



Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed  
Ministerie van Onderwijs, Cultuur en  
Wetenschap

**PROGRAMMA ERFGOED EN DUURZAAMHEID**

# Kenniskatern Windenergie

*Aanleg van windturbineparken en de gevolgen voor het  
ondergronds archeologisch erfgoed*

Mei 2021

## Disclaimer en aanbeveling

De informatie in deze publicatie is gebaseerd op publiek toegankelijke informatie over energieopwekking en energie installaties, op vergunningsaanvragen voor energie installaties, uit casestudies van bestaande of te realiseren installaties én op interviews met experts en adviseurs op het gebied van ontwerp, engineering, realisatie en vergunningverlening in de energiesector; de interviews zijn gehouden in het najaar van 2020.

De energiesector is constant in ontwikkeling en veel energie installaties en -netwerken zijn maatwerk, gebaseerd op energievraag van afnemers en de mogelijkheden met betrekking tot omgevingsbeleid van overheden en de locaties zelf. De hier gepresenteerde cijfers zijn daarom indicatief. Het geschetste beeld voor de impact van energie aanleg op het ondergronds erfgoed is in algemene zin geldend. De bijbehorende illustraties zijn schetsmatig van aard.

Het advies luidt om in elke casus zoveel mogelijk aspecten voorafgaand in beeld te brengen teneinde een overzicht te krijgen van ingrepen in de ondergrond die mogelijk effect hebben op het ondergronds erfgoed. Wanneer sprake is van meerdere zoeklocaties in het kader van de Regionale Energiestrategie (RES), is de aanbeveling om voor elke zoeklocaties zo vroeg mogelijk een dergelijke inventarisatie te maken.

# Inhoud

1.	<b>Energietransitie en archeologisch erfgoed</b>	4
2.	<b>Erfgoedbeleid en windenergie</b>	5
3.	<b>Het opwekken van windenergie: technische informatie en impact op ondergronds erfgoed</b>	6
	<b>Windturbineparken</b>	6
	Gevolgen van windturbineparken voor het bodemarchief	6
	Ontmanteling/Demontering	10
4.	<b>Energietransportnetwerken: technische informatie en impact op het ondergronds erfgoed</b>	11
	<b>Ingrepen binnen de bebouwde kom</b>	11
5.	<b>Windturbineparken: betrokken partijen</b>	13
	<b>Aanbevolen literatuur en bronnen</b>	15
	<b>Colofon</b>	16

# 1. Energietransitie en archeologisch erfgoed

De enorme opgave van de energietransitie legt een grote druk op de ruimte, ook ondergronds. Daarmee zal ook druk op het behoud van ondergronds erfgoed (het archeologisch bodemarchief) ontstaan. In de ondergrond bevindt zich het grootste gedeelte van de geschiedenis van Nederland, in de vorm van sporen en resten van dit verleden. Het is een kwetsbaar archief dat maar één keer kan worden “gelezen” en vastgelegd. Het Nederlandse beleid ten aanzien van archeologisch erfgoed is behoud in situ; archeologie dient in eerste instantie in de grond bewaard en beschermd te worden. Indien dit niet mogelijk is vanwege andere aanspraken op de schaarse ruimte, dient dit erfgoed onderzocht te worden.

Daarom verdient het aanbeveling ondergronds erfgoed in een zo vroeg mogelijk stadium te betrekken, liefst in het eerste stadium van planvorming. Het kan bij voorbeeld onderdeel van een

gebiedspaspoort vormen of van een inventarisatie van belangen. Bij een vroegtijdige inventarisatie is het duidelijk welke eisen een goede omgang met het ondergronds erfgoed stelt aan de plannen en het proces. De mogelijkheden voor behoud in situ en archeologisch vriendelijk bouwen kunnen in een vroeg stadium worden verkend. Dit voorkomt dat het bodemarchief geschaad wordt en dat archeologisch onderzoek moet worden uitgevoerd. Wanneer uiteindelijk behoud in situ toch niet mogelijk blijkt te zijn zal archeologisch onderzoek moeten plaatsvinden. In dit kenniskatern treft u informatie aan over de wijze waarop de aanleg en exploitatie van windturbineparken het ondergronds erfgoed kunnen beïnvloeden. In de handreiking wordt uitgelegd hoe de aanleg van duurzame energievormen en de omgang met het archeologisch erfgoed zorgvuldig afgestemd kunnen worden.

## 2. Erfgoedbeleid en windenergie

Het erfgoedbeleid van gemeenten en andere overheden regelt de omgang met archeologische resten. De vraag of een locatie mag worden ontwikkeld en onder welke voorwaarden, ligt vast in het ruimtelijk beleid. Hierin is ook opgenomen of er archeologische waarden kunnen worden verwacht of bekend zijn, en welke voorwaarden er gelden, zoals het doen van archeologisch onderzoek. In kleinere projecten wordt de omgang met archeologie vaak geregeld als voorwaarde voor het verstrekken van een bouw-, aanleg- of omgevingsvergunning. Bij grootschalige projecten is vaak vanaf het begin sprake van een eerste inventarisatie van archeologische waarden. Daardoor kan inpassing of aanpassing van het plan plaatsvinden indien ondergronds erfgoed wordt bedreigd. Wanneer ondergronds erfgoed echter pas in het kader van een vergunningsaanvraag ter sprake komt, is er veel minder sturingsruimte.

Bij de aanleg en realisatie van windturbineparken zijn veel verschillende overheden betrokken, zeker bij grotere projecten. In sommige gevallen wordt gebruik gemaakt van de mogelijkheid om ruimtelijke procedures te versnellen<sup>1</sup>. Aandachtspunt daarbij is te zorgen voor voldoende ruimte binnen de procedures voor de bescherming van het bodemarchief volgens het vigerende erfgoedbeleid van de betrokken gemeentes, en eventuele bijsturing lopende het proces mogelijk te maken. Het zijn complexe en omvangrijke projecten waarbij veel verschillende aspecten aan de orde zijn. Wanneer binnen het project de plannen wijzigen is het zaak om de consequenties hiervan opnieuw te bekijken. Daarom is het van belang dat de inventarisatie van ondergronds erfgoed en het vigerend erfgoedbeleid al in de eerste fase van planvorming heeft plaatsgevonden. Een dergelijk overzicht, onderdeel van een risico-inventarisatie per (zoek) locatie, kan helpen om de juiste omgang met het ondergronds erfgoed binnen het project te borgen, en ook de begroting, volgorde en planning van bijv. aanvullende archeologisch onderzoek en vergunningaanvragen<sup>2</sup> actueel te houden.

Door archeologie mee te nemen bij de locatie risico inventarisatie, ontstaat de mogelijkheid om een weloverwogen beleidskeuze te maken (ondergronds erfgoed behouden in situ versus ex situ oftewel opgraven) en een risico-afweging op het gebied van tijd, geld en andere aspecten.

In lang niet alle gevallen zullen complete archeologische terreinen (hoeven te) worden onderzocht omdat niet alles wordt verstoord door de aanleg van de nieuwe energiesystemen. Dan is het noodzakelijk om het behouden deel van het bodemarchief (de 'restwaarde'<sup>3</sup>) goed te beschermen. Hierbij dienen goed omschreven eisen te worden opgenomen in bestemmingsplannen en omgevingsplannen. De afweging óf onderzoek noodzakelijk was heeft immers in dit proces al plaatsgevonden; de restwaarde dient bij eventuele dreigende verstoring in de toekomst maximale bescherming te krijgen

Archeologisch onderzoek wordt in Nederland uitgevoerd door gecertificeerde bureaus en bestaat naast een bureauonderzoek, uit verschillende veldonderzoeken die een volgorde hebben en voor welke procedures eveneens richtlijnen en certificering gelden. Pas als het ondergronds erfgoed is onderzocht en veiliggesteld wordt het terrein vrijgegeven voor verdere bouw en aanleg. Voor een zorgvuldige omgang met het ondergronds erfgoed is het zaak inzicht te hebben in de bodemingrepen die komen kijken bij de aanleg van windturbineparken en de impact die deze hebben op de ondergrond en het daarin aanwezige erfgoed. Wie op tijd begint met het in kaart brengen van ondergronds erfgoed en hoe de voorgenomen plannen hierop van invloed kunnen zijn, heeft straks voldoende kennis in huis om gewogen beslissingen te nemen en volgens een zorgvuldige planning en begroting dit gravend onderzoek goed in te passen in de plannen.

<sup>1</sup> Dit is mogelijk onder de Crisis- en Herstelwet (2010); wanneer de Omgevingswet van kracht wordt, zal de CHW worden ingetrokken.

<sup>2</sup> Indien archeologisch onderzoek moet plaatsvinden, kan het nodig zijn om voorafgaand aan andere grondwerkzaamheden vergunningen aan te vragen voor wateronttrekking, sloop, Flora- en Faunawet (broedseizoen), kapvergunning en dergelijke. Deze dienen dan ook ruim voor start van grondwerkzaamheden (in dit geval archeologisch onderzoek) te zijn aangevraagd.

<sup>3</sup> Hierbij kan het gaan om een deel van een nederzetting die aansluit op hetgeen al is opgegraven, of om archeologisch erfgoed dat op een dieper niveau in de ondergrond ligt en dat bij de aanleg van het energiesysteem behouden kon blijven. Dit laatste doet zich voor indien sprake is van gestapelde landschappen.

### 3. Het opwekken van windenergie: technische informatie en impact op ondergronds erfgoed

Windenergie is een van de pijlers onder het bereiken van de afspraken in het klimaatakkoord: het realiseren van duurzame energie. In het Klimaatakkoord is het doel opgenomen dat in 2030 de CO<sub>2</sub>-uitstoot met 49% is afgenomen ten opzichte van de uitstoot in 1990. In 2050 moet de uitstoot met 95% verminderd zijn. Voor de elektriciteitssector is hiervoor het eerste doel gesteld dat de elektriciteitsproductie uit hernieuwbare bronnen wordt opgeschaald naar 70% van de totale opwek, ofwel 84 TWh in 2030.<sup>4</sup> Deze enorme opgave van de energietransitie legt een grote druk op de ruimte waarmee mogelijk ook druk op het ondergronds erfgoed (het archeologisch bodemarchief) ontstaat. Als het ondergronds erfgoed in een vroeg stadium, bij voorkeur nog in dat van de eerste planvorming, in kaart wordt gebracht, kan hiermee rekening gehouden worden bij – bijvoorbeeld – de locatiekeuze van windturbineparken. Dit voorkomt dat het bodemarchief geschaad wordt en dat archeologisch onderzoek moet worden uitgevoerd. In dit kenniskatern treft u informatie over de wijze waarop windenergie het ondergronds erfgoed beïnvloedt. In de handreiking wordt uitgelegd hoe de aanleg van duurzame energievormen en archeologisch erfgoed zorgvuldig afgestemd kunnen worden.

De sector is constant in ontwikkeling en er zijn ook veel hybride toepassingen van energieopwekking van zonneparken en windturbineparken. Het is van belang bij elk systeem te vragen naar die onderdelen die een directe impact hebben op de ondergrond (door de locatie en omvang) maar ook indirect kunnen zorgen voor grondroering, simpelweg door de aanleg ervan. Voor alle vormen van duurzame energie geldt dat de opgewekte energie terecht moet komen bij de gebruiker, hoe groot of klein ook. Daarvoor is transport nodig via energietransportnetwerken; dit zijn kabelstelsels. Deze impact op de ondergrond van windenergie wordt hier eveneens besproken.

#### Windturbineparken

Windenergie wordt opgewekt met windturbines. Er is een grote verscheidenheid aan windturbines met verschillende afmetingen en mechaniek, zoals verticale as-turbines en horizontale as-turbines. Windturbines bestaan uit drie belangrijke onderdelen: het rotorblad, de turbinemast en een gondel. Hieronder treft u een overzicht met een grove indeling van de afmetingen van (horizontale as-) turbines. Deze indeling kan echter worden verfijnd met de verschillende typen zoals deze door de fabrikant worden opgeleverd. Het onderstaande staatje geeft inzicht in de opgewekte energie in relatie tot de hoogte van de windturbine. Grotere windturbines hebben grotere wieken en vangen daardoor meer wind. In verhouding is het zo: een twee keer zo groot rotorblad is gelijk aan vier keer zoveel energie. Veel moderne windturbines hebben een vermogen van 3-5 megawatt. Een windturbine van

3 MW kan 6,5 miljoen kWh groene stroom per jaar opwekken. Dit is voldoende om ongeveer tweeduizend huishoudens het hele jaar te voorzien van windenergie. De hoeveelheid energie die daadwerkelijk geproduceerd kan worden, is niet alleen afhankelijk van de masthoogte en de rotorbladlengte maar ook van diverse andere factoren, waaronder de tijd dat de turbine draait en de locatie waar de windturbine geplaatst is.<sup>5</sup>

Type windturbine <sup>6</sup>	Masthoogte	Opgewekte energie
Kleine windturbine	Tot 15 meter	Tot 10 kilowatt
Middelgrote windturbine	Vanaf 15 meter	Tot 300 kilowatt
Grote windturbine	Vanaf 90 meter	Tot 12 megawatt

De locatie van een windturbinepark, en de ondergrondse bekabeling, wordt vaak gekozen op basis van nog beschikbare ruimte én het tracé van de stroomkabels. Daarom is er geen concrete verhouding te geven tussen opbrengst van een windturbinepark, kabels en ruimtebeslag. In alle gevallen is sprake van maatwerk.

Windturbineparken			
Omvang terrein	Horizontale bodemverstoring	Verticale bodemverstoring	Rekening houden met
Enkele tientallen tot honderden hectares (bruto contour)	enkele tientallen tot honderden hectares in diverse onderdelen (bruto contour)	Varieert van minimaal 0,5 meter tot ter plaatse van de windturbines tot enkele tientallen meters.	Transportwegen voor groot materieel, "tijdelijke" voorzieningen, energietransportnetwerk.

#### Gevolgen van windturbineparken voor het bodemarchief

Het ruimtebeslag van windturbineparken is niet eenduidig en varieert enorm. Het bestaat enerzijds uit de fysieke ruimte die nodig is om de windturbine te plaatsen (dit hangt af van de afmetingen van de windturbine en de eigenschappen van de ondergrond. Voor de diameter van de fundering kan gedacht worden aan de orde grootte van 10-30m). Tegelijkertijd spelen ook de eerdergenoemde aspecten zoals ondergrondse bekabeling, (tijdelijke) bouwwegen en opstelplaatsen een rol als het gaat om ondergronds erfgoed. Daarnaast bepalen andere aspecten zoals veiligheid, geluidsnormen en afstand tot kwetsbare objecten het 'risicoruimtebeslag'.<sup>7</sup> Dit komt er in de praktijk bijvoorbeeld op neer dat windturbines minimaal ca. 400 meter van woningen verwijderd moeten blijven. Veiligheid speelt ook een rol als het gaat om het plaatsen van windturbines op dijken.<sup>8</sup> Momenteel wordt veel gesproken over het combineren van functies, wind-

<sup>4</sup> RES Factsheet elektriciteit, p.3. 1 Terrawattuur (TWh) = 1 miljard Killowattuur (kWh) = 3,6 Petajoule (PJ).

<sup>5</sup> RES Factsheet elektriciteit, p.3.

<sup>6</sup> <https://www.unitedconsumers.com/blog/energie/hoe-werkt-een-windmolen.jsp#no4>

<sup>7</sup> Zie Activiteitenbesluit milieubeheer over o.a. slagschaduw, effecten voor vogels en vleermuizen, horizonvervuiling en risicozonering.

<sup>8</sup> Maarten Afman en Frans Rooijers, Net voor de Toekomst, achtergrondrapport CE Delft, 22 november 2017. Publicatienummer: 17\_3L53.170., p.133.

turbinepark en zonnepark, wat efficiënt is voor het net, maar uiteraard zijn invloed heeft op het ruimtelijk beslag van het energiepark. Hiervoor zijn geen kengetallen te geven aangezien deze situaties te specifiek zijn.

Een windturbinepark wordt vaak beschreven in een bruto contour (de volledige omtrek van het turbinepark), een netto contour (alleen de voet van de windturbine) en de levensduur van deze turbine (gemiddeld is dit 25 jaar).<sup>9</sup> Als voorbeeld: in een gegeven plangebied hebben 10 windturbines een netto ruimtebeslag van 1ha, maar een bruto ruimtebeslag van 450ha.<sup>10</sup> De omvang van het terrein kan dus variëren van enkele tot een paar honderd hectaren. Bij het afgeven van een veiligheidscertificaat (conform IEC 61400-1 of NVN 11400-0) wordt een levensduur van 20 jaar van windturbines voorgeschreven, maar in de praktijk zal dit bij goed onderhoud langer zijn.

De onderlinge afstand tussen de turbines hangt samen met verschillende aspecten, waaronder de windschaduw van een turbine. Door deze windschaduw wordt de energieopbrengst per windturbine minder. Hierdoor is een optimale onderlinge afstand wenselijk. De optimale afstand tussen twee windturbines is gelijk aan ongeveer 5 keer de diameter van de rotor.<sup>11</sup> Er zijn verschillende onderzoeken gedaan naar wat dat voor de capaciteit van windturbineparken en per km<sup>2</sup> betekent. Bijvoorbeeld het onderzoek van Miller en Keith, waaruit blijkt dat parken in de VS een vermogen opbrengen van 2,8 MW per km<sup>2</sup>.<sup>12</sup> Andere onderzoeken vallen iets lager uit, rond 2 MW per km<sup>2</sup>.

Tenslotte, windturbines worden veelal in een rij geplaatst vanuit landschappelijk oogpunt. Als zo'n rij eenmaal ingepland is, is het zo goed als onmogelijk om de lijn aan te passen t.b.v. aanwezige archeologische waarden. Ook vanuit de gedachte dat verstoring van archeologie moet worden voorkomen dient archeologie aan de voorkant van het proces (al in het zoekproces naar beschikbare locaties) te worden meegewogen.

Om de gevolgen voor het bodemarchief goed in te kunnen schatten, is het belangrijk om inzicht te hebben in de onderdelen die van invloed kunnen zijn op de ondergrond. We spreken over een windturbinepark wanneer deze bestaat uit meer dan drie windturbines. Het terrein van een windturbinepark bestaat uit de volgende installatieonderdelen die mogelijk van invloed kunnen zijn op de (archeologie in de) ondergrond:

1. Windturbines op een mastvoet (en turbinefunderingen)
2. Hoogspanningsstations
3. Kabelsleuven met bekabeling

4. Permanente wegen voor onderhoud
5. (Tijdelijke) werkwegen en installaties voor vervoer van zwaar materieel
6. Terreininrichting overig
7. Windmeetmasten
8. Terreininrichting (zoals begroeiing)

#### 1. De windturbine met mastvoet

Hoewel de techniek enorm snel ontwikkelt en we om die reden lastig kengetallen kunnen formuleren over de exacte ruimtelijke consequentie van windturbines, zijn er wel enkele algemeenheden te noemen ten aanzien van de aanleg en bouw van windturbineparken. De windturbines bestaan zoals gezegd uit verschillende onderdelen, te weten de fundering en de mastvoet, de gondel en de rotorbladen. Voor de impact op de ondergrond is de fundering van de mastvoet interessant en de m<sup>2</sup> en m<sup>3</sup> van deze ingreep in de ondergrond [windturbines - 3,5]. De omvang van de mastvoet is afhankelijk van variabelen zoals de omvang van de rest van de turbine, het type rotorblad en de lengte van de turbinemast. Een windturbinefundering heeft een zware fundering nodig van bijna 1:1 voor wat betreft het gewicht. Een voorbeeld: een windturbine van 2.800 ton gewicht heeft zo bijvoorbeeld een fundering van 2.500 ton.<sup>13</sup>

Omdat met het opwekken van windenergie enorme kracht gemoeid is, worden windturbines altijd onderheid. Dat gebeurt met in een cirkel geslagen heipalen, waarvan de diameter van de cirkel afhankelijk is van de omvang van de te plaatsen mastvoet. Op dit moment worden turbines geplaatst met een betonnen fundering van ca. 30 meter in diameter, met enkele tientallen heipalen. Het proces van de bouw is op de plaats gegoten, gewapend beton dat de mastvoet vormt, waarna door middel van een verankering die in het beton is aangebracht de turbine wordt geplaatst.

Het berekenen van de omvang van deze mastvoet en het noodzakelijke onderheien betreft een gespecialiseerde berekening die afhankelijk is van een aantal variabelen, waaronder een onderzoek naar de gesteldheid van de ondergrond. Om die reden zijn hiervoor geen standaarden of kengetallen te noemen. Gezien de dichtheid van het heipalenplan, kun je ervan uitgaan dat eventuele archeologie op de plek van de windturbines volledig verloren gaat ongeacht de fundatiemethode die gekozen wordt.

Wat belangrijk en interessant is voor het sparen van de archeologie in de ondergrond, is dat de diepte van het onderheien in sommige gevallen aangepast kan worden aan de omstandigheden. Door de heipalen schuin in te slaan (in schoorstand), hoeft bijvoorbeeld minder diep onderheid te worden. Ook kunnen de heipalen grond-vervangend en geschroefd worden aangebracht,

<sup>9</sup> RES factsheet elektriciteit, p.11.

<sup>10</sup> Nationaal Programma Regionale Energiestrategie - Achtergrondinformatie per elektriciteitsbron - versie 30 april 2020, p.11.

<sup>11</sup> RES Factsheet elektriciteit, p.11.

<sup>12</sup> Lee M Miller and David W Keith 2019 Environ. Res. Lett. 14 079501.

<sup>13</sup> <https://handboek-prefab-beton.betonhuis.nl/algemeen-prefab/online-handboek-prefab-beton/heipalen/relevante-artikelen/heipalen-voor-windmolenpark>

waardoor er mogelijk minder schade aan de archeologie wordt berokkend. Hoewel dit afhankelijk is van de grondsoort, kan van tevoren worden onderzocht of dit inderdaad besparend is voor de archeologie. Vaak worden wel prefab heipalen gebruikt om de draagkracht van het gewapend beton te kunnen garanderen, zeker als de palen in schoorstand worden aangebracht.

## 2. Hoogspanningsstation

Om niet te veel in detail te treden ten aanzien van de benaming van de verschillende stations die opgewekte stroom transformeren of verdelen, spreken we hier van een hoogspanningsstations [7]. Hieronder vallen bijvoorbeeld koppelstations, inkoopstations, converterstations, trafostations, onderstations en verdeelstations en klantstations. Het jargon dat hiervoor wordt gebruikt is niet uniform, wordt regelmatig door elkaar gebruikt en de meeste stations combineren ook nog eens meerdere functies. Vanaf de turbinemast lopen kabels naar een nabijgelegen hoogspanningsstation waarvandaan de stroom naar het landelijk elektriciteitsnet wordt geleid. Het Nederlandse elektriciteitsnet, dat de regionale netten en de meeste elektriciteitscentrales met elkaar verbindt, wordt beheerd door TenneT. Het landelijke net heeft hoogspanningsniveaus van 380 en 220 kilovolt. Op iets lagere niveaus wordt de elektriciteit naar de regio's getransporteerd. Op 'middenspanningsniveaus' wordt aan de grootverbruikers geleverd en wordt de elektriciteit verder gedistribueerd naar de laagspanningsnetten. Hierop zijn met name huishoudens maar ook kleine zakelijke klanten aangesloten. Ten aanzien van de netlengte is naast het spanningsniveau ook onderscheid te maken in het type verbinding, namelijk of het een bovengrondse lijn of een kabel betreft. De omvang van de hoogspanningsstations is afhankelijk van het soort en van de omvang van het windturbinepark. Hoe groter het park en het aantal windturbines, des te groter zijn ook de hoogspanningsstations. Deze gebouwen moeten in sommige gevallen worden onderheid. Ook dit is afhankelijk van de ondergrond en de omvang van deze stations. De stations kunnen enkele vierkante meters, tot enkele tientallen vierkante meters in omvang zijn.

De informatie die in dit kenniskatern is opgenomen, betreft gemiddelde windturbineparken op land. Windenergie op zee is hierin niet opgenomen, hoewel deze parken wel degelijk een ruimtelijke weerslag hebben op land. De energie die op zee wordt opgewekt zal namelijk op diverse plekken in Nederland aan land worden gebracht en van daaruit worden gedistribueerd naar gebruikers. TenneT is verantwoordelijk voor de kabel tussen het station en het landelijk netwerk om de aansluiting te maken. Zij ontsluiten zo'n 700 megawatt per windturbinepark op zee. Er is een installatie tussen de 3,5-3,7 ha nodig voor het aan land brengen van deze 700 megawatt. Dat aan land brengen wordt gedaan vanaf een platform op zee waarvan twee kabels naar de kust lopen. Aan land moet er vervolgens een transformatorstation

gebouwd worden. 380 kilovolt kabels komen daar binnen en worden vervolgens naar het landelijk netwerk overgezet. Voor het bouwen van een dergelijk station is grofweg 3-4ha nodig en tijdelijk nog eens 2ha extra voor het gebruik van materieel voor de installatie van een dergelijke stationslocatie. Veel details over de afmetingen van dergelijke stations zijn hier niet te geven, want ook hier is de aanleg heel locatie-specifiek. Om een idee te geven van de omvangvariatie van dergelijke stations: op de Maasvlakte hoefde vanwege de ondergrond niet opgehoogd of geheid te worden. Bij de Maasvlakte is het terrein 3,5-4 ha groot aangelegd. Het station bij Wijk aan Zee hoeft ook niet opgehoogd of onderheid te worden, alleen is het terrein daar 11 ha groot, omdat daar 3 parken op worden aangesloten. Op beide locaties wordt wel de grond ingegaan voor funderingen waardoor er mogelijk wel een raakvlak ontstaat met archeologie.<sup>14</sup>

## 3. Kabelsleuven en bekabeling, Stroomkabels afvoer: dikte, ligging, ruimtebeslag

Hoeveel kilometer kabel [Windturbines - 6] wordt gelegd, hangt af van de omvang van het windturbinepark. De ontwerpruimte voor de bekabeling is belangrijk om te kennen, om zo de impact op de ondergrond in te kunnen schatten. Voorafgaand aan het plaatsen van bekabeling wordt vaak een tracéonderzoek ingesteld, waarbij op de grondgesteldheid wordt gelet voordat de keuze wordt gemaakt voor een kabeltracé. Kennis over de grondgesteldheid is belangrijk om ervoor te zorgen dat de kabels hun warmte kwijt kunnen maar is ook belangrijk voor de stroomfluctuaties in een kabel, bijvoorbeeld op warme dagen.<sup>15</sup> Daarom kan het kan zijn dat er grondverbetering plaats moet vinden zodat de kabels hun warmte kwijt kunnen aan de ondergrond. Niet alle grondsoorten geleiden warmte even goed of kunnen deze warmte afvoeren. Over het algemeen is zand een goede matrix voor bekabeling. Met name op kleirijke en veenrijke bodems wordt vaak grondverbetering toegepast.<sup>16</sup>

Het aantal kabels is afhankelijk van de hoeveelheid windturbines die in een park geplaatst zijn. Dit heeft effect op de grondingrepen omdat de kabels niet dicht bij elkaar mogen worden geplaatst en omdat er, afhankelijk van de hoeveelheden kabels die nodig zijn, bredere kabelsleuven worden gegraven om de kabels op die manier op afstand te houden. In principe loopt er 1 kabel van iedere windturbine naar het hoogspanningsstation. De hoogspanningsstations worden ook door middel van een kabel verbonden met het hoogspanningsnetwerk. Windturbines kunnen niet geschakeld worden. Wel kunnen kabelsleuven gebruikt worden voor meerdere kabels, dit heeft als consequentie dat de kabelsleuven dan breder worden aangelegd omdat de kabels een onderlinge afstand moeten hebben. Kabels hebben tenminste

<sup>14</sup> Kengetallen verkregen uit interviews met TenneT.

<sup>15</sup> Persoonlijke communicatie met Liander.

<sup>16</sup> Idem en persoonlijke communicatie met TenneT.



0,5-1 meter onderlinge tussenruimte nodig om hun warmte kwijt te kunnen. De tussenruimte varieert per type kabel.<sup>17</sup> Ook dient rekening gehouden te worden met de afstanden tot andere leidingen, zoals gasleidingen. De kabels worden grotendeels aangelegd in open ontgraving. Bij kruising van wegen, bepaalde natuurgebieden, bepaalde waarden en watergangen worden de kabels aangelegd door middel van een gestuurde boring. Voor de aanleg van een kabelbed dient eveneens rekening te worden gehouden met een strook van enkele tientallen meters waarbinnen werkzaamheden plaatsvinden om de kabels te kunnen aanleggen. Dit heeft bijvoorbeeld betrekking op tijdelijke opslag van materiaal, grond et cetera.<sup>18</sup>

Hoewel onderstaande afmetingen geen standaard zijn, is dit een gemiddelde en kan als basis dienen voor het uitwisselen van informatie tussen betrokkenen. De benodigde kabelbedden variëren tussen 1,5 tot 25 meter breed en liggen op 80 centimeter tot 1,2 meter diepte (soms op 2 meter diepte, op percelen waar diep geploegd wordt). Voor middenspanning worden sleuven gegraven van ongeveer 2-3 meter breed, voor hoogspanning zijn de sleuven veel breder (tot wel 25 meter brede kabelbedden).<sup>19</sup>

Het terminologische verschil tussen kabels en leidingen is mogelijk van belang voor (het begrip van) de fasering van archeologisch onderzoek. Kabels worden gebruikt om elektra door te voeren terwijl leidingen worden aangelegd om een medium doorheen te vervoeren. Om die reden hebben kabels een bepaalde lengte (een kilometer meestal) en die is vast, terwijl leidingen korter en modulair zijn; ze bestaat uit segmenten.

**TIP:** Met leidingenaanleg kun je dus makkelijker een deel overslaan zodat je archeologisch onderzoek kunt laten uitvoeren en later voor het afmaken van de leidingen kunt terugkomen.

Eventueel is het ook mogelijk om de kabels middels gestuurde boringen aan te leggen. Dit is een mogelijk aandachtspunt voor archeologen die te maken hebben met een monumentterrein. Momenteel kunnen boringen over een lengte van 1200 meter en tot 40 meter diepte worden uitgevoerd, zij het dat uiteraard de (financiële) consequenties daarvan wel moeten worden doorgerekend.<sup>20</sup> Bij gestuurde boring zijn de omvang en diepte van het intrede- en uittredepunten belangrijk om te inventariseren. Afhankelijk van de omvang van de boor kan dit namelijk nog flinke grondingrepen tot gevolg hebben. Ook de opstelreinen/ werkterreinen voor het materieel kunnen voor de archeologie een aandachtspunt zijn. Ook het verloop van de boring in de onder-

grond is belangrijk om te kennen en af te zetten tegen de locatie van de archeologie. Met name waar de boring op diepte komt bepaalt de eventuele omvang er van de verstoring aan de archeologie.

In stedelijke omgeving is tegenwoordig steeds vaker sprake van tunnelbuizen om de bekabeling van diverse nutsvoorzieningen te combineren. Dit omdat ruimtegebrek en druk op de bodem hier een toenemend probleem zijn.

#### 4. Permanente wegen voor onderhoud

Op ieder terrein worden permanente wegen aangelegd die gebruikt worden voor onderhoud. Voor een windturbine met toegangsweg is ongeveer 0,2 ha noodzakelijk.<sup>21</sup> Voor de aanleg van deze wegen vinden uiteraard ook grondingrepen plaats. Belangrijk voor de aanleg is dat het materieel waarmee dit onderhoud wordt gedaan, de wegen moet kunnen gebruiken. Omdat wat nodig is voor onderhoud per windturbinepark wisselt, is het zaak dit zo vroeg mogelijk in beeld te krijgen en na te gaan hoe diep de ingrepen zullen zijn bij aanleg. Het is ook belangrijk om inzicht te krijgen in het aantal kilometers weg dat worden aangelegd. Dergelijke wegen zullen waarschijnlijk ca. 5 meter breed zijn, hoewel de exacte afmetingen en de bodemverstoring pas bekend worden als de aannemer zijn detailontwerp gereed heeft. Dit is afhankelijk van specifieke grondcondities die verschillen per (deel)gebied en naar het materieel dat bij de aanleg gebruikt zal worden.

5. (Tijdelijke) werkwegen en installaties voor vervoer van zwaar materieel  
Hieronder valt onder andere het aanleggen van bouwwegen [windturbines - 1, 2], opstelreinen [4], opslagterreinen en activiteiten als aanlegvoorbereidingen. Bij deze laatste groep activiteiten kan de grond worden afgevlakt, opgehoogd, onderheid, waarbij mogelijk ook waterpeilverlaging plaats kan vinden. Al deze activiteiten zijn van invloed op de ondergrond en daarmee op de archeologie in die ondergrond.

Voor het plaatsen van een turbine wordt een kraanopstelplaats ingericht. De afmetingen hiervoor kunnen variëren, maar rekening moet worden gehouden met ongeveer 40 bij 60 m<sup>2</sup>. Deze kraanopstelplaatsen worden, afhankelijk van de bodemconditie, eveneens gefundeerd om de kraan te stabiliseren. Dit kan gebeuren met heipalen of op staal, waarbij mogelijk ook toplagen van de bodem afgegraven worden. Hierbij wordt vaak ook nieuwe verharding in de ondergrond aangebracht. Daarna wordt de oorspronkelijke ondergrond weer opgebracht en aangetrild. Voor het onderhouden van de opstelplaatsen, worden de grootste kranen ter ere

17 Persoonlijke communicatie met Liander. Een 50 kV-kabel (20 cm kabeldikte) heeft 1 m tussenruimte nodig, maar een 20/10kV kabel (15 cm-kabeldikte) heeft 0,5 m tussenruimte nodig.

18 Quickscan archeologie Arcadis Hollands Kroon.

19 Persoonlijke communicatie met Heijmans.

20 Persoonlijke communicatie met TenneT.

21 <https://www.prodeon.nl/>

Voor het in kaart brengen van de groningrepen die komen kijken bij de tijdelijke werkwegen geldt feitelijk hetzelfde soort informatie als bij aanleg van de permanente wegen. Hoeveel kilometer wordt aangelegd en wat zijn de groningrepen die hiervoor moeten plaatsvinden? Omdat er voor het plaatsen van de turbines vaak ook buiten de grenzen van het plangebied ingrepen moeten plaatsvinden om de (tijdelijke) aanvoer- en werkwegen aan te kunnen leggen, is dat een aandachtspunt voor archeologische vindplaatsen en de periferie van deze vindplaatsen.

Ook de bouwwegen moeten vaak gefundeerd worden om de juiste stabiliteit te krijgen voor het transport van de turbines. Funderen kan mogelijk worden gedaan door het afgraven van instabiele toplagen en het graven van een cunet.

#### 6. *Terreininrichting overig*

De overige onderdelen van het windturbineparkterrein kan bestaan uit diverse onderdelen, zo kan er sprake zijn van een opslagterrein, aanplanting en het plaatsen van een hekwerk of sloten om aan de veiligheidsvoorschriften te voldoen. Een hekwerk zal meestal rondom het volledige terrein worden geplaatst. Bij deze aanleg vinden groningrepen plaats, afhankelijk van het hekwerktype en de plaatsingsmethode. Ook kan er sprake zijn van watercompensatievereisten. Bij deze overige terreinvereisten wordt vaak ook de grond ingegaan. Het is zaak ook deze inrichtingseisen aan archeologie te toetsen.

#### 7. *Windmeetmasten*

Vaak worden voor de aanleg van een windturbinepark ook een of meerdere windmeetmasten aangelegd. Hiermee wordt beoogd het windpark optimaal te laten functioneren. Niet in alle gevallen

maken deze windmeetmasten onderdeel uit van het oorspronkelijke plan en in sommige gevallen wordt hiervoor een separate aanleg- of omgevingsvergunning aangevraagd. Het kan zijn dat in dit geval ook archeologie in het geding is. Deze (metalen) meetmasten hebben vaak een betonnen fundering met heipalen en drie tuidraden die op meerdere punten verankerd worden in de ondergrond.

#### **Ontmanteling/Demontering**

Wanneer een locatie niet meer in gebruik is, zal deze worden opgeheven. Hiermee is in Nederland nog niet veel ervaring opgedaan. Indien wordt gekozen voor het volledig verwijderen van ondergrondse delen zoals heipalen, infrastructuur, en bijvoorbeeld grondverbetering of herinrichting van het terrein plaatsvindt, kan dit leiden tot (extra) bodemverstoring. Dit is met name van belang indien er op het terrein of aanpalend nog behoud in situ heeft plaatsgevonden van ondergronds erfgoed. Bij het demonteren van een windturbinepark worden de funderingen ook weer verwijderd. In het geval van betonvoet wordt dit verwijderd door ontgravingen. In het geval van een aanwezige heipalenconstructie, wordt de palen getrokken en verwijderd. In sommige gevallen blijft de bekabeling liggen.

**Voor het bodemarchief is de aanlegfase van windturbinepark het meest verstorend.** Uit het bovenstaande blijkt ook dat er voor de verschillende terreinonderdelen van een windturbinepark dusdanig veel en verschillende groningrepen noodzakelijk zijn dat, **indien er besloten wordt het park te situeren op terreinen met middelhoge/hoge verwachting voor archeologie en er op basis van het erfgoedbeleid archeologisch onderzoek is vereist,** het noodzakelijk zal zijn om de gehele vindplaats op te graven.

## 4. Energietransportnetwerken: technische informatie en impact op het ondergronds erfgoed

### Ingrepen binnen de bebouwde kom

De aanleg van windturbineparken voor het energietransport kan leiden tot bodemverstoring indien het netwerk moet worden uitgebreid, omdat het vergroten van de capaciteit van het energienetwerk niet direct verbonden is aan de aanleg van windturbineparken.<sup>22</sup> Binnen de bebouwde kom gaat de aanleg vaak langs reeds bestaande lijnen van infrastructuur. Het kan zijn dat in de toekomst netverzwaring noodzakelijk is. Er worden hierbij grotere transformatoren en meer kabels in de grond aangebracht om dit te realiseren. Hoeveel en hoe groot is uiteraard afhankelijk van de gegeven situatie. In de bebouwde kom zal hierdoor vaker een kruising voorkomen met waterwegen en infrastructuur. Deze kruising zal via een ondergrondse boring worden aangelegd. Voor het realiseren van een dergelijke boring is sprake van een open ontgraving rondom het intrede- en uitredepunt, extra (zwaar) materieel en de aanleg van een werkterrein rondom de beide punten. Binnen de sleuven kan sprake zijn van diepere ontgraving en aanvulling van de ondergrond voor het stabiliseren van het leidingbed. Daarnaast kan de aanleg van een energietransportnetwerk binnen de bebouwde kom ook afhankelijk zijn van bovengrondse obstakels, infrastructuur voor rijwegen en bus, tram of spoorwegen, groenvoorziening, straatmeubilair en natuurlijk andere ondergrondse infrastructuur zoals riolering en warmte- en datanetwerken.

In *steden*, en vooral binnensteden zullen energienetwerken moeten worden ingepast in de reeds druk gebruikte ondergrond.<sup>23</sup> Hierbij concurreren dergelijke elektriciteitskabels met andere ondergrondse aspecten zoals ondergronds erfgoed en funderingen van historische gebouwen. De ligging en de aanleg zullen van plaats tot plaats verschillen waardoor de impact op het bodemarchief kan verschillen. *Historische binnensteden* zullen goeddeels op de schop gaan, waarbij het vanwege veiligheidsaspecten mogelijk is dat de energienetten *niet binnen* reeds verstoorde kabelbedden worden gerealiseerd, maar een nieuwe verstoring teweegbrengen.

*Vanuit beleidsopgave is er nog een aantal zaken dat aandacht vraagt:*

- In geval van bouwplaatsen kan sprake zijn van tijdelijke inrichting waarvoor geen vergunning hoeft te worden aangevraagd.<sup>24</sup> Hierdoor dreigt het gevaar dat de omvang van de werken die directe of indirecte grondroering met zich meebrengen niet voldoende in beeld is, en er geen rekening mee wordt gehouden bij de afweging voor behoud in situ en

noodzaak tot archeologisch onderzoek.<sup>25</sup> Bij zogenaamde tijdelijke aanvoerwegen die noodzakelijk kunnen zijn voor vervoer van materiaal en zwaar transport, is iets soortgelijks mogelijk. Voor tijdelijke aanvoerroutes kan het nodig zijn om af te vlakken, ondergrond te stabiliseren, objecten zoals verkeersmasten of beplanting tijdelijk te verwijderen en weer terug te plaatsen of een tijdelijk wegdek aan te brengen en weer te verwijderen. Dit alles brengt grondroering met zich mee.

- De praktijk van sommige windplannen heeft geleerd dat de vergunningen voor de aanleg in delen wordt aangevraagd. Eerst worden de vergunningen worden aangevraagd om turbines te plaatsen en dat daarna pas de vergunningen voor leidingen, opstelplaatsen, etc. Hiermee versnipperd het archeologisch onderzoeksproces. Dit is vanuit het standpunt van archeologie niet wenselijk. Dit kan worden vermeden door bijvoorbeeld een masterplan voor archeologisch onderzoek op te stellen om op die manier het onderzoek te structureren.
- In veel agrarische landschappen is in het verleden weinig archeologisch onderzoek gedaan omdat er weinig werd gebouwd. Hierdoor is er soms onvoldoende inzicht in het potentieel, de omvang en de waarde van het bodemarchief in deze gebieden. Dit heeft ertoe geleid dat de archeologische verwachting of waarde als 'laag' is aangemerkt en er ruime ondergrenzen zijn opgenomen voor archeologisch onderzoek. 'Buitengebieden' kunnen in het verleden wel degelijk (dicht) bewoond zijn geweest en belangrijke historische en prehistorische archeologische sporen en vondsten bevatten. Hierbij valt te denken aan kasteelterreinen, begraven prehistorische landschappen, scheepswrakken in polders, bewoningslinten, kloosters en dergelijke. Ook water gerelateerde archeologische sporen en relictten zijn in het buitengebied aan te treffen. Denk hierbij aan oude waterlopen waarin of waaraan zich installaties of voorwerpen voor scheepvaart en visserij bevinden, oude bruggen en kades maar ook (prehistorische en Romeinse) offerplaatsen in beekdalen en rivieren. Het verdient daarom aanbeveling zo vroeg mogelijk in het proces goed inzicht te krijgen in de archeologische waarde van deze gebieden om niet tijdens de realisatiefase van een werk met 'onverwachte' archeologische vondsten te worden geconfronteerd met alle gevolgen van dien voor planning, begroting en uitvoering. Tijdig in kaart brengen biedt meer kans op behoud in situ.
- Binnen archeologisch beleid is vaak geen uitzondering gemaakt voor zogenaamde lijnobjecten zoals kabeltracés. Wanneer er sprake is van ruime vrijstellingsgrenzen (zie hierboven), is het

<sup>22</sup> Interviews met Liander. Zie ook <https://gelijkspanning.org/2020/01/24/netverzwaring/>

<sup>23</sup> Zie ook Structuurvisie Ondergrond door het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. 2018.

<sup>24</sup> Op basis van artikel 2, onderdeel 20, van Bijlage II van het Bor is voor een bouwkeet, bouwboord, steiger, heistelling, hijskraan, damwand of andere hulpconstructie die functioneel is voor een bouw-, onderhouds- of slooptactiviteit, een tijdelijke werkzaamheid in de grond-, weg-, of waterbouw of een tijdelijke werkzaamheid op land waarop het Besluit algemene regels milieu mijnbouw van toepassing is, mits geplaatst op of in de onmiddellijke nabijheid van het terrein waarop die activiteit of werkzaamheid wordt uitgevoerd geen vergunning nodig.

<sup>25</sup> In landelijk gebieden zijn de ondergrenzen voor archeologisch onderzoek over het algemeen ruimer. Indien omvangrijke werkstroken en opstelreinen niet worden meegenomen in de oppervlakten van grondroerende werkzaamheden, kan op basis van deze, onvoldoende, informatie worden geconcludeerd dat de werkzaamheden de ondergrens niet overschrijden, en er dus geen noodzaak bestaat tot het uitvoeren van archeologisch onderzoek binnen het proces. Hierdoor kan belangrijk ondergronds erfgoed worden aangetast.

mogelijk dat tracés formeel niet hoeven te worden onderzocht. Dit terwijl dergelijke 'ritssluitingen' in het landschap grote impact kunnen hebben op de kwaliteit van de archeologische sporen en resten en daarmee op de leesbaarheid en de interpretatie van archeologische vindplaatsen, ook wanneer die slechts grenzen aan de feitelijke verstoring.

Wilt u meer weten over archeologie en windenergie? Dan verwijzen wij u graag door de RCE [www.cultureelerfgoed.nl](http://www.cultureelerfgoed.nl) Hebt u vragen? Mailt u dan naar [info@cultureelerfgoed.nl](mailto:info@cultureelerfgoed.nl)

## 5. Windturbineparken: betrokken partijen

Binnen het Klimaatakkoord zijn gemeenten aangewezen als regisseurs voor de energietransitie voor de gebouwde omgeving. Gemeenten kunnen in dit proces steeds wisselende rollen innemen, bijvoorbeeld die van initiatiefnemer, grond- of locatie-eigenaar en/of als vergunningverlener. De Regionale Energiestrategie wordt op gemeentelijk niveau verder uitgewerkt in – bijvoorbeeld – de Omgevingsvisie waarin de ambities ten aanzien van verduurzaming van energie zijn ingevuld. Hierin werken gemeenten samen met belanghebbenden zoals bewoners, vastgoedeigenaren, woningcoöperaties, netbeheerders en andere overheden, een visie uit waarin staat hoe en wanneer de gemeente invulling wil geven aan de energietransitie. Een gemeentelijke visie is in veel gemeenten in voorbereiding en in sommige gemeenten al als concept met verschillende partijen besproken. Voor de totstandkoming van deze visie is een duurzame coalitie van stakeholders wenselijk, zowel binnen de regio als binnen de gemeente die de visie begeleidt tot aan de vaststelling door college en gemeenteraad. De trajecten van de Regionale Energiestrategie en de (Omgevings)visie van de gemeente kunnen in de praktijk naast en door elkaar lopen.

Na de totstandkoming van de visie op duurzame energie volgen er uitvoeringsplannen; omdat de situatie per gemeente en locatie verschilt, zal dit in nauw overleg gebeuren met bewoners en vastgoedeigenaren. Als de visie op duurzame energie wordt vastgesteld die voldoet aan de eisen voor een programma onder de Omgevingswet, komt deze te gelden als een programma onder de Omgevingswet. Het zijn met name de burgerinitiatieven en de energicorporaties waarop de overheid haar ambitie en hoop heeft gevestigd in de komende jaren. In het Klimaatakkoord is opgenomen dat 50% van het eigendom (en de financiële risico's) van de opwekking van duurzame energie in handen moet komen van de lokale omgeving (burgers en bedrijven).<sup>26</sup> Dat betekent ook dat lokale initiatiefnemers te maken krijgen met de kosten en de zorg voor archeologisch onderzoek.

Indien het bestemmingsplan/straks omgevingsplan van een gemeente voor een locatie geen bestemming kent voor windturbineparken, kan de bestemming van een terrein worden gewijzigd volgens een reguliere omgevingsvergunningaanvraag of kan een uitgebreide procedure worden gevolgd waarbij een wijziging van het bestemmingsplan/straks omgevingsplan en de vergunningaanvraag wordt gecombineerd. Ook kan de gemeente afwijken van deze procedure (en daardoor de procedure versnellen) middels binnen- en buitenplanse (tijdelijke) wijzigingen of afwijkingen. Ook kunnen gemeenten in sommige gevallen alternatieven hebben geformuleerd voor de energietransitie. Bij grotere windturbineparken zal in veel gevallen eerst een planwijziging nodig zijn alvorens conform de reguliere procedure een

vergunning verleend kan worden. Idealiter hebben gemeenten in hun Energievisie straks een toetsingskader geformuleerd m.b.t. energietransitie en vergunningaanvragen voor de opwek van duurzame energie waarin archeologie een plek heeft.

Met de aanleg van windturbines zijn verschillende specialismen gemoeid en daarmee ook verschillende bedrijven die dat specialisme invullen. De bedrijven of organisaties die de windturbineparken initiëren en aanleggen en de adviesbureaus die voor hen het voortraject begeleiden of uitvoeren, en de bedrijven die de turbines plaatsen en beheren, zijn niet dus dezelfde zijn als de bedrijven of organisaties die voor de bekabeling zorgen en de stroom naar de gebruikers vervoeren en de aansluitingen regelen. Het is belangrijk voor het bepalen van de consequenties voor de ondergrond en daarmee voor de archeologie, om de diverse betrokkenen in een vroeg stadium aan tafel te hebben om technische informatie uit te kunnen wisselen. Om een indruk te geven over de tijdsperiode die gemoeid is met al deze werkzaamheden: de projectrealisatie van een windturbinepark is gemiddeld 5,5 jaar.<sup>27</sup> Per project zijn vervolgens verschillende verantwoordelijken en deskundigen te consulteren. Zo is er bijvoorbeeld een verantwoordelijke voor de bekabeling, een deskundige voor de stations, want dit zijn heel andere vakgebieden. Een kabel engineer op land heeft andere uitdagingen dan de kabel engineer op zee. Dus als je alle delen van de (grond)ingrepen boven tafel wilt hebben, is het zaak dat je meerdere partijen aan tafel krijgt.

De organisatieketen van energie ziet er veelal als volgt uit. Er is een initiatiefnemer of een projectontwikkelaar die al dan niet ook netwerkverantwoordelijkheid heeft. Er is een netbeheerder die verantwoordelijk is voor de regio, voor de stabiliteit op het net en de onderstations, voor eventueel noodzakelijke netverzwaring, etc. De verantwoordelijkheid voor de opwekking van de elektriciteit ligt echter bij de energieleverancier. De producent van de installaties zorgt ervoor dat de windturbine draait. Er zijn daarnaast ook energieleveranciers die geen eigen installaties hebben, zij kopen energie in en distribueren het slechts.<sup>28</sup>

Zodra voor de projecten de investeringsbesluiten zijn genomen, wordt een haalbaarheidsonderzoek uitgevoerd. Daarbij wordt naar kaartsystemen gekeken zoals [www.risicokaart.nl](http://www.risicokaart.nl) om ruimtebeslag en eisen aangaande de ondergrond te bepalen. Hierin zijn ruimtelijke risico's en eisen opgenomen, zoals locaties waar overstromingsrisico bestaan, wat de mogelijke veiligheid en afstand van bekabeling op die locatie is, welke kwetsbare objecten er in de regio zijn, of in het gebied mogelijke ongevallen met gevaarlijke stoffen kunnen voorkomen, etc. Hierin is archeologie meestal niet als kaartlaag opgenomen. Dat heeft te maken met het feit dat archeologie wordt gezien als bouwconditie en niet als

<sup>26</sup> <https://www.klimaatakkoord.nl/documenten/publicaties/2019/06/28/klimaatakkoord>, pagina 164 (over de RES), kopje Omgevingsparticipatie, punt 3.

<sup>27</sup> <https://www.unitedconsumers.com/blog/energie/hoe-werkt-een-windmolen.jsp#no4>.  
<sup>28</sup> Persoonlijke communicatie met de Nvde.

bouwriscico. Desalniettemin zou het voor het zorgvuldig afstemmen van de processen goed zijn om archeologie al in dat stadium van het project op het netvlies te krijgen, en niet pas wanneer

archeologie als conditie voor het verkrijgen van een bouw-, aanleg- of omgevingsvergunning aan de orde komt. Archeologie is overigens wel opgenomen in <https://wkotool.nl/>.<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup> Deze tool wordt in principe jaarlijks herzien, maar dit betekent dat in niet alle gevallen deze informatie up to date is.

# Aanbevolen literatuur en bronnen

<https://www.cultureelerfgoed.nl/onderwerpen/energie-en-land-schap>:

- Publicatie Gebiedsbiografie als basis voor ontwikkelingen
- Regionale EnergieStrategie (RES)
- RES-kaarten

<https://www.regionale-energiestrategie.nl/> voor factsheets

<https://handboek-prefab-beton.betonhuis.nl/algemeen-prefab/online-handboek-prefab-beton/heipalen/relevante-artikelen/heipalen-voor-windmolenpark>

**Afman, M., en F. Rooijers**, 2017: Net voor de Toekomst, achtergrondrapport CE Delft, 22 november 2017. Publicatienummer: 17-3L53.170.

**CE Delft**, 2019: Rapportage systeemstudie energie-infrastructuur Noord-Holland 2020-2050.

**Gordijn, H., F. Verwest, A. van Hoorn**, 2003: Energie is Ruimte.

**Lagarde Advies**, 2019: Ruimtelijke principes in de energietransitie, een quickscan naar de toepassing van ruimtelijke principes in de regionale energietransitie.

**Nationaal Programma Regionale Energiestrategie - Achtergrondinformatie per elektriciteitsbron** - versie 30 april 2020

**Miller, L.M., and D.W. Keith**, 2019: Environ. Res. Lett. 14 079501.

**Quickscan archeologie Arcadis Hollands Kroon**.

**Raad voor de leefomgeving en infrastructuur**, 2017: Energietransitie en leefomgeving: kennisnotitie.

**RES Factsheet elektriciteit, achtergrondinformatie per elektriciteitsbron**, 30 april 2020.

**RES-Factsheet-Ruimte-en-hinder-20191213**.

**Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed**, 2016: Handreiking Algemene uitgangspunten archeologievriendelijk bouwen, Amersfoort: <https://www.cultureelerfgoed.nl/publicaties/publicaties/2016/01/01/handreiking-archeologievriendelijk-bouwen>

**Ruimtelijke verkenning energie en klimaat, in opdracht van het Ministerie van IenM, EZ en BZK**, 2018.

**Sijmons, D.**, 2017: Energie en Ruimte.

**Smit, et al**, 2019: In situ 2100. De betekenis van vormgeving van de bescherming van archeologische vindplaatsen, Rapportage Verkenning Archeologie, RCE: <https://www.cultureelerfgoed.nl/publicaties/publicaties/2019/01/01/in-situ-2100>

**Regionale Energie Strategie**, 2019: Ruimte en hinder, feiten en cijfers, Noord-Holland Noord en Zuid, 2019.

**STOWA**, 2019: Handreiking Kraanopstelplaatsen bij de bouw van windturbines.

**Structuurvisie Ondergrond door het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat**. 2018.

**Zalk, J., P. Behrens**, 2018: *The spatial extent of renewable and non-renewable power generation: A review and meta-analysis of power densities and their application in the U.S.*, Energy Policy 123 (2018) 83-91.

## Colofon

Opstellers: drs. J. Bos (BLKVLD & Bos Erfgoed) en drs. M.K. Dütting (NMF Erfgoedadvies)

Datum: mei 2021

Status: definitief

Copyright: Het is een ieder toegestaan om (delen uit) deze publicatie te gebruiken onder verwijzing naar de auteurs en de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed. Bij gebruik van de bijbehorende illustraties dient de naam van de tekenaar, Martin Hense, te worden vermeld.

Opmaak: Xerox/Osage Utrecht

© Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, Amersfoort, 2021

Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed

Postbus 1600

3800 BP Amersfoort

The Netherlands

[www.cultureelerfgoed.nl](http://www.cultureelerfgoed.nl)