



Aanvulling Ontwerpdocumenten Offshore windpark Q4-WP

augustus 2007

**Dit rapport is
een bijlage behorende bij
de aanvraag Wbr vergunning
Offshore Windpark Q4-WP**



Opgemaakt door

E-Connection
Eco-kantoor
Postbus 101
3980 CC Bunnik

tel: +31 (0)30 - 659 8000
fax: +31 (0)30 - 659 8001
e-mail: e-connection@e-connection.nl

augustus 2007
P96
© E-Connection, 2007

Aanvulling Ontwerpdocumenten Offshore Windpark Q4-WP

Het ontwerp van Offshore Windpark Q4-WP is gebaseerd op de ontwerpfilosofie van het Offshore Windpark Q7-WP, maar aangepast voor de Vestas V90 – 3.0 MW Offshore en geactualiseerd op basis van de laatst beschikbare technische en locatie gegevens. Het ontwerp is voorts gebaseerd op het ontwerp van het Offshore Windpark Egmond aan Zee. Deze ontwerpdocumenten zijn reeds in u bezit. Dit ontwerp is gecertificeerd door DNV. Dit certificaat is separaat toegezonden en is reeds in bezit bij het Bevoegd Gezag.

Ontwerpfilosofie Offshore Windpark Q4-WP (Bijlage 2)

In dit document wordt beschreven wat de ontwerpfilosofie is, en wat de aanpak is van het (basis) ontwerp van Offshore Windpark Q4-WP. Met name wordt ingegaan op de afstemming (interface) van de ondersteuningsconstructie op de (belasting van de) windturbine mast en de gondel.

Overige ontwerpdocumenten ondersteuningsconstructie en transformatorstation

In Bijlage 3 is een aanzichttekening opgenomen van de windturbine inclusief ondersteuningsconstructie en de inklemming in de zeebodem.

De ontwerpdocumenten van de bovenbouw van het transformatorstation zijn te vinden in Bijlage 4. Voor de onderbouw van het transformatorstation is gekozen voor een monopaal fundering. De documenten van deze onderbouw zijn weliswaar zwaarder dan, maar vergelijkbaar met de documenten voor de ondersteuningconstructie van de windturbines. Een afbeelding van het transformatorstation en de monopaal ondersteuningsconstructie is opgenomen in het bij de aanvraag gevoegde Oprichtings- en Constructieplan. Afmetingen en gewichten van het transformatorstation zijn te vinden in Bijlage 1: Technische beschrijving Offshore Windpark Q4-WP.

De documenten van de ondersteuningsconstructie en fundering, inclusief de wijze van berekenen en de toegepaste belastingsituaties, staan beschreven in Bijlage 2.

De gebruikte omgevingsfactoren en een vergelijking tussen de omgevingsfactoren van de locatie van het Offshore Windpark Egmond aan Zee en van het Offshore Windpark Q4-WP komen in het hiernavolgende punt aan de orde.

Certificaat van het ontwerp

Het toegezonden certificaat heeft betrekking op het ontwerp van Offshore Windpark Egmond aan Zee. De basis ontwerpdocumenten voor het Offshore Windpark Q4-WP zijn gelijk aan die van het Offshore Windpark Egmond aan Zee.

De omgevingscondities op beide locaties lijken dermate op elkaar dat het basis ontwerp van het Offshore Windpark Egmond aan Zee (en van Offshore Windpark Q7-WP) als uitgangspunt kan worden gebruikt voor het Offshore Windpark Q4-WP. Na de detail engineering op basis van uitgebreide grond- en bodemonderzoeken, die pas na verlening van de vergunning zullen worden uitgevoerd, zullen de definitieve ontwerpdocumenten worden gemaakt.

Daar Offshore Windpark Egmond aan Zee in minder diep water staat, dan Offshore Windpark Q4-WP, kan op voorhand reeds gesteld worden dat de wanddikte, de paaldiameter en de inhei diepte van de monopalen groter zal zijn dan bij het Offshore Windpark Egmond aan Zee het geval is.

Het DNV certificaat voor het Offshore Windpark Egmond aan Zee kan worden gebruikt voor het basisontwerp van Offshore Windpark Q4-WP. DNV heeft namelijk geconstateerd dat de omgevingsbelastingen voor Offshore Windpark Egmond aan Zee en Offshore Windpark Q4-WP vergelijkbaar zijn. Hierbij zijn de primaire omgevingsbelastingen (wind, golven, getij en stroming, waterniveaus) én de condities van de zeebodem van de beide locaties met elkaar vergeleken. Hierna wordt per aspect nader toegelicht dat ook naar het oordeel van DNV deze aanname aanvaardbaar is voor deze fase, te weten de fase van het basis ontwerp, en welke specifieke informatie DNV daarbij in beschouwing heeft genomen.

Locatie Offshore Windpark Q4-WP:

Bathymetry (m LLWT)	minimum	19
	maximum	27
Morphology/mobility	sand waves	4
	mega ripples	exist
Surface sediment	according to Folk	S
	%silt	<10
	D50	300 - 420
Geological structure	Top Pleistocene	KR
	thickness Holocene	0 - 10
	tidal creeks	not found
	lithology 0 - 10 m	sand

Legenda:

- Bathymetry: sea depth in meters below LLWS.
- Morphologie/mobility: height of sand waves and presence of mega ripples.
- Sand waves: sea bed structure with wavelength of several hundreds of meters. Amplitude in meters is given.
- Mega ripples: existence of seabed structure with wavelength 5-15 m and amplitude 0.5-1.5 m.
- Surface sediment, composition according to Folk: S=sand; (g)S=slightly gravelly sand; gS=gravelly sand.
- %silt: defined as the percentage fraction < 0.063 mm.
- D50: median of the sand grain size distribution in micrometer.
- Top Pleistocene formation type indicated as follows: KR=Van Kreftenheye formation; E=Eem formation; BNB=Bruine Bank formation; TW=Twente formation; CLV=Cleaver Bank formation.
- Thickness Holocene in meters.
- Tidal creeks: presence (or not) of shaly Holocene gully creek fills.
- Lithology 0-10 m: Composition of the top 10m of seabed.

Wind:

In onderstaande tabel zijn de windgegevens opgenomen van locatie Offshore Windpark Egmond aan Zee en de locatie Offshore Windpark Q4-WP. Uit de tabel blijkt dat de windsnelheid voor beide locaties dezelfde orde van grootte heeft.

De bepalingen zijn gebaseerd op werkelijk gemeten winddata van locatie Offshore Windpark Egmond aan Zee. Daarmee is de nauwkeurigheid voor de windmetingen op deze locatie groot. Om de onnauwkeurigheidsmarge voor de windbepalingen voor de locatie Offshore Windpark Q4-WP zo klein mogelijk te houden, is het gebruik van de winddata van locatie Offshore Windpark Egmond aan Zee het meest accuraat. Elke andere schatting (zoals bijvoorbeeld uit een offshore windkaart van ECN) geeft een grotere onnauwkeurigheid. Exacte bepaling van de windsnelheid op de locatie Offshore Windpark Q4-WP is niet mogelijk, omdat voor deze locatie geen windmetingen beschikbaar zijn.

	Locatie Offshore Windpark Egmond aan Zee	Locatie Offshore Windpark Q4-WP
Wind	70 m hoogte: 9,1 m/s	70 m hoogte: 9,1 m/s 80 m hoogte: 9,2 m/s 90 m hoogte: 9,3 m/s 100 m hoogte: 9,4 m/s 110 m hoogte: 9,6 m/s

Golven:

In onderstaande tabel zijn de gegevens opgenomen met betrekking tot de golven op de locatie Offshore Windpark Egmond aan Zee en op de locatie Offshore Windpark Q4-WP. Uit deze informatie en uit de algemeen bekende informatie dat de gemiddelde golfhoogte in de Noordzee naar het zuiden toe – onder invloed van de toenemende stroming en de (relatieve) vernauwing – afneemt, kan geconcludeerd worden dat de gemiddelde golfhoogte op locatie Offshore Windpark Q4-WP vrijwel gelijk is aan die op de locatie Offshore Windpark Egmond aan Zee.

	Locatie Offshore Windpark Egmond aan Zee	Locatie Offshore Windpark Q4-WP
Golven	- Sterke variatie in tijd - Golfhoogte 11,4 m / 100 jaar - Jaargemiddelde golfhoogte 0,5-2,0 m	- Sterke variatie in tijd - Golfhoogte 10 m / 10 jaar - Golfhoogte 11,5 m / 100 jaar - Significante golfhoogte zomer 0,9 m - Significante golfhoogte winter 2,0 m - Jaargemiddelde golfhoogte 0,5 – 2,0 m - Overheersende golfrichting ZW en NW - Onderliggende deining uit NW

Op de website www.golflimaat.nl zijn voor negen locaties extreme waarden van de golfhoogte HmO bepaald in het diepe water voor het Nederlandse kustgebied.

In onderstaande tabel zijn weergegeven deze gegevens van twee stations (IJmuiden munitiestortplaats en Meetpost Noordwijk), die het meest dichtbij beide locaties liggen.

Deze golfhoogtemetingen zijn verricht in de periode 1979-2002. Uit de meetreeksen zijn maxima (hoogste waarden tijdens een storm) van de golfhoogte HmO geselecteerd, daarbij rekening houdend met een aantal voorwaarden.

Deze reeks maxima is uitgezet als overschrijdingskromme en vervolgens is daardoor een lijn gefit, die voldoet aan de (conditionele) Weibull-verdeling. Met behulp van deze verdeling kan voor elke waarde van de golfhoogte HmO (boven de gekozen drempelwaarde) worden bepaald hoe frequent deze golfhoogte naar verwachting zal worden overschreden.

Onderstaande tabel geeft enkele karakteristieke waarden van deze verdeling, namelijk de golfhoogten H_{m0} , die gemiddeld eens per 10 jaar, eens per 100 jaar, eens per 1000 jaar en eens per 10.000 jaar wordt overschreden. De laatste waarde is de meest belangrijke. Veel veiligheidsberekeningen gaan uit van een overschrijdingsfrequentie van eens per 10.000 jaar.

Uit de tabel volgt dat op beide meetlocaties de golfhoogten vergelijkbaar zijn, waarbij echter wel opgemerkt wordt dat de zuidelijke meetlocatie (Meetpost Noordwijk) een kleinere golfhoogte heeft. De golfhoogte op de locatie Offshore Windpark Q4-WP zal vrijwel gelijk zijn aan die op de locatie Offshore Windpark Egmond aan Zee.

	Extremen golfhoogte H_{m0}			
Meetlocatie	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
IJmuiden munitiestortplaats	6,69	7,71	8,57	9,33
Meetpost Noordwijk	5,79	6,64	7,34	7,96

	Golfhoogte H_{m0} (conditionele Weibull verdeling)			
Meetlocatie drempel	ω [m]	P_c [-/jaar]	α [-]	σ [m]
IJmuiden munitiestortplaats	3,37	8,33	2,29	3,05
Meetpost Noordwijk	3,14	8,33	2,53	2,93

Getij/stroming:

In onderstaande tabel zijn weergegeven de gegevens met betrekking tot getij en stroming op de locatie Offshore Windpark Egmond aan Zee en locatie Offshore Windpark Q4-WP. Het gemiddelde getijverschil is voor beide locaties gelijk. De maximale getijstroom treedt op in de bovenste waterlaag circa 1 uur na hoogwater. Gegeven de ligging van beide locaties en hetzelfde gemiddelde getijverschil is de verwachting dat ook de maximale getijstroom op beide locaties vergelijkbaar is.

	Locatie Offshore Windpark Egmond aan Zee	Locatie Offshore Windpark Q4-WP
Getij en stroming	- Gemiddeld getijverschil: 1,7 m - Maximale getijstroom: in N-richting	- Gemiddeld getijverschil: 1,7 m - Maximale getijstroom 1,3 m in N-richting

Waterdiepte:

In onderstaande tabel zijn weergegeven de gegevens met betrekking tot de waterdiepte op de locatie Offshore Windpark Egmond aan Zee en locatie Offshore Windpark Q4-WP. Geconcludeerd kan worden dat de gemiddelde waterdiepte op locatie Offshore Windpark Egmond aan Zee kleiner is dan op de locatie Offshore Windpark Q4-WP.

	Locatie Offshore Windpark Egmond aan Zee	Locatie Offshore Windpark Q4-WP
Waterdiepte	- Zeebodem: stabiel - Waterdiepte: gem. 17 m (max. 22-25 m) - Zeebodem vrijwel vlak	- Zeebodem: stabiel - Waterdiepte: 18 – 26 m - Zeebodem vrijwel vlak

Bodemgesteldheid:

In onderstaande tabel zijn de gegevens weergegeven met betrekking tot de bodem op de locatie Offshore Windpark Egmond aan Zee en locatie Offshore Windpark Q4-WP. Hoewel er verschillen zijn tussen beide locaties, kan er ten behoeve van de basis ontwerpdocumenten van uitgegaan worden dat de bodemgegevens van beide locaties vergelijkbaar zijn.

	Locatie Offshore Windpark Egmond aan Zee	Locatie Offshore Windpark Q4-WP
Bodemvorm	• Zeebodem: stabiel • Zeebodem vrijwel vlak • Zandgolven: - niet aanwezig - wel zandbanken: ZW-NO	• Zeebodem: stabiel • Zeebodem vrijwel vlak • Zandbanken: - gem. verplaatsing tot 1 m/jr - golflengte: enkele 1000 m - amplitude: ca. 4 m
Bodem	• Zeebodem: - voornamelijk zand: 200-300 µm	• Zeebodem: - fijn zand: 150-250 µm - slib percentage: < 5%

Corrosie:

Het zoutgehalte op beide locaties is nagenoeg gelijk. Omdat er vrijwel geen verschil is in het zoutgehalte op de locaties speelt het zoutgehalte geen rol bij het nemen van corrosiebeschermende maatregelen. Het corrosie-aspect is dus niet onderscheidend voor beide locaties. Dat betekent dat bij het opstellen van de basis ontwerpdocumenten ten aanzien van dit aspect ook geen onderscheid wordt gemaakt tussen beide locaties.

Conclusie:

Uit het voorgaande blijkt dat de omgevingsfactoren van locatie Offshore Windpark Egmond aan Zee goed vergelijkbaar zijn met die op de locatie Offshore Windpark Q4-WP.

Geringe verschillen zijn er ten aanzien van de waterdiepte (de waterdiepte op de locatie Offshore Windpark Q4-WP is groter). Als gevolg van de grotere waterdiepte zullen de funderingen van Offshore Windpark Q4-WP zwaarder moeten worden uitgevoerd dan voor Offshore Windpark Egmond aan Zee het geval is. Dit houdt in dat de wanddikte en de diameter van de funderingspaal én de inheidiepte van de monopalen voor de fundatie van de windturbines van Offshore Windpark Q4-WP groter zullen moeten zijn. Voor het basis ontwerp van de locatie Offshore Windpark Q4-WP is dit echter niet van belang. Hiervoor kan het basis ontwerp van het Offshore Windpark Egmond aan Zee worden gebruikt. Uiteraard zal het definitieve ontwerp, dat pas gemaakt wordt nadat het gedetailleerde bodem- en grondonderzoek is uitgevoerd, wel afwijken van het definitieve ontwerp van Offshore Windpark Egmond aan Zee.

Bijlage 1: Technische beschrijving Offshore Windpark Q4-WP

De windturbine bestaat uit de volgende onderdelen:

- Funderingspaal.
- Transitiestuk
- Werkbordes
- Turbinemast
- Gondel (met tandwielkast en generator)
- Rotorbladen.

Een overzichtstekening van de windturbine is opgenomen in Bijlage 3.

Fundering

De fundering bestaat uit een holle stalen buispaal met een uitwendige diameter van circa 4,6 meter. De fundering zal tot een diepte van circa 30 m onder het niveau van de zeebodem in de bodem worden geheid. De diepte is afhankelijk van de exacte bodemgesteldheid op de locatie van de windturbine.

Transitiestuk

Het transitiestuk is een buisconstructie met een diameter van circa 4,7 meter. Deze wordt over de funderingspaal geplaatst. Na het stellen om een eventuele scheefstand van de funderingspaal te corrigeren, wordt deze aan de funderingspaal gekoppeld door middel van een grout verbinding. De overlap van het transitiestuk in de funderingspaal bedraagt circa 8 meter. Het transitiestuk bevindt zich tussen circa -5,5 meter MSL en + 13,5 meter MSL. De "bootlanding" constructie vormt een geïntegreerd deel van het transitiestuk.

Werkbordes

Op het transitiestuk wordt een werkbordes aangebracht. Het niveau van de bovenzijde van dit werkbordes bedraagt circa +15 meter MSL. Vanaf dit werkbordes heeft men via een afsluitbare deur toegang tot de mastvoet van de turbinemast.

Turbinemast

De turbinemast is opgebouwd uit aan elkaar gelaste, conisch gewalste platen. De secties van de turbinemast worden onderling verbonden door middel van flensverbindingen. Ook de verbinding tussen de windturbinemast en de funderingspaal bestaat uit een flensverbinding.

De windturbines zijn vanaf zee bereikbaar via de bootlanding, ladder en de op het transitiestuk bevestigde werkbordes. Vanaf dit werkbordes heeft men via een afsluitbare deur toegang tot de mastvoet van de turbinemast. In de turbinemast kan men naar boven naar de gondel via een lift of via een ladder met een valbeveiligingssysteem.

Voor een effectieve bescherming van de turbinemast, de flensverbindingen en de in de mast opgestelde monitoring en besturingsapparatuur tegen corrosie, is in de mastvoet een luchtontvochtiger geïnstalleerd. Deze waarborgt een constante, relatief droge lucht, ongeacht het buitenklimaat.

Gondel

De draaiende beweging van de rotor wordt in de tandwielkast versneld en vervolgens doorgeleid naar de generator. Tussen de tandwielkast en de generator is een flexibele koppeling aangebracht. Het krui systeem bestaat uit een kogellager met binnenvertanding met ingebouwde wrijving en vier kruimotoren voorzien van motorremmen.

Alle functies van de windturbine worden door een computergestuurd besturingssysteem bewaakt en geregeld. Dit systeem ontvangt, controleert en registreert meerdere machinegegevens. Indien de waarden buiten tevoren ingestelde toleranties komen, corrigeert het besturingssysteem de machinestatus door het aansturen van diverse actuatoren in de windturbine.

Het besturingssysteem bestaande uit de transformator, schakelkast en frequentie omzetter bevindt zich op verschillende niveaus in de gondel en in de mast.

De smering en het koelsysteem verzorgen de circulatie, filtering en koeling van de tandwielkastolie. De circulatiepomp pompt de olie via een filter door een olie/water warmtewisselaar. Het water verzorgt tevens de koeling van de generator. Het water wordt door middel van een waterpomp door de radiator gepompt. In de radiator wordt het water door de lucht gekoeld.

In de gondel zijn smeermiddelen en andere vloeistoffen in de volgende hoeveelheden aanwezig:

- Tandwielkast olie: circa 450 liter
- Hydraulische olie: circa 300 liter
- Smering hoofdlager: circa 50 liter
- Koelvloeistof: circa 100 liter.

De bodem van de gondel is zodanig ontworpen, dat bij een eventuele lekkage van een van bovengenoemde vloeistoffen de vrijkomende hoeveelheden volledig in de gondel kunnen worden opgevangen. Op deze wijze wordt voorkomen dat vloeistoffen in het (mariene) milieu komen. De weggelekte vloeistof wordt opgevangen op de bodem van de gondel. Deze opvangbak wordt bij de eerstvolgende servicebeurt schoongemaakt.

De glasvezel versterkte kap van de gondel beschermt de onderdelen tegen weersinvloeden. Via een opening voor in de gondel hebben servicemedewerkers toegang tot de rotornaaf.

Rotorbladen

De rotorbladen zijn circa 45 meter lang en gemaakt van glas- en carbonvezel versterkt polyester. De bladvoet van de rotorbladen heeft een stalen flens. In de bladvoet zijn bussen gelamineerd om de vereiste sterkte te kunnen garanderen.

De bladverstelling werkt met onafhankelijke verstelmotoren met geïntegreerde rem op de motoren. De windturbine wordt geremd door de rotorbladen in vaanstand te zetten. De remschijf op de snelle as van de tandwielkast wordt alleen gebruikt voor servicedoeleinden.

In geval van netuitval en als gevolg daarvan het wegvallen van de voeding van de elektrische componenten, worden de actieve verstelling van de rotorbladen niet meer bekrachtigd. De tegendruk voor de hydraulische buffer valt weg en de rotorbladen gaan naar de vaanstand, waardoor de windturbine op veilige wijze uit bedrijf gaat en tot stilstand komt.

Transformatorstation

De exacte afmetingen van het transformatorstation zullen in een later stadium worden bepaald. Het transformatorstation zal waarschijnlijk een omvang krijgen van lengte x breedte x hoogte = circa 25 meter x 25 meter x 20 meter. Het platform waarop de transformator geplaatst wordt, wordt op ongeveer +15 meter MSL geplaatst. Het transformatorstation wordt geplaatst op een monopaal. De doorsnede van deze monopaal bedraagt circa 4,6 meter. Het transformatorstation wordt in het centrum van het windpark geplaatst. De coördinaten van het transformatorstation zijn opgenomen in tabel met de coördinaten van de windturbines. Rond de monopaal / fundering wordt erosiebescherming aangebracht.

In de transformator bevindt zich circa 80 ton olie. Eventuele lekkages worden opgevangen in een opvangbak/reservoir met een inhoud groter dan de hoeveelheid olie in de transformator. Op het transformatorstation is ook een noodstroom generator voorzien. De hierbij behorende tank voor dieselolie heeft een inhoud van circa 100 liter. Ook onder deze tank bevindt zich een opvangbak waarvan de inhoud voldoende groot is om in geval van een lekkage de totale hoeveelheid dieselolie in op te kunnen vangen.

Andere onderdelen van het transformatorplatform bevatten slechts een kleine hoeveelheid olie. Maar ook hiervoor zijn opvangsystemen aanbracht. Het totale gewicht van het transformatorstation bedraagt circa 700 tot 1200 ton. Op bijgevoegde tekening is een voorbeeld opgenomen van een offshore transformatorstation.

De schakelapparatuur 31 kV en 150 kV is van het GIS-type (gas insulated system). De actieve delen zijn ondergebracht in volledig afgesloten compartimenten gevuld met SF₆-gas (circa 70 kg). Het transformatorstation is ook uitgerust met een beveiligingssysteem, noodstroomvoorzieningen, een noodverblijf, brandbestrijdingssystemen, etc.

Bijlage 2: Ontwerpfilosofie Offshore Windpark Q4-WP

Offshore Windpark Q4-WP bestaat uit een aantal windturbines, die elk geplaatst zijn op een monopaal ondersteuningsconstructie, en die onderling verbonden zijn door middel van in de zeebodem ingegraven elektriciteitskabels, en verbonden zijn met een transformatorstation. Het transformatorstation is eveneens geplaatst op een monopaal ondersteuningsconstructie. Deze constructie is onder meer toegepast bij het Offshore Windpark Q7-WP. De bovenbouw van het transformatorstation bestaat uit afzonderlijke ruimten voor de hoogspanningstransformator en voor de hoogspanning schakelsystemen. Vanaf het transformatorstation lopen een of meer in de zeebodem ingegraven elektriciteitskabels naar de kust en vervolgens verder over land naar het aansluitpunt met het landelijk elektriciteitsnet. Het transformatorstation is onbemand, maar beschikt over noodaccommodatie en een helidek. Normaliter wordt personeel voor onderhouds- of inspectiedoeleinden met boten naar en van het transformatorstation en de windturbines gebracht.

De elektriciteitskabels worden voldoende diep in de zeebodem ingegraven om beschermd te zijn tegen beschadiging door visserij-activiteiten.

Het concept van de monopaal fundering wordt ook bij andere offshore windparken in vergelijkbare omstandigheden veel toegepast. Voor de locatie van Offshore Windpark Q4-WP is de monopaal fundering de meest kosteneffectieve oplossing. Voor geringere waterdiepten (tot circa 10 meter) kan een betonnen caisson ("gravity based"), dat geplaatst wordt op de zeebodem, kostentechnisch aantrekkelijk zijn. Voor waterdiepten vanaf 30 meter is een driepotige platform ("tripod"), dat door middel van drie schuin in de zeebodem ingeheide palen wordt gefixeerd, kosteneffectiever dan een monopaal fundering. Bij waterdiepten vanaf 30 meter zou de diameter van de monopaal te groot moeten worden om de vereiste sterkte en stijfheid te bereiken.

Het transformatorstation is gebaseerd op een beproefd concept, bestaande uit een monopaal ondersteuningsconstructie met daarop geplaatst een aparte topside.

Basisontwerp ondersteuningsconstructie windturbine

De ondersteuningsconstructie van elke windturbine bestaat uit een geheide monopaalfundering, waarop door middel van een transitiestuk de mast van de turbine wordt geplaatst. Bovenop de mast wordt de gondel van de turbine geplaatst waarin zich de generator bevindt, en waar zich aan de voorkant de rotor bevindt. Gondel en rotor vormen samen een onlosmakelijk geheel, waarvan het ontwerp geheel door de windturbinefabrikant is uitgevoerd. Deze windturbine is gecertificeerd door een onafhankelijk certificeringbureau. Ontwerp van de windturbinemast wordt eveneens door de windturbineleverancier uitgevoerd, en wordt eveneens door het certificeringbureau gecertificeerd.

De fundering, bestaande uit de geheide monopaal en het transitiestuk, dient gezamenlijk met de turbinemast te worden ontworpen om de belastingen, die voornamelijk op de rotor werken, te kunnen dragen. Aangezien de turbinemast echter door de windturbinefabrikant samen met gondel en rotor wordt ontworpen, is er een denkbeeldig grensvlak tussen het ontwerp van de turbinemast en de fundering. Randvoorwaarde van het ontwerp is dat krachten en spanningen over deze grensvlakken continu zijn. Op basis van krachten en momenten wordt een eerste ontwerp gemaakt van de benodigde diameter, wanddikte en inheidiepte van de ondersteuningsconstructie. Aangezien daarnaast vermoeiingsbelasting een zeer belangrijke ontwerpparameter is bij windturbines wordt de bepaalde inklemmingsstijfheid van de fundering teruggestuurd naar de turbine- en mast ontwerper om de eerder bepaalde vermoeiingsbelastingen te controleren.

Blijken de vermoeiingsbelastingen als gevolg van de vastgestelde funderingsstijfheid af te wijken, dan wordt deze iteratieve stap herhaald. Het proces eindigt nadat de door de turbine bepaalde vermoeiingsbelastingen overeen komen met de door de funderingsontwerper vastgestelde funderingsstijfheid.

Om een geïntegreerd ontwerp van fundering en turbinemast te bereiken wordt dus een iteratief proces gevolgd, waarbij de fundering zodanig aangepast wordt dat de belastingen over het grensvlakken aan de continuïteitsvoorwaarde voldoen. In meer detail bestaat de ondersteuning uit vier onderdelen: monopaal, verbinding tussen transitiestuk en monopaal, transitiestuk, en de turbinemast. Hieruit volgen de grensvlakken.

Een groot aantal belastingsgevallen is gebruikt in het ontwerp, die in een vijftal klassen uiteenvallen: ULS (ultimate limit state - extreme belasting), FLS (fatigue limit state - vermoeiing), shell buckling (knikstabiliteit van de wand), driveability (inheibaarheid van de funderingspaal), SLS (serviceability limit state - toegankelijkheid voor onderhoud).

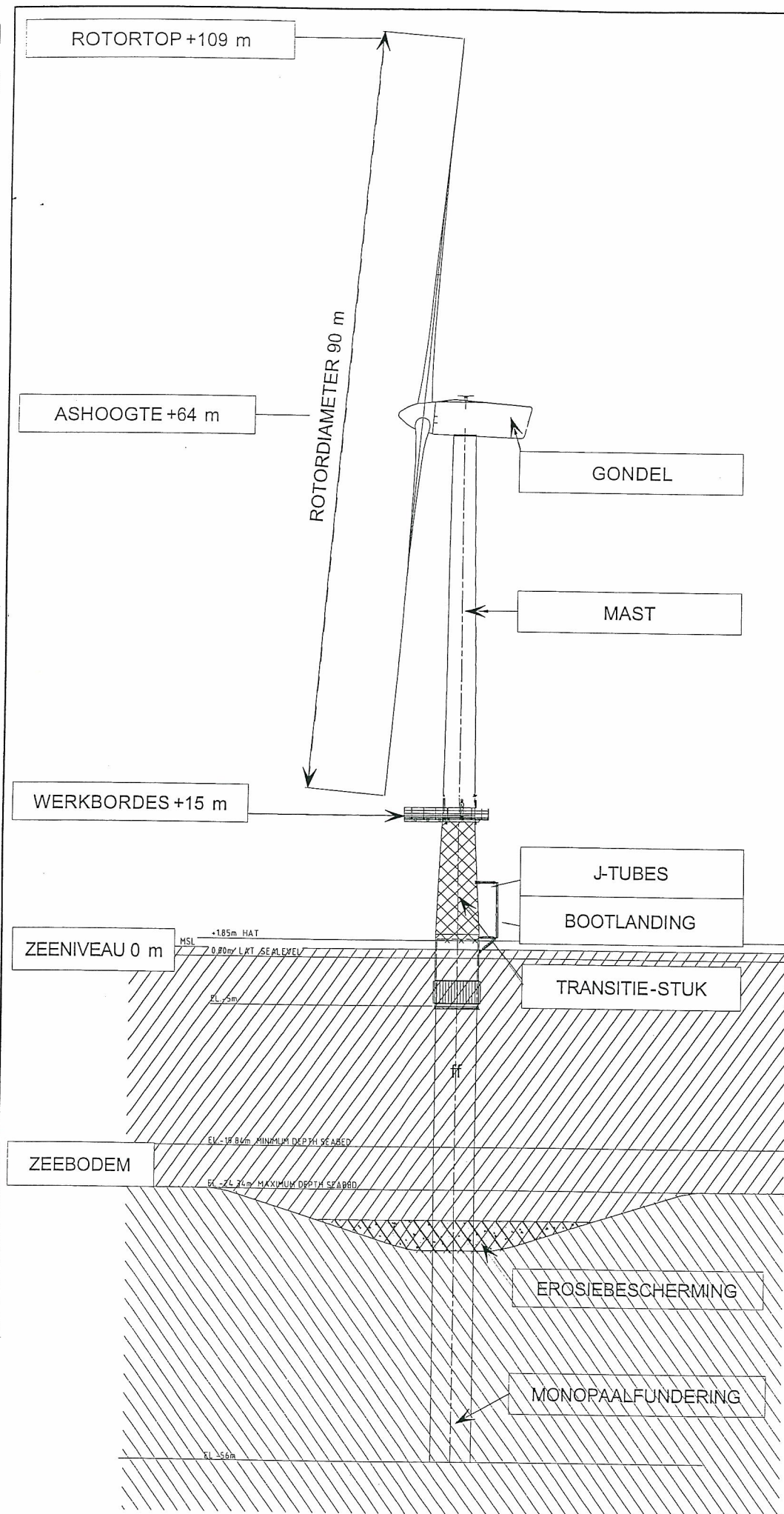
In totaal worden ongeveer zestig windbelastingssituaties doorgerekend, variërend van belasting tijdens normaal bedrijf tot veel verschillende, bijzondere omstandigheden zoals start/stop en regelfouten. Voor alle windbelastingssituaties worden bovenstaande iteratieve stappen gevolgd. Hieruit volgt het basisontwerp van de ondersteuningsconstructie.

Basisontwerp ondersteuningsconstructie windturbines Offshore Windpark Q4-WP

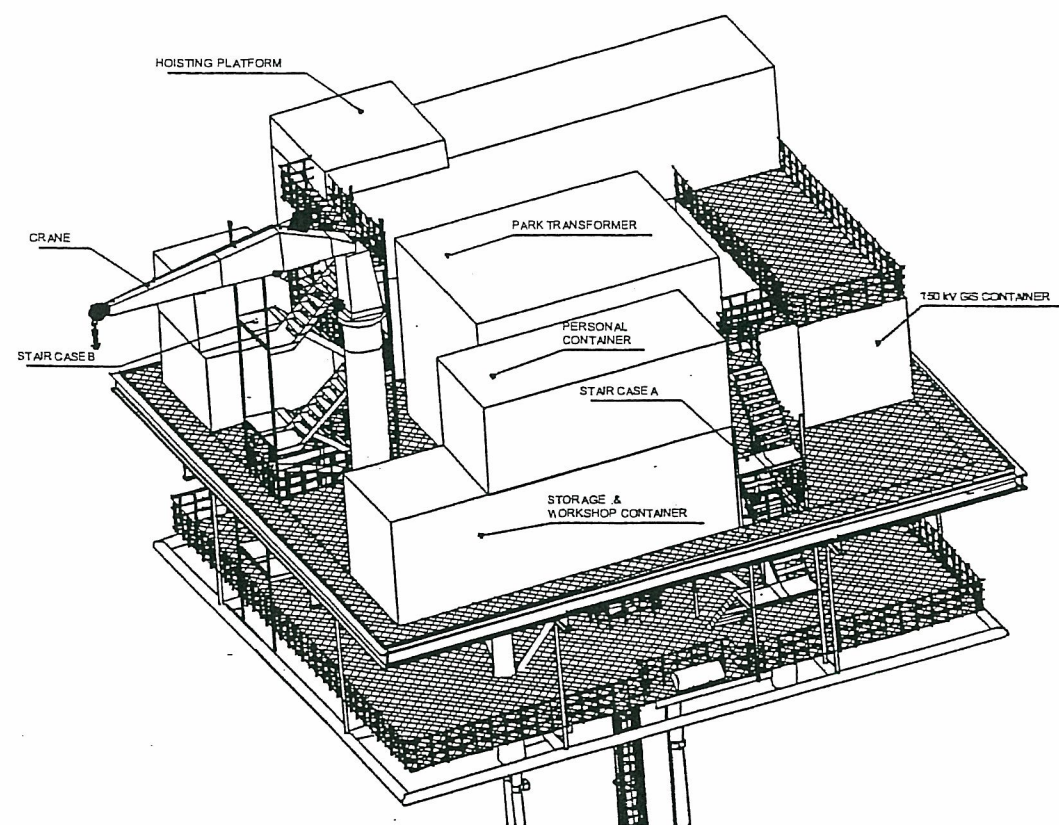
Gelet op de grote mate van overeenstemming tussen de omgevingscondities ter plaatse van het Offshore Windpark Q4-WP en ter plaatse van het Offshore Windpark Egmond aan Zee (OWEZ) en Offshore Windpark Q7-WP is voor het basisontwerp van Offshore Windpark Q4-WP uitgegaan van het basisontwerp van OWEZ. Deze methodiek is gevalideerd door Det Norske Veritas (zie Letter of Conformity van DNV (643015-LET-11MOSA/THDA van 8 december 2004) en Statement of Compliance van DNV (643015-SOC-02-Rev0 van 26 april 2004)). De ondersteuningsconstructie is ontworpen conform de standaard DNV-OS-J101, welke zich conformeert aan IEC 61400, maar specifiek is uitgebreid voor offshore constructies.

Detailontwerp ondersteuningsconstructie windturbines Offshore Windpark Q4-WP

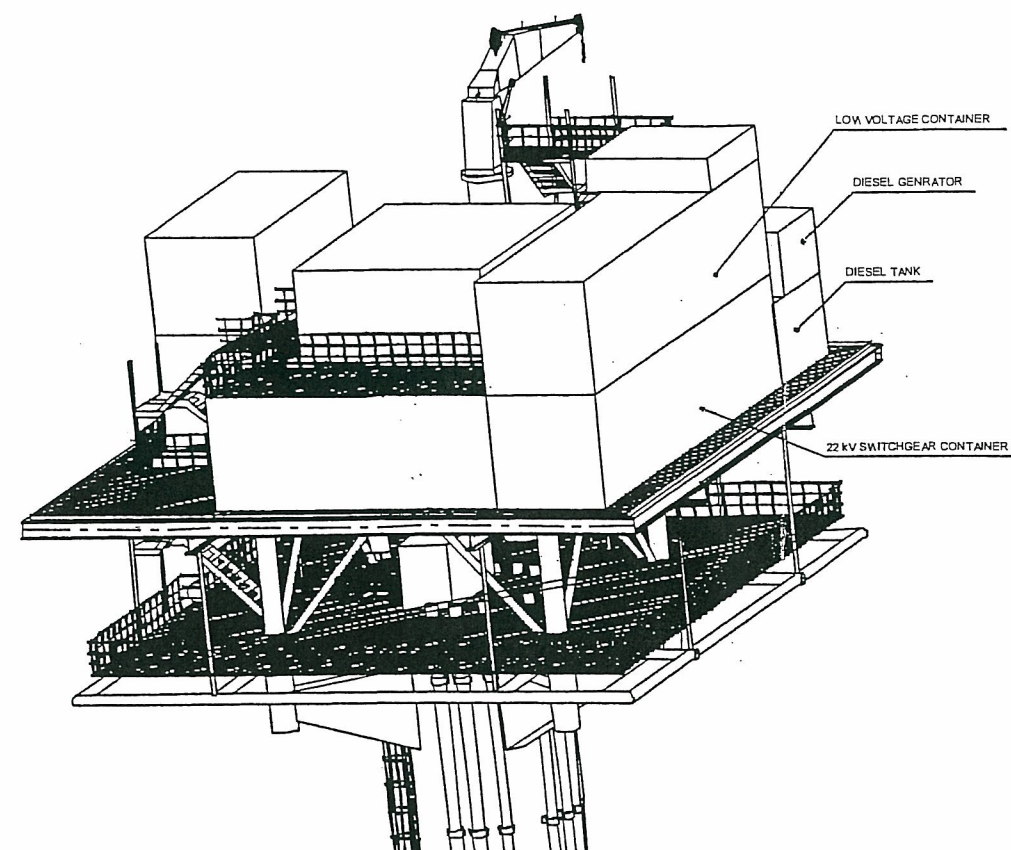
Teneinde tot het gedetailleerde ontwerp te komen dient eerst een gedetailleerd bodemonderzoek op de locatie van het windpark en bij voorkeur ter plekke van de fundatie van elke windturbine en van het transformatorstation te worden uitgevoerd. Hiervoor worden op de beoogde locaties van elke windturbines geotechnische parameters gemeten met behulp van CPT (core penetrometer tests) of boringen. Uit deze metingen kan de sterkte van de bodem worden vastgesteld. Geomorfologisch onderzoek wordt uitgevoerd om de stabiliteit van de bodem vast te stellen, bijvoorbeeld voor wat betreft de aanwezigheid van zandgolven en/of geulen met afwijkende sterkte. Ook zal de exacte waterdiepte worden gemeten. Met deze en eventueel nog andere onderzoeksgegevens op de beoogde locaties van de fundaties van de windturbines en het transformatorstation kan vervolgens het ontwerp verder worden uitgewerkt/gedetailleerd. Voor die plaatsen waar de waterdiepte groter is dan 22 meter zal deze nadere uitwerking resulteren in een zwaardere ondersteuningsconstructie. Een zwaardere constructie heeft echter geen gevolgen voor het gekozen concept. Gelet op de variatie in waterdiepte over de locatie van Offshore Windpark Q4-WP kan dit leiden tot een aantal verschillend gedimensioneerde monopaal funderingen. Deze zullen allen door Det Norske Veritas of een ander certificeringbureau worden gecertificeerd.



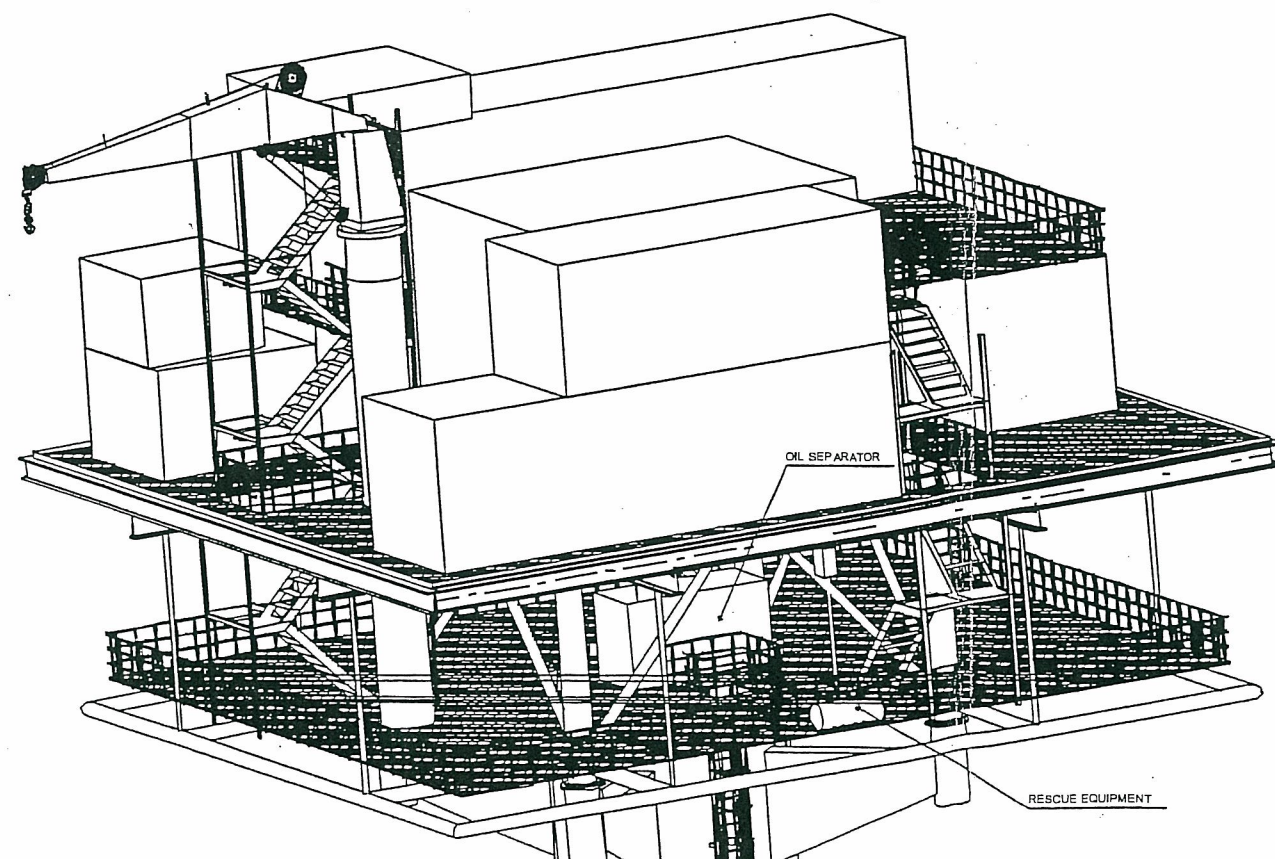
Aanzicht windturbine



TOP LEVEL 21 000 28 000 ..



TOP LEVEL 21 000 28 000 ..



LOWER LEVEL 15 000 ..

NOTES:
GENERAL NOTE SEE DRAWING UH/BS100 ..
MET MAST AND CLADDING NOT SHOWN ..

PRELIMINARY

DATED:

Rev.	Date	Cont.	App.	Description	Drawn	Scale	Checked	Approved
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								

SMULDERS www.smuldersonline.nl Elson Engineering	BS010 BS010 BS010
---	--

OFFSHORE WIND PARK
ARRANGEMENT OF EQUIPMENTS
SOMETRIC VIEWS
STEEL STRUCTURES

EE14435

JHS /

BS010