

## *GEM project memo*

---

Onderwerp: Aanvulling op het MER  
Gemini m.b.t. alternatieve fundaties, heimethoden,  
hei-cycli en bronmaatregelen

---

3	For issue	20130522		Mbr	CMo	PBo
2	For issue	20130517		MBr	CMo	PBo
1	For issue	20130514		MBr	BBu	PBo
<b>Rev.</b>	<b>Doc Status</b>	<b>Date</b>	<b>Sections</b>	<b>Prepared by</b>	<b>Checked by</b>	<b>Approved by</b>

## 1. Inhoud

### Inhoud

1. Inhoud.....	2
2. Keuze funderingstype.....	3
Gravity Based Foundation (GBF): .....	3
Jacket: .....	4
Suction buckets: .....	4
Monopile: .....	5
3. Installatiemethode .....	5
4. Installatietijden .....	6
5. mitigerende maatregelen:.....	7
Geluidsmantel: .....	8
Grote Bellen Scherm: .....	8
Conclusies:.....	8

## 2. Keuze funderingstype

Met de overname van de windparken Buitengaats en ZeeEnergie van BARD GmbH uit Emden door Typhoon Capital BV zijn het ontwerp van de turbines en de fundaties opnieuw beoordeeld. Mede door de ervaringen die zijn opgedaan bij de Duitse projecten van BARD kwam naar voren dat een aantal technische aspecten zoals om aandacht vroeg. Het ging daarbij met name om het onderhoud van de BARD 5.0 turbine en de gebleken uitvoeringsproblemen bij het systeem van drie gekoppelde funderingspalen per turbine. Bovendien bleek de levering van de 5.0 BARD turbine, het technisch hart van het toenmalig ontwerp, niet zeker was als gevolg van de financiële situatie van BARD. Er restte Typhoon niets anders dan het ontwerp van de turbines en funderingen te herzien. Tevens werd de exportverbinding naar de vaste wal opnieuw tegen het licht gehouden. Daarbij kon gebruik worden gemaakt van de uitgebreide ervaring van Typhoon en haar consultants met vergelijkbare projecten.

De grote waterdiepte van de Gemini locatie (Buitengaats en ZeeEnergie) en de grote afstand tot het vaste land waren mede bepalend bij het onderzoek naar alternatieven. Voor een project van deze omvang zo ver op zee, met de bijhorende weersomstandigheden tijdens de aanleg- en in de operationele periode, is het van belang te kiezen voor bewezen technieken, waarmee de risico's verkleind worden. Bovendien zijn vanuit de subsidieverlening een aantal randvoorwaarden aan de Gemini-projecten opgelegd, waaronder een strakke planning, waarbinnen de alternatieven moesten passen.

Een belangrijke beslissing was de keuze voor de wat lichtere Siemens 4.0 MW turbine, een doorontwikkeling op de bewezen 3.6 MW turbine van Siemens. Bij dit 20% kleinere turbinevermogen is de belasting van de funderingen ook wat kleiner, zodat meer funderingstypen in aanmerking kwamen. Het aantal turbines nam daardoor toe van 60 naar 75 per park, met een wat hogere jaarproductie bij een gelijkblijvend vermogen (van 300 MW per park). De volgende funderingsalternatieven zijn onderzocht en afgewogen.



### **Gravity Based Foundation (GBF):**

Een GBF-fundering is bij de voor de Gemini parken aan de orde zijnde waterdiepten niet haalbaar. De funderingskrachten en de daardoor benodigde afmetingen van het funderingsblok worden daarvoor te groot. De installatie van dergelijke funderingen op diep water vergt zware installatievaartuigen die op maat zouden moeten worden gemaakt of aangepast. Er is bovendien een volledig op de situatie toegesneden ontwerp nodig, waarvan de certificering veel tijd vergt en onzeker is. Binnen de aan het Gemini project (vanuit de subsidievoorwaarden) opgelegde planning zijn dergelijke trajecten op voorhand niet haalbaar. De kosten voor een dergelijke fundatie zijn bij deze waterdiepte bovendien extreem hoog en waarschijnlijk prohibitief.



### **Tripod- en Tripile-fundatie:**

Er zijn verschillende funderingstypen die de krachten van grote turbines over drie funderingspalen verdelen. Het installeren van een Tripod of Tripile-fundatie kent echter veel technische uitdagingen die vooral op de Gemini locatie, ver op zee met grote golfhoogte en zware weersomstandigheden teveel risico's met zich meebrengen. Met name het 'passen' van het koppelstuk op drie van te voren geheide palen is een risico. Eerdere ervaringen van BARD met dit type fundering lieten dat ook zien, waardoor grote vertragingen ontstonden en wat bijdroeg aan de problemen waarin BARD terecht kwam. De palen die bij dit type fundering gebruikt worden zijn weliswaar wat kleiner van doorsnede dan bij een mono-paal, maar het aantal palen is drie maal zo groot, waardoor de effectieve duur van het heien aanmerkelijk toeneemt. Weliswaar is de benodigde slagenergie per paal wat kleiner, maar uit berekeningen blijkt dat de verstoring daardoor minder dan evenredig afneemt. Met de restricties die momenteel gelden voor heiwerk op het NCP (niet gelijktijdig heien, alleen heien in het tweede helft van het jaar) is het al een uitdaging om 2 X 75 (mono)palen in 2 heiseizoenen te installeren. Met 450 palen is dat niet haalbaar, tenzij er meerdere heistellingen tegelijk aan het werk zouden zijn. Behalve de kosten en effecten zijn voor Typhoon m.n. de gebleken uitvoeringsrisico's een reden om niet voor dit funderingstype te kiezen.

### **Jacket:**



Een 'jacket' fundering is een vakwerk constructie die zich het beste laat vergelijken met de constructie van een klassieke hoogspanningsmast. Typhoon heeft overwogen om een dergelijke constructie toe te passen tot boven het wateroppervlak en vervolgens met een transitiestuk over te gaan op de toren van de turbineleverancier. Per fundatie dienen 3 a 4 palen in de zeebodem gedreven te worden. De ontwerp, fabricage, transport, installatie- en onderhoudskosten zijn echter veel hoger dan voor een mono-paal. Het kostentechnisch omslagpunt voor een jacket fundatie ligt bij een (nog) grotere waterdiepte en zwaardere turbine en dat punt worden in het Gemini project niet bereikt. Bovendien kent dit type fundering voor een deel dezelfde bezwaren als die van een Tripod of Tripile: meer en langer durend heiwerk en meer uitvoeringsrisico's die m.n. voor een project zo ver uit de kust zwaar wegen.

### **Suction buckets:**

Het is in beginsel mogelijk om palen in de zeebodem te drijven met behulp van 'suction buckets' (zuigpalen). Daarbij worden de palen met onderdruk de bodem 'ingezogen', waarbij in beginsel geen heiwerk nodig is. Voor grotere turbines is dit funderingstype echter nog weinig toegepast, omdat i.t.t. geheide palen minder grondverdringing en verdichting ontstaat. Bovendien is het systeem afhankelijk van de bodemgesteldheid, waardoor voor vooronderzoek nodig is. Daardoor ontstaan onzekerheden en vragen over de overdracht van laterale krachten aan de bodem. Dit systeem laat zich daardoor alleen combineren met Tripod-, Tripile- of jacketfunderingen, waarbij de overdracht van laterale krachten beperkt is. De al genoemde andere bezwaren tegen deze typen funderingen, in combinatie met het experimentele karakter van dit type fundering, de hoge tijdsdruk en de zware werkomstandigheden maken dat Typhoon niet voor deze oplossing kan kiezen.

### Monopile:



De ervaring met het ontwerpen en installeren van mono-piles binnen het Gemini projectteam is groot. Datzelfde geldt voor het ontwerp bureau, de aannemer en de leverancier van de turbine. Door deze ervaringen worden de “lessons learned” uit vorige projecten verwerkt in het ontwerp en de uitvoeringsmethoden, waardoor een aantal onzekerheden en risico’s vergaand worden gemitigeerd. De constructie is bovendien van zichzelf minder complex en de hoeveelheid staal is significant minder dan bij enkele andere van de genoemde ontwerpen. De constructie is bovendien minder onderhoudsgevoelig. Doordat voor een kleinere turbine (4 MW) is gekozen komen behoort een monopile tot de mogelijkheden en liggen de benodigde afmetingen binnen het bereik van de meer courante installatievaartuigen, wat verder bijdraagt aan de haalbaarheid van de planning.

## 3. Installatiemethode

De wijze waarop een paal in de zeebodem wordt gedreven is meestal door middel van een zgn. Hydro-hamer. De laatste tijd is er echter een sterke ontwikkeling in de toepassing van zgn. Vibro-hamers. Deze laatste techniek wordt mede ingegeven door de lagere onderwatergeluidsproductie en een kortere installatietijd. Helaas kan deze wijze van installeren alleen in bepaalde grondcondities worden toegepast. Zo kan een kleilaag – zoals deze plaatselijk ook op de Gemini locaties voorkomt - niet of nauwelijks gepenetreerd worden met deze techniek.

De certificering van de Vibro-hamer is ook een punt van aandacht, met name voor de monopile. Door het intrillen van de palen ontstaat een verandering van de bodemstructuur. De bodemstructuur rond een mono-paal is van groot belang, vanwege de afdracht van laterale krachten (= krachten in dwarsrichting op de paal). Bij een Tripod of Tripile constructie worden laterale krachten in belangrijke mate omgezet in druk en trekkrachten in lengterichting van de palen. Bij die wijze van krachtafdracht speelt de laterale druk op de palen een mindere grote rol. Een dergelijk type fundering heeft echter overwegende nadelen, zoals hierboven toegelicht. Diverse Europese instituten onderzoeken momenteel wat de invloed van een Vibro-hamer op de grondgesteldheid nabij de paal en de laterale weerstand is.

Ten behoeve van het intrillen is het bovendien (net als bij suction buckets) noodzakelijk om vooraf de bodemgesteldheid per paalpositie gedetailleerd in beeld te hebben. De aanwezige kleilagen dienen inzichtelijk te zijn om te kunnen bepalen of de paal op de juiste diepte te installeren is door met een Vibro-hamer. Verrassingen tijdens het werk moeten worden uitgesloten.

Wanneer echter in de nabije toekomst zou blijken dat de Vibro-techniek toepasbaar en tijdig te certificeren is, dan neemt Typhoon deze alsnog in overweging. Voor alle partijen (initiatiefnemer, aannemer en natuur) lijkt deze installatietechniek immers gunstiger uit te kunnen pakken. Omdat daarover geen zekerheid is, is vooralsnog het inheien van een mono-palen met Hydro-hamer het uitgangspunt voor de vergunningaanvragen en dus van het MER en de PB.

## 4. Installatietijden

Onderstaand schema geeft een vereenvoudigd inzicht van de doorlooptijden bij de diverse installatiecycli, in relatie tot de werkbare weersomstandigheden. De (nooit te plannen) gevolgen van storingen en problemen met de aanvoer van turbines en funderingen zijn daarbij buiten beschouwing gelaten, maar deze zijn uiteraard niet uitgesloten. Daarom moet altijd een zekere speling in de planning worden aangehouden, een werk als dit loopt nooit van begin tot eind perfect. Uitgangspunt voor deze cycli is het gebruik van mono-palen, om de hierboven toegelichte redenen. Afgezien van de 48-uurscyclus is de netto tijd die nodig is om de paal in de bodem te drijven gelijk voor alle cycli, behalve het scenario waarin gebruik wordt gemaakt van een geluid beperkende maatregel met een mantel of bellenscherm, wat meer tijd vergt.



De rode balkjes geven de totale netto hei-tijd per park van 75 palen. De lange paarse balken geven de tijd die gebruikt wordt voor alle werkzaamheden die nodig zijn om een paal op zijn plaats in de bodem te drijven, zoals de tijd die het vergt om de onderdelen aan te voeren over zee, op te stellen, uit te lijnen en ook het heien zelf. De blauwe balk geeft de totale doorlooptijd van één heiseizoen weer, terwijl de grijze balk de met 80% zekerheid werkbare tijd (115 dagen) binnen een heiseizoen weergeeft, met inachtneming van de weersomstandigheden en golfhoogten. Een aannemer gaat er vanwege de hoge kosten van materieel dat stilligt in zijn planning doorgaans uit van minimaal 80% en bij voorkeur 90% zekerheid t.a.v. de werkbare weersomstandigheden.

Uit het overzicht dat het werk waarschijnlijk alleen binnen één seizoen uitvoerbaar is met een heicyclus van minder dan 36 uur, waarbij nog geen rekening is gehouden met de gevolgen van storingen e.d. De heicyclus wordt daarom verkort van 48 naar 24 uur en bij voorkeur korter. Verder blijkt dat het bij gebruik van een geluidsmantel niet mogelijk is om 75 palen in 1 heiseizoen te installeren, omdat daarvoor 3186 uur nodig is terwijl de met 80% zekerheid beschikbare tijd 2280 uur is. Omdat een derde of (bij twee parken) mogelijk zelfs een vierde heiseizoen geen optie is voor het Gemini-project, is het werk op deze basis niet aan te

besteden. Een bellenscherm is op deze waterdiepte en onder deze condities geen alternatief, want niet altijd effectief, omdat de bellen bij grote waterdiepten en stroomsnelheden onderwater 'uiteen waaien'. De kans is groot dat dan geen sprake is van een gesloten bellengordijn. De ervaringen met de afscherming van geluid door bellenschermen zijn daardoor wisselend, men heeft moeite de beoogde geluidsreducties te halen. In theorie zou kunnen worden gewacht op rustig weer, maar daarvoor is het bouwseizoen te kort.

## 5. mitigerende maatregelen:

In deze paragraaf wordt kort in gegaan op de vraag van de Commissie m.e.r. welke bronmaatregelen mogelijk zijn in *aanvulling* op de overige restricties en maatregelen en welke invloed dat heeft op de ligging van de onderwatergeluidscontouren, daarbij verwijzend naar de in de PB beschreven situatie in Duitsland, waar met bellenschermen, maar zonder tijdsrestricties wordt gewerkt.

In de voorgaande paragraaf is reeds toegelicht dat aanvullende maatregelen zoals geluidsmantels en bellenschermen niet combineerbaar zijn met de in de huidige vergunningen opgelegde tijdsbeperkingen, waarbij de heiwerkzaamheden alleen in de tweede helft van het jaar plaats mogen vinden. Het gebruik van bronmaatregelen wordt waarschijnlijk wel mogelijk wanneer de tijdsrestrictie zouden vervallen, waarbij het gebruik van soft start en pingers kan worden gehandhaafd. Dat is echter een andere vraag dan gesteld en daarover geeft de PB geen informatie. Deze vraag kan echter alsnog aan de orde komen wanneer de Commissie kennis heeft genomen van de nadere toelichting op de gebruikte nieuwe berekeningsmethoden en uitgangspunten. Op basis van daarvan kunnen de noodzaak van restricties en de uitwisselbaarheid van maatregelen opnieuw worden afgewogen.

Omdat een stapeling van bronmaatregelen met de al opgelegde andere maatregelen voor Gemini niet haalbaar is, is de ligging van met bronmaatregelen gemitigeerde onderwatergeluidcontouren niet specifiek doorgerekend. De ervaringen met Duitse windparken geven echter wel een beeld van de mogelijke effectiviteit, met name omdat in de Duitse vergunningen een beperking van 164 dB op 750 meter afstand van de geluidsbron wordt opgelegd. Er is echter geen handhaving tijdens het werk, de resultaten worden achteraf overlegd en die zijn wisselend. Bovendien worden in Duitsland geen beperkingen gesteld t.a.v. de heicyclus, de heiperiode of de gelijktijdigheid van aanlegwerkzaamheden voor meerdere parken en gaat het daar doorgaans om kleinere aantallen en/of kleinere palen. Dat maakt dat daar de (combinatie van) uitdagingen doorgaans kleiner is, waardoor de praktijkervaringen niet één op een vertaalbaar zijn naar de Nederlandse situatie.

In de onderstaande toelichting worden de twee belangrijkste technieken nader beschouwd, n.l. de geluidsmantel van IHC en het door Hydro Technik Lubeck ontwikkelde Grote Bellen Scherm (GBS).



### Geluidsmantel:

Het toepassen van een geluidsmantel zorgt zoals gezegd voor een langere heicyclus, bovendien moet eerder worden gestopt wegens onwerkbaar weer. Naast de benodigde activiteiten voor



het opstellen van de paal, dient de mantel geïnstalleerd te worden. Dit zorgt voor een cyclustijd van ten minste 30 uur. Ten gevolge daarvan 1 paal minder per keer worden meegenomen. Dat zorgt voor extra transportbewegingen van en naar het windpark. De totale benodigd tijd komt daarmee ver boven de hoeveelheid dagen die er ter beschikking is voor installatiewerkzaamheden in de tweede helft van het jaar, rekening houdend met de (als gevolg van het werken met een mantel) extra beperking van de werkbare golfhoogte ( $H_s = 1,5$  meter). Dat is met name voor locaties ver uit de kust een te grote beperking. De waterdiepte en bodemgesteldheid variëren bovendien fors. Hierdoor zijn meerdere mantelafmetingen nodig, wat het werk verder compliceert en vertraagt. Naast de gevolgen voor de planning levert dit ook grote logistieke problemen op. De

risico's, planning en financiële consequenties maken dat de maatregel niet uitvoerbaar is binnen de gestelde tijdsbeperking.

### Grote Bellen Scherm:



Voor het toepassen van een bellenscherm gelden eveneens restricties met betrekking tot de werkbare golfhoogte, zij het dat deze wat minder beperkend zijn. Er is echter bij de gegeven waterdiepten en stroom- en windsnelheden geen zekerheid over de werking van een bellescherm, tenzij alleen bij optimale omstandigheden wordt gewerkt. Daarvoor ontbreken echter de mogelijkheden binnen de gestelde tijdsrestricties.

### Conclusies:

De geluidsreductie van de mantel is betrouwbaarder dan van een bellenscherm. In antwoord op de vraag van de commissie is de conclusie dat beide systemen echter niet uitvoerbaar zijn binnen de tot nu toe voor heiwerkzaamheden op zee opgelegde tijdsbeperking, omdat het werk dan in twee bouwseizoenen per park zou moeten plaatsvinden (en dus in drie tot vier seizoenen in totaal voor Gemini). Een dergelijke planning past niet binnen de randvoorwaarden die bij de subsidieverlening opgelegd zijn en bovendien zijn de meerkosten waarschijnlijk prohibitief.

Bronmaatregelen als *alternatief* voor de tot nu toe gehanteerde tijdsbeperkingen wijken af van de tot nu toe gangbare voorschriften, maar zouden in overleg met het bevoegd gezag (later) alsnog kunnen worden afgewogen. Er dient echter eerst kennis te worden genomen van de nadere toelichting op de nieuwe methodiek voor de bepaling en beoordeling van de effecten van onderwatergeluid en de conclusies t.a.v. de beoogde - in paragraaf 3 ook op technische gronden toegelichte - verkorting van de heicyclus van 48 naar 24 uur of korter.