

## **Bijlage D**

### **WINDTURBINE OPSTELLING VARIANTEN**





## DICHTSTEBOLSTAPELING EN SCHAAKBORDOPSTELLING

In de richtlijnen voor het MER is aangegeven dat voor de parken aan de Noordermeerdijk en de Westerveermeerdijk ook de dichtstebolstapeling als alternatief uitgewerkt dient te worden, en voor de Westerveermeerdijk bovendien een driehoeksofstelling (deze is eveneens in dichtstebolstapeling). Op de driehoeksofstelling wordt verder niet specifiek ingegaan aangezien deze ook in een dichtstebolstapeling is opgesteld. Wanneer deze alternatieven beter scoren, dienen ze als basis genomen te worden voor het meest milieuvriendelijke alternatief. In figuur D.1 zijn verschillende opstellingsvarianten gevisualiseerd. De basis voor dit verzoek ligt in het gegeven dat in een dichtstebolstapeling de verschillende lijnen dichter op elkaar kunnen staan en dat daarmee ruimtewinst wordt behaald.

Zoals in het algemeen deel is aangegeven, is oorspronkelijk de dichtstebolstapeling als aparte variant onderzocht in het MER naast de schaakbordopstelling.

Op grond van een aantal redenen is de onderlinge afstand tussen de lijnen vergroot waardoor de oorspronkelijke motivatie voor toepassing van de dichtstebolstapeling, namelijk ruimtewinst, vervalt. De motieven voor het vergroten van de onderlinge afstand tussen de lijnen zijn:

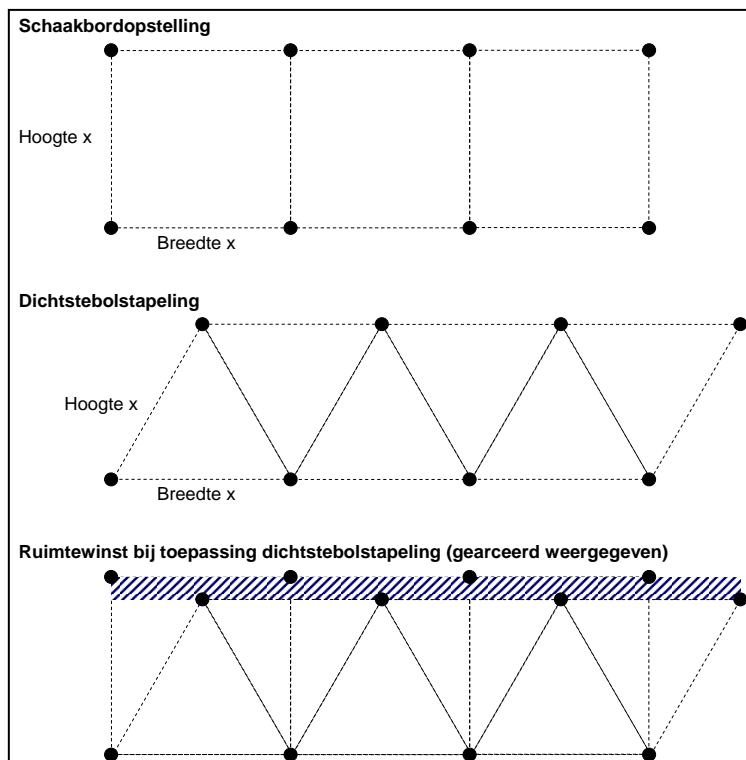
- De laatste jaren wordt steeds duidelijker dat zogenaamde parkeffecten een grotere invloed hebben op energieproductie en levensduur dan eerder voorzien of aangenomen werd. Meerdere lijnopstellingen achter elkaar dragen ertoe bij dat de achterste turbines minder produceren door zogenaamde 'zoeffecten'. Deze dragen ook bij aan meer turbulentie zodat eerder vermoeingseffecten optreden;
- Extra milieuwinst: de lengte van de lijnen wordt als een gegeven gezien op grond van de beleidskaders van de provincie Flevoland en de gemeente Noordoostpolder waarin de lengte van de opstelling is vastgelegd. In een schaakbordopstelling kunnen meer turbines (1-2) worden geplaatst dan in een dichtstebolstapeling wat tot een hogere milieuwinst leidt in een schaakbordopstelling;
- Het vergroten van de onderlinge afstand leidt tot een kleinere verstoring van (water)vogels, aangezien het verstoord oppervlak afneemt. De afstand tussen twee lijnen is gewijzigd naar meer dan 600 meter in verband met de ecologische effecten van het voornemen. Het voornemen is aangepast op de resultaten uit het concept MER uit 2007. Door de onderlinge afstand te vergroten tot 600 meter of meer is de ruimte tussen de lijnopstellingen deels niet meer verstoord voor watervogels en neemt het effect van het voornemen op deze vogels sterk af. De motivatie voor deze afstand is het in Algemeen deel van het MER ook toegelicht;
- In de originele opstelling is een afstand van 15 meter (rand fundament) tot de insteek van de kwelsloot aangehouden voor de binnendijkse opstellingen. Inmiddels heeft het Waterschap Zuiderzeeland een nieuw beleidskader vastgesteld voor het bouwen nabij primaire keringen. In de Nota Bouwen nabij Primaire Keringen (vastgesteld eind 2008) wordt een grotere afstand aanbevolen, van minimaal 20 meter. De voorgenomen opstelling is daarom verplaatst op grotere afstand van de dijk, tot 55 meter (middenpunt fundament) van de dijk. Dit maakt het ook mogelijk om secundaire voorzieningen als kabels en leidingen en onderhoudswegen aan te leggen tussen de turbines en de dijk. Deze voorzieningen vormen een beperktere belemmering voor eventuele toekomstige uitbreidingen van de dijken in verband met een verhoging van het beschermingsniveau. Tenslotte draagt deze grotere afstand tot de dijk er ook aan bij dat het verstoringseffect van de lijnopstelling op watervogels in het IJsselmeer kleiner is.

Er is voor gekozen om de locatie van de diverse lijnopstellingen in het voornemen aan te passen aan de hierboven toegelichte inzichten. De grotere onderlinge afstand is leidt er echter wel toe dat de meerwaarde van een dichtstebolstapeling verdwijnt. Daarom is deze variant niet verder meegenomen in het MER. Op deze wijze blijft overigens het aantal varianten ook beperkt en overzichtelijk.

Om echter aan het verzoek van de commissie MER te voldoen wordt in deze bijlage wel ingegaan op het verschil in milieueffecten tussen een dichtstebolstapeling en een schaakbordopstelling. Hiervoor worden de oorspronkelijke onderzoeksresultaten voor de Westermeerdijk gebruikt.

In deze bijlage is aangegeven wat de effecten van de dichtstebolstapeling zijn. Daarmee wordt aangetoond dat de te behalen ruimtewinst niet of nauwelijks tot milieuvoordelen leidt, ervan uitgaande dat de afstand tot de dijk van de binnendijkse opstellingen een noodzakelijk gegeven is, gezien de gewenste ruimtereservering van het waterschap. Van een aantal effecten zal worden aangegeven welk verschil verwacht wordt tussen een schaakbordopstelling en een dichtstebolstapeling. Een onderbouwing van de bepaling van de effecten en een beschrijving van de effecten is te vinden in het algemeen deel en de locatiespecifieke delen van het MER.

**Figuur D.1 Onderscheid schaakbordopstelling en dichtstebolstapeling**



Voor drie lijnen, zoals aan de Westermeerdijk het voornemen is, geldt dat de te behalen ruimtewinst in theorie nog groter is.

## D.1 Effecten

### *Milieuwinst*

De lengte van de opstellingen is een gegeven voor de initiatiefnemers. In het algemeen deel is aangegeven tussen welke kilometerpalen de turbines kunnen worden gerealiseerd ligt vast. De toepassing van een dichtstebolstapeling houdt in dat de tweede lijnopstelling, ongeveer de helft van de onderlinge afstand tussen twee turbines, opschuift naar links of naar rechts. Deze opschuiving leidt ertoe dat de onderlinge afstand tussen turbines uit de twee lijnen gelijk kan blijven maar dat de afstand tussen de lijnen kleiner kan worden. Figuur in figuur D.1 is dit goed te zien.

Aangezien de onderlinge afstand tussen de turbines in een lijn niet verandert kunnen in een dichtstebolstapeling minder turbines worden geplaatst dan in een schaakbordopstelling. De verschuiving bedraagt met de huidige varianten minimaal circa 160 meter (de helft van 4D bij een rotordiameter van 82 meter). Als gevolg van deze opschuiving kan 1 turbine minder worden geplaatst.

Dit leidt ertoe dat de energieopbrengst afneemt en daarmee de vermeden hoeveelheid CO<sub>2</sub> en vermeden zuurequivalenten. In tabel D.1 is aangegeven om welke hoeveelheden het minimaal en maximaal gaat gegeven de huidige varianten.

In de praktijk zal de energieopbrengst bij een dichtstebolstapeling naar lager zijn aangezien er grotere turbulente verliezen optreden. Dit kan er zelfs toe leiden dat de onderlinge afstanden nog groter worden waardoor nog één of meerdere turbines minder kunnen worden geplaatst.

Tabel D.1 Afname milieuwinst 1 turbine minder

Type en vermogen	E82	E126
Vermogen (MW)	3	6
Energieopbrengst* (MWh/jr)	6.000	12.000
Aantal huishoudens**	1.714	3.249
Vermeden primaire energie (GJ/jaar)	21.600	43.200
CO <sub>2</sub> -emissie reductie (kton/jaar)	3,3	6,6
Vermeden zuurequivalenten (/jaar)	120.000	240.000

\*conform PMDE is gerekend met 2.000 vollasturen

\*\*uitgaande van een verbruik van 3.500 kWh per jaar per huishouden

### *Economie*

Voor de effecten op economie (werkgelegenheid, lokale inkomens, participatiemogelijkheden) heeft de opstelling geen aanwijsbare invloed. De investeringskosten van de bestaande opstelling zullen afnemen, uitgaande van één turbine minder. Omdat een deel van de investeringskosten gelijk blijven, zoals de voorbereidingskosten en de aanleg van elektrische infrastructuur, zullen de investeringskosten per kWh/jaar enigszins hoger liggen bij een dichtstebolstapeling dan bij een schaakbordopstelling. Het verschil zal echter verwaarloosbaar zijn.

### *Ecologie*

Voor wat betreft de ecologische effecten zijn de effecten op vleermuizen en vogels relevant om te bespreken.

Voor wat betreft de effecten op vleermuizen geldt dat een dichtstebolstapeling een kleiner effect heeft dan de schaakbordopstelling. Over het algemeen geldt weliswaar dat de opstelling met de minste en turbines die het verst uit elkaar staan het minste effect heeft op vleermuizen, echter het aantal dodelijke slachtoffers wordt per turbine bepaald. Aangezien in een

schaakbordopstelling één turbine extra wordt gerealiseerd levert dit voor een schaakbordopstelling 1,2 (lage inschatting) tot 3,4 (hoge inschatting) vleermuis slachtoffers extra per jaar op. Overigens staan de lijnen dichter op elkaar bij een dichtstebolstapeling waardoor extra aanvaringsrisico wordt gecreëerd. Evenals hieronder voor de effecten op vogels wordt geconcludeerd is het verschil tussen de opstellingen eigenlijk niet aan te geven door de onzekerheidsmarges in de gehanteerde getallen. Gezien beperkte de verschillen is een relevant verschil in effect niet te verwachten.

Met betrekking tot het verschil in effect op vogels geven Alterra en Bureau Waardenburg in de rapportage 'Effecten op vogels van windenergieontwikkeling langs de dijken van de Noordoostpolder' (2006) aan dat zij verwachten dat de opstellingsvorm niet relevant is. Zij merken het volgende op (pagina 13):

'Een schaakbordopstelling heeft als voordeel dat bij loodrecht aanvliegen de turbines in de twee rijen achter elkaar wegvallen, zodat aanvaringskansen en barrièrewerking in die opstelling het kleinst zullen zijn. Daar staat tegenover dat het totale verstoringsoppervlak bij een dichtstebolstapeling in veel gevallen iets kleiner zal zijn. Omdat niet alle vogels loodrecht zullen aanvliegen en het effectieve verstoringsoppervlak ook wordt bepaald door overlap tussen verstoringszones van individuele turbines is het niet eenvoudig deze verschillen kwantitatief in te schatten. Omdat wij verwachten dat de verschillen ruim binnen de onzekerheidsmarges zullen liggen die sowieso rond de effectschattingen aanwezig zijn, zijn wij ervan uitgegaan dat deze twee configuraties dezelfde effecten hebben.'

#### *Landschap, ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie en archeologie*

In dit onderdeel wordt de dichtstebolstapeling beoordeeld ten opzichte van de beoordeling van de schaakbordopstelling die in het MER is te vinden. De algemene beoordeling is daarbij gelijk, alleen bij de onderscheiden aspecten wordt hier stilgestaan.

#### Landschappelijk karakter

- Structuur: geen invloed naar verwachting;
- Openheid: in de beleving van bewoners en recreanten zullen de turbines als een aantasting; van de openheid worden ervaren. Het effect wordt groter als de turbines dichter op elkaar staan omdat het waarnemen van de open ruimte hierdoor minder wordt toegelaten. De dichtstebolstapeling tast de openheid dan ook enigszins meer aan dan de schaakbordopstelling aangezien de lijnen dichter op elkaar staan. Het verschil in effect zal echter beperkt zijn aangezien de mogelijkheid om de open ruimte waar te nemen (tussen de turbines door te kijken) met name afhankelijk is van de locatie van de waarnemer;
- Rust: draaiende turbines beïnvloeden de rust omdat ze een laag toevoegen aan het landschap die veelal in beweging is. De dichtstebolstapeling veroorzaakt een dynamischer beeld omdat de turbines het dichtst op elkaar staan. Door de grote schaal van de opstellingen is het verschil met een schaakbordopstelling echter beperkt.

#### *Ruimtelijk karakter*

- Oriënterende werking: geen verschil tussen de dichtstebolstapeling en de schaakbordopstelling;
- Lengte van de opstelling: is een gegeven voor de MER en verschilt dus niet voor de dichtstebolstapeling en de schaakbordopstelling;

- Onderlinge afstand: in een dichtstebolstapeling staan de lijnen dichter op elkaar en hebben daardoor een grotere invloed op de openheid. De onderlinge afstand tussen de turbines in een rij verschilt niet van een schaakbordopstelling.

#### *Visuele kenmerken*

- Zichtbaarheid: geen verschil tussen de dichtstebolstapeling en de schaakbordopstelling
- Beleving: geen verschil tussen de dichtstebolstapeling en de schaakbordopstelling

In de figuren D.2 t/m D.5 zijn visualisaties opgenomen van een opstelling in een dichtstebolstapeling vergeleken met een schaakbordopstelling. Vanaf twee verschillende locaties zijn de visualisaties genomen. De visualisaties zijn bedoeld om het verschil te laten zien tussen de twee opstellingsvormen. De locaties zijn anders als de visualisaties van de varianten in het MER en kunnen dus niet volledig worden vergeleken met onderstaande visualisaties. Uit de visualisatie blijkt inderdaad dat de schaakbordopstelling een enigszins rustiger beeld oplevert in vergelijking met de dichtstebolstapeling. Aangezien dit deels bepaald wordt door de locatie van de waarnemer kan niet gesteld worden dat sprake is van een relevant verschil.

**Figuur D.2 dichtstebolstapeling vanaf het IJsselmeer gezien**



**Figuur D.3 schaakbordopstelling vanaf het IJsselmeer gezien**



**Figuur D.4 dichtstebolstapeling vanaf land gezien**



Figuur D.5 schaakbordopstelling vanaf land gezien



*Cultuurhistorie en archeologie*

De opstellingsvormen veroorzaken geen verschillende effecten op de aspecten cultuurhistorie en archeologie.

*Veiligheid op land*

Geen verschil in effecten verwacht tussen een dichtstebolstapelning of een schaakbordopstelling.

*Nautische veiligheid*

De oriëntatie is met name relevant voor de effecten van scheepvaart op windturbines. Het effect op de turbines op de scheepvaart verandert niet aangezien het aantal turbines nagenoeg of helemaal gelijk blijft, afhankelijk van welke lijn opschuift.

Met betrekking tot de effecten van scheepvaart op windturbines wordt het volgende gesteld. Op basis van de onzekerheid in de berekeningen wordt het verschil tussen een dichtstebolstapelning en een schaakbordopstelling als klein en verwaarloosbaar gezien. Uit berekening voor de originele varianten komt naar voren dat de aanvaringskans (%) gelijk is voor een opstelling met als oriëntatie een schaakbordopstelling aan een opstelling met een dichtstebolstapelning. In onderstaande tabel D.2 zijn de resultaten voor een V90 aan de Westermeerdijk buitendijks gepresenteerd. Gesproken wordt over 'vervolgkans' aangezien voorafgaand aan een aanvaring tussen een schip en een turbine eerst een falen of incident moet plaats vinden dat er de aanleiding van is dat het schip afwijkt van de vaargeul.

Tabel D.2 Vervolgkansen aanvaring Westermeerdijk Buitendijks

Variant	V90, 5D	V90, 5D	E114, 5D	E114, 5D
Oriëntatie	Schaakbord	Dichtste bol	Schaakbord	Dichtste bol
Aantal turbines	38	37	30	29
Kans op botsen	9%	9%	8%	8%

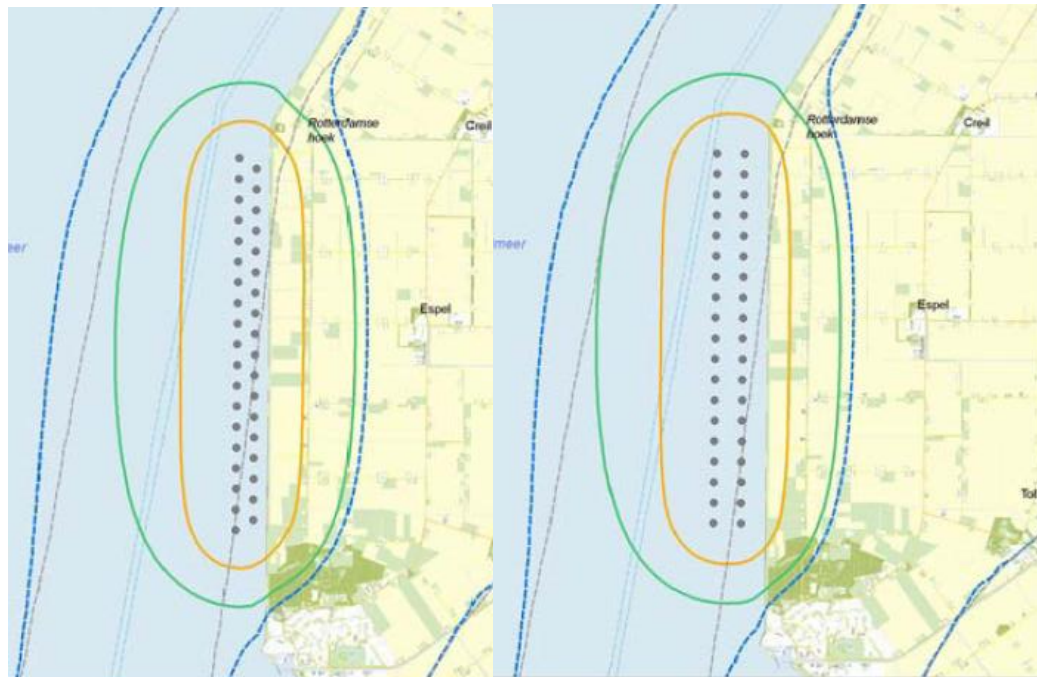
Het feit dat sprake is van een 'vervolgkans' leidt er ook toe dat het verschil in opstelling niet tot relevante effectverschillen leidt.

### Geluid

Voor geluid zijn verschillende berekeningen uitgevoerd. In de figuren D.6 en D.7 is het verschil in geluidseffecten tussen een dichtstebelstapeling en een schaakbordopstelling weergegeven. Evenals voor de visualisaties geldt dat de getoonde figuren afwijken van de varianten die in het MER zijn weergegeven. Het doel van deze figuren is te laten zien wat het verschil tussen de twee opstellingsvormen is.

Figuur D.6 Dichtstebelstapeling, geluid

Figuur D.7 Schaakbordopstelling, geluid



Zoals te verwachten is het totale oppervlak binnen een bepaalde contour bij een dichtstebelstapeling enigszins kleiner dan bij een schaakbordopstelling omdat de lijnen bij een dichtstebelstapeling dichter op elkaar staan. Het verschil voor bijvoorbeeld de 40 dB(A)-contour is ca. 5% (5.171 hectare geluidsbelast oppervlak binnen de 40 dB(A) contour voor een schaakbordopstelling en 4.939 hectare geluidsbelast oppervlak binnen de 40 dB(A) contour voor een dichtstebelstapeling).

Als echter gekeken wordt naar de effecten op woningen heeft de schaakbordopstelling een kleiner effect. In een schaakbordopstelling kunnen de turbines dichter op elkaar worden gezet.

Aangezien de locatie van de binnendijkse als een gegeven wordt gezien<sup>1</sup> schuiven de buitendijkse lijnen op richting de waterlijn. Dit leidt tot een verschuiving van de geluidscontour landinwaarts waardoor meer woningen binnen bepaalde contouren vallen. In het voorbeeld dat hierboven is gevisualiseerd vallen, voor de kleinste opstelling (V90, op 4D), 96 adressen binnen de 40 dB(A)-contour van de dichtstebolstapeling en 91 adressen binnen de 40 dB(A)-contour van de schaakbordopstelling.

Het verschil tussen de opstelling is beperkt en met name afhankelijk van de locatie van de binnenste lijn ten opzichte van de waterkant. Als maximale ruimtewinst wordt verkregen bij een gegeven positie van de binnendijkse opstelling heeft de dichtstebolstapeling een groter effect op het aspect geluid, vanuit het perspectief van de normstelling die gericht is op de geluidsbelasting op woningen, ten opzichte van de schaakbordopstelling.

#### *Slagschaduw*

De effecten op slagschaduw worden bepaald door de masthoogte. Voor het verschil geldt dat de oppervlakte van het gebied dat binnen een specifieke slagschaduwcontour valt groter is voor een schaakbordopstelling dan voor een dichtstebolstapeling. Dit is ook goed te zien in de figuren D.8 en D.9. Echter, omdat de afstand van de binnendijkse opstelling tot de waterlijn een gegeven is komen in een dichtstebolstapeling de buitendijkse lijnen naar de kust toe. Hierdoor komt de slagschaduw van de buitendijkse opstelling (de contour) op land terwijl dit in de schaakbordopstelling niet zo is. Dit heeft echter geen effecten op het aantal woningen binnen de slagschaduwcontour omdat dit bepaald wordt door de binnendijkse opstelling die niet van positie verandert ten opzichte van de waterlijn.

**Figuur D.8 Slagschaduw dichtstebolstapeling** **Figuur D.9 Slagschaduw schaakbordopstelling**



#### *Gebruiksfuncties*

Geen verschil in effecten verwacht tussen een dichtstebolstapeling of een schaakbordopstelling.

<sup>1</sup>

Overigens is het opschuiven van de binnendijkse lijn verder naar de waterlijn toe ook niet mogelijk op grond van het beleid van het waterschap en de fysieke beperkingen van de locatie (ligging van bijvoorbeeld de kwelsloot)

## D.2 Vergelijking

In onderstaande tabel is het effect van de oriëntatie ten opzichte van de andere oriëntatie beoordeeld voor de in deze bijlage beschreven effecten. Met een – en een + wordt aangegeven hoe de opstellingsvorm scoort ten opzichte van de andere -vorm. Met een 0 wordt aangegeven dat er niet of nauwelijks verschil is voor het betreffende effect.

Tabel D.3 Vergelijking effecten dichtstebolstapeling en schaakbordopstelling

Effect	Dichtste bolstapeling	Schaakbordopstelling
Milieuwinst	-	+
Economie	0	0
Ecologie	0	0
Landschap, ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie en archeologie	0	0
Veiligheid op land	0	0
Nautische veiligheid	0	0
Geluid	-	+
Slagschaduw	0	0
Gebruiksfuncties	0	0

Uit deze vergelijking komt naar voren dat voor het initiatief in de Noordoostpolder de schaakbordopstelling minder negatieve milieueffecten veroorzaakt dan een dichtstebolstapeling.

Zoals de commissie voor de MER in de richtlijnen aangeeft wordt bij een dichtstebolstapeling wel veel ruimtewinst behaald en neemt de hoeveelheid beïnvloed oppervlak voor wat betreft de milieuaspecten geluid en slagschaduw af. Het blijkt dat op veel punten de opstellingen geen wezenlijk andere effecten veroorzaken. Overigens is daarbij geen aandacht besteed aan het feit dat de varianten die nu in het MER zijn uitgewerkt, juist een grotere onderlinge afstand tussen de lijnen is gekozen omdat de oorspronkelijke onderlinge afstanden leiden tot een groter verstoord oppervlak voor bepaalde vogelsoorten.

Voor de specifieke situatie in de Noordoostpolder, met de lengte van de opstellingen en de locatie van de binnendijkse opstelling ten opzichte van de dijk als gegeven, geldt dat de dichtstebolstapeling vanuit milieuoogpunt geen voordelen biedt ten opzichte van de schaakbordopstelling. Met name aangezien:

- Er een turbine minder kan worden geplaatst waardoor minder duurzame energie wordt opgewekt;
- Meer woningen een hogere geluidsbelasting ondervinden dan bij de schaakbordopstelling als gevolg van de compacte opstelling waarbij de buitendijkse lijnen dichter op de kust zijn geplaatst.