

**ONDERWERP**

Vibropalen in boringsvr je zone Flevoland - risicobeschouwing

**ONZE REFERENTIE**

D10029943:12

**DATUM**

26 april 2021

**VAN**

[REDACTED]

**AAN**

[REDACTED] (Provincie Flevoland)

Naar aanleiding van ons telefoongesprek van vorige week hierbij het antwoord op de volgende vragen:

1. Is er verschil tussen prefab palen en vibropalen wat betreft mogelijke verstoring van een hydrologisch scheidende kleilaag?
2. Is het technisch mogelijk om vibropalen te verwijderen (ca. 180 stuks) en de perforatie van de kleilaag te herstellen?
3. Zijn er mogelijkheden om eventuele lek door de hydrologische scheidende kleilaag op te sporen en te herstellen?

Zonder verdere projectspecifieke stukken gezien te hebben en de urgentie van uw kant heeft het een voornamelijk kwalitatief karakter. Naderhand zijn de volgende stukken nagezonden, die zijn doorgenomen zonder er een waardeoordeel over te hebben:

- [1.] BT Geoconsult - 2019-1837.4 v2 - Memo beschouwing paaltype en kwelrisico's vibropalen in relatie tot boringsvrije zone
- [2.] Windcombinatie Dura Vermeer – GMB “Stilleggen heiwerkzaamheden project Windpark Zeewolde” met kenmerk: WPZ-COR-FLE-001 d.d. 19 april 2021

## 1.1 Verschil tussen prefab palen en vibropalen t.a.v. hydrologie

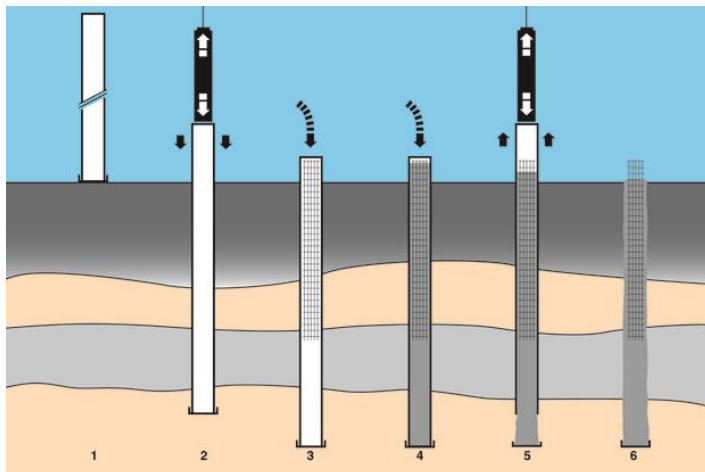
Prefab betonpalen worden gerekend tot de volledig grondverdringende paalsystemen. Prefab betonpalen hebben doorgaans over de lengte een uniforme, vierkante doorsnede. Bij het perforeren van een hydrologisch scheidende kleilaag wordt de grond zijdelings verdrongen waarbij de klei blijft aansluiten op de paalschacht. De kans op hydrologische kortsluiting tussen onder en boven de hydrologische scheidende kleilaag gelegen watervoerende zandlagen is klein.

Vibropalen worden ook gerekend tot de volledig grondverdringende paalsystemen. De paal wordt in de grond gevormd door een gladde mantelbuis op een voetplaat grondverdringend tot einddiepte te heien en vervolgens de buis te vullen met vloeibaar beton en wapening. Vervolgens wordt de mantelbuis terugheidend of -trillend in combinatie met statisch trekken uit de grond verwijderd; de voetplaat blijft in de grond achter en het beton drukt direct tegen de grond, zie onderstaande figuur.

Om het inbrengproces van de vibropaal te vergemakkelijken wordt een voetplaat toegepast waarvan de diameter enigszins groter is dan de mantelbuis. Hoeveel groter verschilt van bedrijf tot bedrijf en is tevens afhankelijk van de toegepaste buisdiameter en bedraagt orde 20 à 60 mm op de straal van de buis. Dit verschil in diameter tussen buis en voetplaat kan ervoor zorgen dat er tijdens het aanbrengen van de vibropaal, tussen fase 2 en 5 in onderstaand diagram, een hydrologische kortsluiting *kan* ontstaan, wanneer de beton de holle ruimte tussen de mantelbuis en de grond niet volledig opvult of er tussentijds een verticaal watervoerend kanaal langs de paalschacht is ontstaan.

Het is op voorhand echter niet gezegd dat het in dit specifieke geval ook daadwerkelijk hydrologische kortsluiting heeft kunnen ontstaan. Om hierover uitsluitsel te krijgen dienen aanvullende gegevens over het ontwerp en de uitvoering van de palen te worden geanalyseerd en moeten metingen aan grondwaterstanden / stromingen worden uitgevoerd.

Volgens aanvullende stukken [1.] is er slechts sprake van een beperkt stijghoogteverschil over de kleilaag. Het risico op een kwelweg is daarmee klein. Ook qua risico's qua levensduur zijn beperkt. Aandachtspunt is dat de wapening centrisch in de paal moet worden aangebracht. Bij het schoor aanbrengen van de palen is dit dienen daartoe afstandhouders te worden toegepast.



Figuur 1 schematische werkwijze vibropaal

## 1.2 Verschil tussen prefab palen en vibropalen (semantisch)

Momenteel wordt in de verordening gesproken over het toestaan van:

*“het slaan of hebben van betonnen heipalen, mits geen palen met verbrede voet en geen palen voor de uitwisseling van energie worden gebruikt”.*

Met “betonnen heipalen” wordt door de Provincie “geheide prefab betonpalen” bedoeld. In de funderingsbranche worden echter verschillende palen middels heien aangebracht met een betonpaal als eindresultaat. Ook een vibropaal wordt vanwege het installatieprincipe onder de geheide paalsystemen geschaard en heeft een betonpaal met constante dwarsafmeting als eindresultaat.

Wanneer de Provincie beoogt alleen prefab betonpalen toe te willen staan, wordt voorgesteld:

“betonnen heipalen”

In de verordening te veranderen in:

“geprefabriceerde betonpaal met constante dwarsafmeting die middels heien is geïnstalleerd”

Op die wijze wordt aangesloten op de beschrijving bij de geotechnische norm NEN 9997-1+C2:2017 zoals gegeven in Tabel 7.c.

## 1.3 Verwijderbaarheid van vibropalen

Het is technisch mogelijk om vibropalen te verwijderen door deze ‘koud’ te trekken of te overboren. Bij ‘koud’ trekken bestaat het risico op paalbreuk indien de paal niet over de volledige hoogte is gewapend of onvoldoende is gewapend. Bij overboren wordt met een overmaatse boorbuis de grond rond de paal los

geboord en vervolgens wordt de paal getrokken, eventueel met behulp van lossputten van de grond. De aldus ontstane holle ruimte dient bij beide methodes vervolgens te worden afgedicht met bentoniet, grout of beton.

De kans op een hydrologische kortsluiting tijdens het verwijderen van vibropalen blijft aanwezig, doordat het afdichtmiddel de holle ruimte niet volledig opvult of er tussentijds een verticaal watervoerend kanaal langs de afdichting is ontstaan.

Er zijn volgens uw informatie reeds veel vibropalen aangebracht, ca. 180 stuks. Gezien de aard van ingreep is het bij overboren niet uit te sluiten dat er door het verwijderen van de vibropalen (veel) meer hydrologische kortsluiting gaat ontstaan dan nu wellicht heeft kunnen optreden. Ook hierbij zal na het overboren en repareren de effectiviteit ervan middels aanvullende gegevens en metingen aan grondwaterstanden / -stromingen moeten worden aangetoond.

Aanbevolen wordt om de reeds aangebrachte vibropalen niet te verwijderen. Naast het potentieel meer verstoren van de afsluitende kleilaag wordt de bouwlocatie op die manier minder geschikt tot ongeschikt om de windturbines te funderen.

## **1.4 Resterende werkzaamheden t.a.v. de vibropalen**

Volgens uw informatie zijn de werkzaamheden stilgelegd op het moment dat er nog een beperkt aantal palen bij 1 windturbine locatie en alle palen bij 2 resterende turbine locaties moesten worden aangebracht. Ten aanzien van de turbine waar al bijna alle palen zijn aangebracht wordt aanbevolen om de resterende palen zoals gepland aan te brengen als vibropalen om geen verschillende constructieve funderingselementen onder de turbine te hebben. Voor de resterende 2 locaties waar nog geen vibropalen zijn aangebracht kan overwogen worden om alsnog prefab betonpalen toe te passen, of, gezien het beperkte risico op verstoring bij een correcte uitvoeringsmethode, om de vibropalen als gepland uit te voeren.

## **1.5 Mogelijkheden om lek in de hydrologische scheidende kleilaag op te sporen en te herstellen**

Middels gangbare geohydrologische monitoringstechnieken als peilbuizen kan worden getracht om lekkages op de sporen. Gedacht kan worden aan een raster van peilbuizen met filterstelling boven de hydrologische scheidende kleilaag en een klein aantal referentiebuizen onder de kleilaag. Het raster af te stemmen op het palenveld en eventuele paalconcentraties. Tevens bestaan er geofysische meetmethodes om lekkages op de sporen, maar het is lastig te zeggen of deze gezien het reeds aangebrachte palenveld genoeg resolutie verkrijgen om lekkages met voldoende zekerheid en nauwkeurigheid op te sporen.

Wanneer uit metingen blijkt dat er bij een bepaalde paal of paalgroep een verdenking van lekkage is, kan middels gerichte bodeminjectie worden getracht een waterdichting op of onder de kleilaag aan te brengen.

Uit de aanvullende stukken blijkt dat er zeer beperkt tot geen stijghoogteverschil over de kleilaag is [1.]. Gezien de beperkte nauwkeurigheid van beschikbare meettechnieken in relatie tot het zeer beperkte tot afwezige stijghoogteverschil maakt dit het opsporen van mogelijke lekwegen zeer moeilijk tot onmogelijk.