

Windmolens langs verbindingdijk Marken

In de voorstellen voor de vervanging van de twee huidige windmolens ter plaatse van de Nesbocht bij Marken wordt gesproken over een viertal windmolens, welke langs de verbindingdam tussen de Nesbocht en Marken gepland staan.

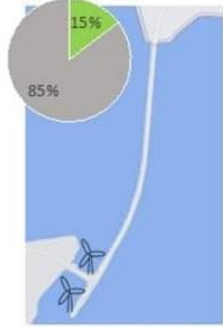
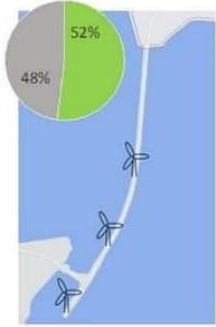
Afmetingen

De afmetingen van de nieuwe windmolens zijn wezenlijk groter dan de huidige windmolens. De as van de wieken van de nieuwe windmolens zal op circa 120 meter liggen, gebaseerd op gepubliceerde data door CWW. Gemiddeld zijn de wieken van een windmolen ongeveer de helft van de ashoogte, waardoor de totale hoogte van de nieuwe windmolens circa 180 meter zal zijn.

Locatie

In de eerste, door CWW geleverde, schetsen van de nieuwe situatie wordt een beeld geschetst waarbij de te plaatsen windmolens pal naast de huidige verbindingdam zullen worden geplaatst. Zie onderstaande afbeeldingen voor de vier opgestelde scenario's.

Beknopt overzicht scenario's

	Huidige situatie	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Aantal	Twee molens	Drie molens	Vier molens	Vier molens
Formaat molens	Masthoogte 70 meter Wielengte 35 meter	Masthoogte 110 meter Wielengte 65 meter	Masthoogte 120 meter Wielengte 65 meter	Masthoogte 122,5 meter Wielengte 77 meter
Locatie en % Waterland voorzien van groene stroom				
Energieopwek per jaar	11 GWh	39 GWh	59 GWh	90 GWh
Genoeg om..	15% van Waterland van groene stroom te voorzien	52% van Waterland van groene stroom te voorzien	79% van Waterland van groene stroom te voorzien	120% van Waterland van groene stroom te voorzien
Budget voor duurzame lokale projecten	€120.000 per jaar, maar dat stopt in 2025	Continuering €120.000 euro per jaar	Continuering €120.000 euro per jaar	Continuering €120.000 per jaar
Mogelijkheid voor Waterlanders om te participeren via een lening aan CWW	In 2011 hebben de leden €500.000 geïnvesteerd. Zonder nieuw project kan er niet meer geïnvesteerd worden.	€2 tot 4 miljoen (een gedeelte van de Waterlanders kan meedoen)	+/- €10 miljoen (de meeste Waterlanders kunnen meedoen)	+/- €20 miljoen (alle Waterlanders kunnen meedoen)

Op deze scenario's is een aantal kanttekeningen te plaatsen:

- De voet van de windmolens zal, gezien de hoogte van de windmolens, zodanig groot zijn dat het fysiek gezien onmogelijk is deze op de verbindingdam te plaatsen, zoals in de scenario's wordt gesuggereerd. Dit kan ook niet in het invloedsgebied van de verbindingdam, onder meer in het kader van de stabiliteit van de verbindingdam. De windmolens zullen dus in het Markermeer (of Gouwzee) geplaatst moeten worden, al dan niet op een nieuw aan te leggen eiland.
- Gezien de hoogte van de nieuwe windmolens (hoogte as wieken is 120 meter) dienen de windmolens op een bepaalde afstand van de verbindingdam te worden geplaatst. Hier zijn geen harde eisen aan verbonden in Nederland, maar een logische minimale afstand tussen windmolen en verbindingdam is minimaal de maximale wielhoogte van de windmolen, zijnde 180 meter. Hiermee wordt voorkomen dat de verbindingdam geraakt wordt mocht

de windmolen om wat voor reden dan ook door instabiliteit zal omvallen, of dat een wiek loslaat (dit is meerdere keren gebeurd, vaak het gevolg van vermoeiing). Dit lijkt een vrij irreëel scenario met een lage kans dat het gebeurt, maar gezien grote gevolgen van dit scenario (volledige onbereikbaarheid van Marken) zeker niet uit te vlakken. Risico = kans * gevolg immers.

- Er zijn geen woningen in de directe omgeving, maar de molens kunnen eventueel wel invloed hebben op Uitdam en het daar nabijgelegen vakantiepark. De afstand tot Uitdam en het vakantiepark is echter zodanig groot dat deze locaties (ook gezien de recente ontwikkelingen) waarschijnlijk buiten het invloedsgebied zullen vallen.
- De draaiende wieken zullen bij een bepaalde zonnestand een schaduwwerking op de weg hebben. Dit kan vervelend zijn voor de weggebruiker. Gezien de stand van de zon speelt dit alleen in de ochtend. Dit lijkt echter niet te voorkomen gezien de geprojecteerde locatie van de windmolens.

De windmolens zullen dus te allen tijde op een bepaalde afstand van de verbindingsdam in het Markermeer geplaatst moeten worden. De Gouwzee is hiervoor geen optie om meerdere redenen, zoals ecologische en milieuaspecten, inpassing en overlast.

Fundering

De fundering van een windmolen kan op twee manieren worden uitgevoerd.

- a. Door middel van een (rond) paalpatroon rondom de mast van de windmolen. Deze methode wordt in de regel op land toegepast.
- b. Door middel van het doorzetten van de mast in de bodem of een fundering zonder extra palen. Dit wordt veelal in water toegepast

Ad a.

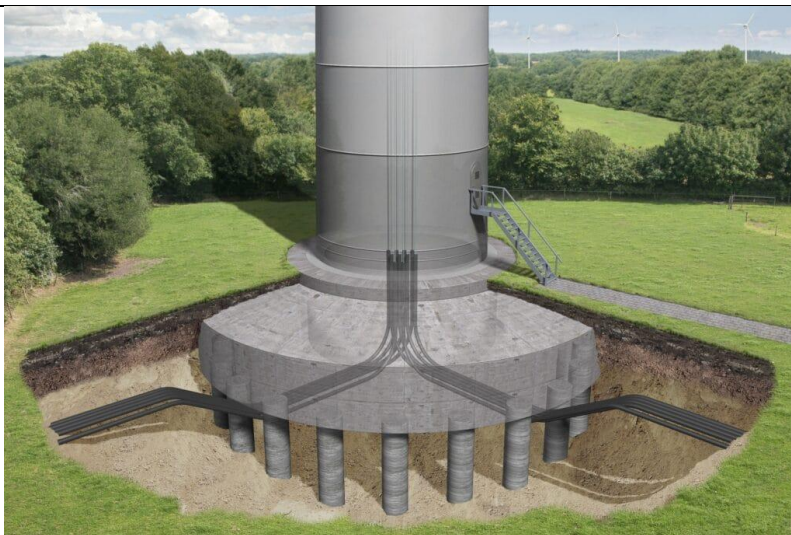
Het toepassen van een fundering op palen is in de regel enkel mogelijk indien de windmolen op grond wordt geplaatst. Immers, de palen dienen te worden verbonden met een poer, welke weer gekoppeld is aan de mast van de molen. Hiervoor is veelal stevige wapening nodig. Aangezien dit bij een windmolen op zee onder water moet worden uitgevoerd is deze optie niet logisch. Dit wordt het wel wanneer er kunstmatige eilanden worden gecreëerd. Echter, ook deze optie is niet logisch omdat dit grote effecten heeft op de ecologie in het gebied en ook op de waterstromingen rondom deze eilanden, die nadelige gevolgen kunnen hebben. Om deze reden valt deze optie A af. Onderstaand een aantal afbeeldingen ter verduidelijking van deze funderingsmethode.



Palen rondom de mast van de windmolen.
NB, alleen de paalkopwapening van de palen is te zien, maar de locatie en het aantal zijn duidelijk zichtbaar.



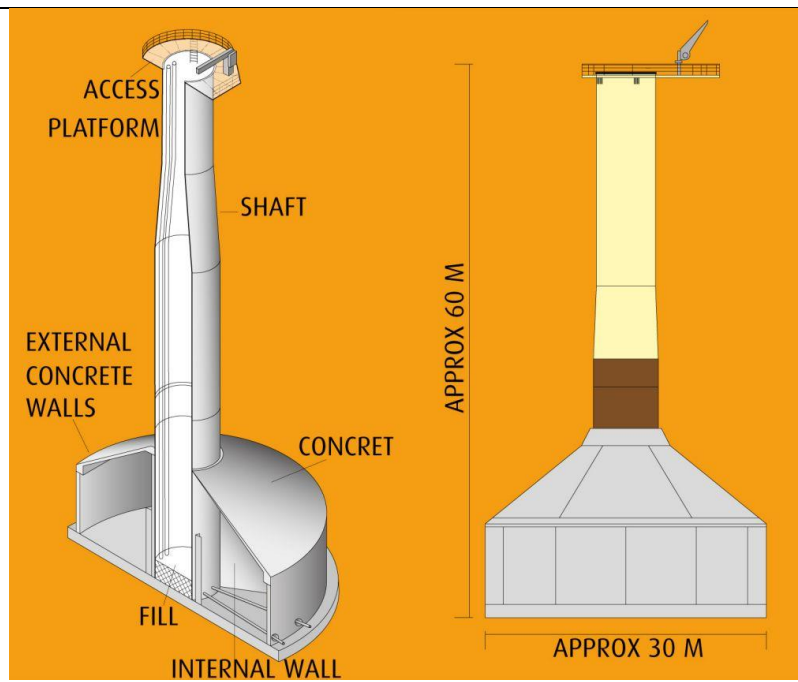
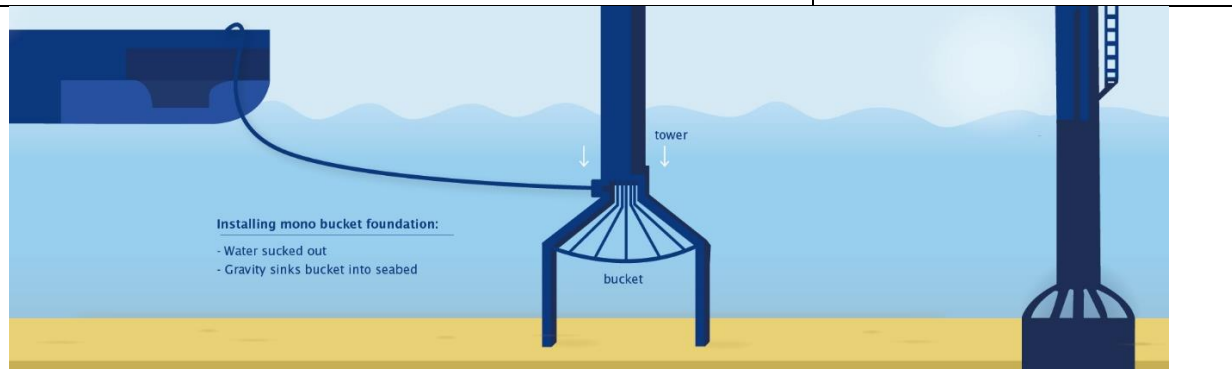
Wapening in poer, tijdens de aanleg.
Goed te zien is de grote hoeveelheid betonstaal dat nodig is.



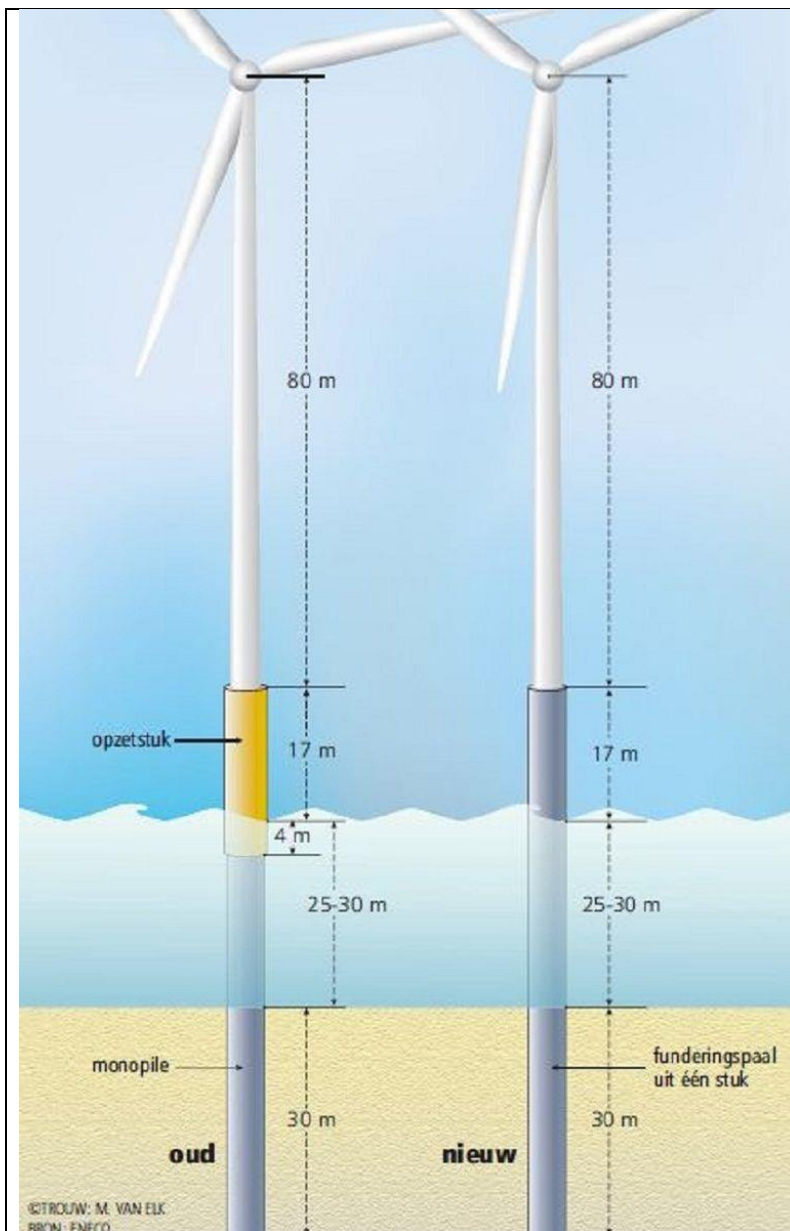
3D impressie van de fundering van een windmolen op land

Ad b.

Er zijn meerdere mogelijkheden voor het funderen van een windmolen op zee. Zie hiervoor onderstaande afbeeldingen, ter illustratie met een beschrijving en kansenbeschouwing.

	Deze methode lijkt sterk op de methode op land, met dien verstande dat er geen funderingspalen worden toegepast. Deze funderingsmethode heet in het jargon een fundering op staal (niet te verwarren met het metaalproduct overigens). Gezien de grote draaiende momenten uit de bovenbouw van de windmolen is hier een stevige bodem vereist omdat anders instabiliteit ontstaat. Het is zeer de vraag of deze benodigde bodemsterkte rondom Marken aanwezig is. Sowieso is er een meters dikke veen- en kleilaag die gepasseerd moet worden. Uitvoeringstechnisch is deze oplossing niet onmogelijk maar zeker niet wenselijk, nog los van de geotechnische (on)mogelijkheden.
	

Bij bovenstaande methode wordt een vooraf gemaakte (prefab) poer in de grond gebracht. Anders dan in bovenstaande afbeelding is er in het Markermeer bij Marken een veen- en kleilaag aanwezig voordat de stevige zandlaag bereikt wordt. Dit maakt deze methode kwetsbaar omdat de prefab poer door een flinke laag moet voor de draagkrachtige zandlaag wordt bereikt. De kop van de prefab poer staat dus niet op de bodem, in het water, zoals hierboven aangegeven, maar onder de grond boven deze zandlaag.



In deze methode wordt de mast van de windmolen als het ware verlengd in de bodem. Hierdoor ontstaat een mechanisme waarin de constructie een op zichzelf staande mast / paal is. Dit wordt ook wel een 'single pile' (of monopile) genoemd. Bij een single pile situatie zal het evenwicht in de constructie moeten worden verkregen uit de inklemming van de paal of mast. Deze dient door de bedding van de bodem worden geleverd. Hiervoor is alleen een stevige zandlaag afdoende. Uit bodemonderzoeken (sonderingen) volgt dat de eerste serieuze zandlaag op en rond Marken zich bevindt op een locatie van circa 14 a 16 meter – NAP, dit varieert en is locatieafhankelijk. Verder is het de vraag of de sterkte van de zandlaag afdoende is om voldoende inklemming te genereren. Dit is cruciaal omdat er strenge eisen aan de rechtstand van de windmolen gesteld zullen zijn. Hiervoor is een volledige inklemming cruciaal. Een rotatie bij de voet van nog geen graad kan aan te top, alleen al door deze hoekverdraaiing, grote vervormingen tot gevolg hebben, nog los van de windbelasting op de windmolens.

Er zijn geotechnische mogelijkheden / trucs om de inklemming te verhogen, zoals het plaatsen van 'flappen' aan de kop van de paal in de zandlaag. Of deze methode mogelijk is, moet uit geotechnische berekeningen blijken.

Corrosie

Indien de windmolens in het Markermeer worden geplaatst, met de fundering op de zandbodem, dan zal de mast door de klei- en veenlaag lopen. Met name veen heeft door het zure karakter een slechte invloed op staal. Het staal wordt als het ware opgegeten. Dit verschijnsel heet corrosie. In de loop van de tijd zal de staaldikte door corrosie afnemen. Hierdoor zal de stijfheid van de mast reduceren in de loop van de tijd. Hier is aan te rekenen, maar dient wel meegenomen te worden. Het leidt sowieso tot een grote wanddikte van de (aangenomen) stalen mast van de windmolen.

Conclusie

Omwille van fysieke inpassing en (verkeers)veiligheid dienen de windmolens op een nader te bepalen, maar zeker een flink stuk het Markermeer in, geplaatst moeten worden. Op of pal naast de verbindingdam is dit niet mogelijk.

Het maken van aparte eilanden voor de windmolens wordt niet als reëel gezien, onder meer omwille van de ecologie in dit gebied en de ontwikkeling van waterstromingen die ingeleid worden door de eilandjes.

Voor een fundering op zee wordt de optie van 'single pile' (monopile) als meest kansrijke gezien. Wel is het zo dat het zeer de vraag is of de bodemgesteldheid in dit gebied afdoende is om aan de strenge eisen aangaande de rechtstand van de windmolens te voldoen. Hiervoor zijn prijzige oplossingen nodig.

Al met al zal de fundering van de windmolens op zee (lees: Markermeer) flink wat voeten in de aarde hebben, zowel geotechnisch als financieel. Het is zoals gezegd nog maar de vraag of het überhaupt mogelijk is, en of het financieel haalbaar is. Geotechnische berekeningen moeten hier uitsluitsel in geven.