de aardbevingstrillingen). Er wordt aanbevolen om bij het heien van de paalfundering het buitenwaterpeil te monitoren evenals de trillingsversnelling in het midden van het binnentalud van de zeedijk volgens een nader op te stellen monitoringsplan.

Kenmerk N003-1276528BXB-V01-ivl-NL

## Bijlage 1 Prognose heigedrag en slagcijfer

Voorspellen van heigedrag volgens Geotechniek editie oktober 2001  
(Bosschaart, Berkhout en Peters)

| Projectinfo   |               |
|---------------|---------------|
| Projectnummer | 1276528       |
| Projectnaam   | SKYNRG        |
| Onderdeel     | Paalfundering |
| Opsteller     | BXB           |
| Fase          | Def           |
| Datum         | 25-4-2023     |



Tauw

| Input                     |                                                          |
|---------------------------|----------------------------------------------------------|
| <b>Dieselblok</b>         |                                                          |
| Bloknr                    | 36                                                       |
| Blok                      | Delmag D80-12                                            |
| M                         | 8,0 ton                                                  |
| U                         | 258,1 kNm                                                |
| Slagfreq.                 | 37 min-1                                                 |
| Type blok                 | Massa valgewicht                                         |
|                           | Max slagkracht volgens opgave blok                       |
|                           | Minimale slagfrequentie behorend bij maximale slagkracht |
| <b>Paalgegevens</b>       |                                                          |
| L                         | 450 mm                                                   |
| B                         | 450 mm                                                   |
| A                         | 0,2025 m <sup>2</sup>                                    |
| H                         | 21 m                                                     |
| ρ                         | 2,4 ton/m <sup>3</sup>                                   |
| P                         | 102 kN                                                   |
| E                         | 3,60E+07 kN/m <sup>2</sup>                               |
|                           | Lengte in doorsnede                                      |
|                           | Breedte in doorsnede                                     |
|                           | Doorsnedeoppervlakte van de paal                         |
|                           | Paallengte                                               |
|                           | Massadichtheid paalmateriaal                             |
|                           | paalgewicht                                              |
|                           | Elasticiteitsmodulus paalmateriaal                       |
| <b>Ondergrondgegevens</b> |                                                          |
| Fr                        | 5744 kN                                                  |
| C                         | 6000 kN                                                  |
|                           | Representatieve dynamische draagkracht                   |
|                           | Vaste empirische waarde                                  |

| Output/berekening                                                                                                    |                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Impuls: $I = Mv_h = \sqrt{2 \cdot U \cdot M}$                                                                        |                                                                                 |
| I                                                                                                                    | 203,2 kNs                                                                       |
|                                                                                                                      | Impuls                                                                          |
| Impedantie paal: $Z_p = A \sqrt{E \rho} =$                                                                           |                                                                                 |
| Zp                                                                                                                   | 5952 kNs/m                                                                      |
|                                                                                                                      | Impedantie van de paal                                                          |
| Predictie van het slagcijfer:                                                                                        |                                                                                 |
| $N_{\frac{1}{4}} = F_r \cdot \frac{Z_p}{Mv_h} \cdot \frac{1}{C} = 4775 \cdot \frac{1882}{42} \cdot \frac{1}{6000} =$ |                                                                                 |
| $N_{1/4}$                                                                                                            | 28                                                                              |
|                                                                                                                      | 0,25 m-1                                                                        |
|                                                                                                                      | Het slagcijfer ofwel het aantal slagen per 25 cm penetratie                     |
| Kalender                                                                                                             | 0,27 m                                                                          |
|                                                                                                                      | De kalenderwaarde is de penetratie die in een tocht van 30 slagen wordt bereikt |

| Advies                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Het is raadzaam een blok te kiezen waarbij het eind slagcijfer voor de zwaarste palen maximaal 25 a 50 slagen over de laatste 0,25 m' zal bedragen. Slagcijfers van minder dan 10 slagen over de laatste 0,25 m' moeten vermeden worden daar in die gevallen de draagkrachtige laag niet goed gevoeld wordt. Slagcijfers die voor betonpalen oplopen tot 100 slagen per 0,25 m duiden op bijzonder zwaar heilwerk en moeten tevens vermeden worden. |      |
| Een redelijke vuistregel bij dieselblokken is te kiezen voor een zuilgewicht van circa 0,75 x paalgewicht. In dit geval is die verhouding (V/P)                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0,78 |

Kenmerk N003-1276528BXB-V01-ivl-NL

## Bijlage 2 Prognose heittrilling

Prognose trillen heien palen volgens CUR166 3e druk

| Projectinfo   |               |
|---------------|---------------|
| Projectnummer | 1276528       |
| Projectnaam   | SKYNRG        |
| Onderdeel     | Paalfundering |
| Opsteller     | BXB           |
| Fase          | Def           |
| Datum         | 25-4-2023     |



| Input                           |           |           |          |                                       |
|---------------------------------|-----------|-----------|----------|---------------------------------------|
| Naam/omschrijving               | Symbool   | Waarde    | Eenheid  | Bron/achtergrond                      |
| Bronsterkte                     | $u_0$     | 0,03      | mm/s     | CUR166 3e druk, tabel 5.16, verticaal |
| Dempingsconstante               | $\alpha$  | 0,03      | $m^{-1}$ | CUR166 3e druk, tabel 5.16, verticaal |
| Variatiecoëfficiënt             | $V_0$     | 0,60      | -        | CUR166 3e druk, tabel 5.16, verticaal |
| Potentiele energie heihamer     | $E_{pot}$ | 258000,00 | Nm       | Aanname                               |
| Hei efficiëntie                 | -         | 0,80      | -        | Aanname                               |
| Verwachtingswaarde bronsterkte  | $u$       | 13,63     | mm/s     | CUR166 3e druk, pagina 498            |
| Funderingstype                  |           | Geen      |          | CUR166 3e druk, tabel 5.19            |
| Overdracht bodem naar fundering | $C_d$     | 1,00      | -        | CUR166 3e druk, tabel 5.19            |

| Constanten         |         |        |         |                                            |
|--------------------|---------|--------|---------|--------------------------------------------|
| Naam/omschrijving  | Symbool | Waarde | Eenheid | Bron/achtergrond                           |
| Referentie locatie | $r_0$   | 5      | m       | CUR166 3e druk, tabel 5.17 in beschrijving |

| Veiligheidsfactor     |          |          |          |          |         |                            |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|---------|----------------------------|
| Naam/omschrijving     | Symbool  | Invoer 1 | Invoer 2 | Invoer 3 | Eenheid | Bron/achtergrond           |
| Kans op schade        | -        | 0,50     | 0,10     | 0,05     | -       | CUR166 3e druk, tabel 5.22 |
| Betrouwbaarheidsindex | $\beta$  | 0,00     | 1,3      | 1,64     | -       |                            |
| Veiligheidsfactor     | $\gamma$ | 1,00     | 1,73     | 1,99     | -       |                            |

| Locaties          |         |          |          |          |          |         |
|-------------------|---------|----------|----------|----------|----------|---------|
| Naam/omschrijving | Symbool | Locatie1 | Locatie2 | Locatie3 | Locatie4 | Eenheid |
| Afstand           | $r$     | 10       | 20       | 38       | 100      | m       |

| Berekening                                  |           |          |          |          |          |         |                                    |
|---------------------------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|---------|------------------------------------|
| Naam/omschrijving                           | Symbool   | Locatie1 | Locatie2 | Locatie3 | Locatie4 | Eenheid | Bron/achtergrond                   |
| Afname topwaarde met afstand                | $C_{0,r}$ | 0,61     | 0,32     | 0,13     | 0,01     | -       | CUR166 6e druk, deel 2, pagina 569 |
| Verwachtingswaarde verticale trilling $u_c$ |           | 8,30     | 4,35     | 1,84     | 0,18     | mm/s    | CUR166 3e druk, pagina 505         |

| Resultaat rekenwaarde $u_{c,d,vert}$ |               |          |          |          |          |         |
|--------------------------------------|---------------|----------|----------|----------|----------|---------|
| Kans op schade                       | Symbool       | Locatie1 | Locatie2 | Locatie3 | Locatie4 | Eenheid |
| 0,50                                 | $u_{max,c,d}$ | 8,30     | 4,35     | 1,84     | 0,18     | mm/s    |
| 0,10                                 | $u_{max,c,d}$ | 14,32    | 7,50     | 3,17     | 0,30     | mm/s    |
| 0,05                                 | $u_{max,c,d}$ | 16,52    | 8,65     | 3,66     | 0,35     | mm/s    |

frequentie 20 Hz Heien 5-20 Hz; trillen 25-40 Hz

| Resultaat rekenwaarde aardbevingsfactor $g_{vert,d}$ (versnelling/valversnelling) |              |          |          |          |          |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------|----------|----------|----------|---------|
| Kans op schade                                                                    | Symbool      | Locatie1 | Locatie2 | Locatie3 | Locatie4 | Eenheid |
| 0,50                                                                              | $g_{vert,d}$ | 0,106    | 0,056    | 0,024    | 0,002    | -       |
| 0,10                                                                              | $g_{vert,d}$ | 0,183    | 0,096    | 0,041    | 0,004    | -       |
| 0,05                                                                              | $g_{vert,d}$ | 0,212    | 0,111    | 0,047    | 0,004    | -       |

Notitie: CUR166 3e druk gebruikt ivm fouten in 6e druk