



VAN DROOM NAAR DAAD – KENNISBLAD 6

Circulaire windturbines

De tijd van fossiele energie loopt ten einde. Wat ooit symbool stond voor vooruitgang, remt nu onze toekomst: hoge CO₂-uitstoot, luchtvervuiling en afhankelijkheid van eindige bronnen. Windenergie is één van de pijlers van de energietransitie. Het is schoon, bewezen en onmisbaar.

De volgende stap is het verduurzamen van de keten zelf. Want windenergie is pas écht duurzaam als ook de materialen, productie en afbraak circulair zijn. Dit kennisblad laat zien waarom circulariteit bij windenergie belangrijk is, welke uitdagingen spelen en wat je als beleidsmaker kunt doen om de circulaire windturbine te versnellen.

Van fossiel naar circulair

De energietransitie betekent een verschuiving van een brandstofintensief naar een materiaalintensief energiesysteem¹. Dat brengt nieuwe vraagstukken met zich mee over CO₂-uitstoot, grondstoffen, mijnbouw en de impact op leefomgeving en gezondheid. De kernvraag is niet óf windenergie duurzaam is², maar hoe we ervoor zorgen dat het systeem op de lange termijn houdbaar blijft.

1 <https://www.nieuweenergieoverijssel.nl/Kennisplein-item/veel-gestelde-vragen-over-de-duurzaamheid-van-windturbines/>

2 https://unece.org/sites/default/files/2022-04/LCA_3_FINAL%20March%202022.pdf



de natuur en
milieufederaties

Samen voor mooie en
duurzame provincies

Uitdagingen in de keten

CO₂-uitstoot

De productie van onderdelen, funderingen en bekabeling veroorzaakt emissies. Toch blijft de CO₂-voetafdruk van windenergie laag: gemiddeld 8–34 gram CO₂ per kWh³, tegenover 328 gram voor de Nederlandse elektriciteitsmix. Binnen een jaar is de uitstoot van productie terugverdiend.

De uitdaging zit in verdere reductie: circulaire ontwerpen, hergebruik van materialen en emissieloze bouwprocessen.

Grondstoffen en mijnbouw

De energietransitie vraagt om veel materialen zoals staal, koper, neodymium, kobalt en balsahout. Windturbines gebruiken deze grondstoffen efficiënt, maar de winning ervan brengt wereldwijd ecologische en sociale uitdagingen met zich mee.⁴

- Staal en koper zijn goed recyclebaar, maar hun productie vraagt veel energie en veroorzaakt emissies.
- Zeldzame aardmetalen zoals neodymium en kobalt worden vaak gewonnen in landen waar milieunormen en arbeidsomstandigheden onder druk staan.
- Balsahout, gebruikt in turbinebladen, komt vooral uit het Amazonegebied, waar de plotselinge vraag tot illegale kap en ontbossing heeft geleid.

Deze uitdagingen zijn niet uniek voor windenergie; ze zijn gerelateerd aan de productie van allerlei (elektronische) producten waar mijnbouw voor nodig is. Juist daarom is het belangrijk om te sturen op verantwoorde inkoop en circulair materiaalgebruik.

Gezondheid en leefomgeving

In turbinebladen worden epoxyharsen met BPA gebruikt. Onderzoek toont aan dat de emissies minimaal zijn⁵, maar alternatieven zonder BPA zijn al beschikbaar. Door hier actief op te sturen, kan de sector verdere risico's voor milieu en gezondheid beperken.

3 <https://decorrespondent.nl/4256/factcheck-windmolens-kosten-meer-energie-dan-ze-opleveren-en-helpen-het-klimaat-niet/c2faef7a-df3a-0150-1a71-204f4ea80f44>

4 <https://decorrespondent.nl/15401/het-grondstoffen-dilemma-voor-een-schoon-klimaat-kunnen-we-niet-om-vieze-mijnbouw-heen/5c4d9d1b-9ee4-0672-1ed9-b1969244fc44>

5 <https://stateninformatie.flevoland.nl/Documenten/DOCUVITP-3341055-v5-Mededeling-m-b-t-Motie-Windmolens-en-Bisfenol-A.PDF>



Recycling

Windturbines zijn nu al voor ongeveer 90% recyclebaar⁶. Het staal van de mast, het beton van de fundering en het koper in de kabels kunnen goed worden hergebruikt.

De grootste uitdaging ligt bij de turbinebladen. Die bestaan uit een composiet van glas- of koolstofvezel, verlijmd met epoxyhars. Het is sterk, licht en duurzaam, maar daardoor moeilijk te scheiden en te recyclen⁷.



Toch verdwijnen afgedankte bladen in West-Europa niet op de stort⁸. Ze worden verbrand met energierugwinning of verpulverd tot grondstof voor cement⁹. Daarnaast ontstaan steeds meer creatieve vormen van hergebruik: oude bladen krijgen een tweede leven als parkmeubilair, speeltoestellen¹⁰, bruggen¹¹, geluidschermen¹² of gevelbekleding¹³.

6 <https://www.helpdeskwindopland.nl/themas/technische++financiele+aspecten/materialen+en+circulariteit/default.aspx>

7 <https://delta.tudelft.nl/article/het-eeuwige-leven-van-windturbinebladen>

8 <https://www.rtl.nl/rtl-nieuws/artikel/5403369/honderden-oude-windmolens-weggehaald-recyclen-wieken-complex>

9 <https://delta.tudelft.nl/article/het-eeuwige-leven-van-windturbinebladen>

10 <https://www.brightvibes.com/nl/blade-made-maakt-van-afgedankte-windmolenwieken-speelplaatsen-en-straatmeubilair/>

11 <https://bladebridge.ie/>

12 <https://www.ed.nl/oirschot/wat-is-dat-golvende-gevaarte-langs-de-a58-oirschot-heeft-wereldprimeur-a093a4bc/>

13 <https://www.omroepflevoland.nl/nieuws/430780/van-wind-naar-wand-bladen-oude-turbines-worden-gevelbekleding>



Het komt regelmatig voor dat windturbines al voor het einde van hun technische levensduur vervangen worden door windturbines met meer vermogen. Vaak omdat de SDE++-subsidie na 15 jaar afloopt en nieuwe, krachtigere turbines financieel aantrekkelijker worden. Deze nog goed functionerende turbines worden in Nederland **gereviseerd** en elders opnieuw ingezet, of deels **uit elkaar gehaald** zodat onderdelen gebruikt kunnen worden om andere turbines te repareren. Zo blijft waarde behouden, wordt verspilling beperkt en verlengt de levensduur van materialen.

Innovaties richting circulariteit

Er zijn meerdere windturbinefabrikanten die (chemische) processen ontwikkelen om windturbinebladen te recyclen zoals [Vestas](#) en [Siemens Gamesa](#). In Nederland richt consortium [Decom North](#) zich op recycling. Dat kan gaan om verpulvering van de bladen als basis voor cement of om chemische recycling waarbij de koolstof en glasvezel uit composiet teruggewonnen wordt voor nieuwe toepassingen. [INO](#) ontwikkelt een techniek op basis van pyrolyse. Dit is een manier waarop via verhitting glasvezels teruggewonnen worden voor nieuwe toepassingen. Binnen dit project wordt ook een digitaal productpaspoort ontwikkeld. [Voodin Blades](#) is een bedrijf dat een windturbineblad heeft ontwikkeld van hout. Deze windturbinebladen zijn in 2024 voor een pilot geïnstalleerd in het Duitse Breuna¹⁴. De windturbine in deze pilot heeft echter een zeer beperkt vermogen, waardoor het nu nog lastig is om iets te zeggen over toepassingen in de toekomst.



Windmolenonderdelen opgeslagen op een terrein in Ede © Erik van 't Land

[Modvion](#) ontwikkelde een modulaire mast gemaakt van hout. Een houten mast heeft een veel lagere CO₂-voetafdruk dan een mast gemaakt van staal en is ook makkelijker te transporteren. Deze mast is in 2024 als pilot geïnstalleerd in het Zweedse Skara voor een windturbine van 2 MW¹⁵. Op dit moment wordt er gewerkt aan een toren voor een windturbine van 6 MW.

¹⁴ <https://www.change.inc/energie/wereldprimeur-eerste-gigantische-houten-wieken-aan-windturbine-geinstalleerd-40974>

¹⁵ <https://www.bbc.com/news/science-environment-67718719>

Wat kun je doen?

De circulaire windturbine is in opkomst. Innovaties volgen elkaar snel op, maar om echt door te breken is meer nodig dan techniek alleen: beleid, samenwerking en marktdruk. Als overheid kun je de richting bepalen door voorwaarden te stellen, samen te werken en circulaire keuzes te belonen. Hier zijn de belangrijkste handelingsopties:

1. Beleid en lobby: stuur aan op Europese en nationale kaders

- *Zet in op circulair ontwerp en productie.*

Trek via de VNG of het IPO gezamenlijk op in Brussel om te pleiten voor Europese eisen aan circulair ontwerp en productie van windturbines. Betrek hierbij de brancheorganisatie WindEurope.

- *Verduurzaam de grondstoffensector.*

Lobby in Europees verband voor strengere milieunormen en betere arbeidsomstandigheden in de mijnbouwketen. Deze inzet raakt niet alleen de windsector, maar ook zonnepanelen, batterijen en elektronische apparaten zoals smartphones en laptops die dezelfde kritieke materialen gebruiken.

- *Ontwikkel nationale standaarden voor recycling.*

Pleit in Den Haag voor landelijke normen en een verplichte verwijderings- of recyclingbijdrage, zodat recycling op grotere schaal georganiseerd kan worden.

- *Veranker circulariteit in de SDE++-regeling.*

Zet in op het opnemen van circulariteitscriteria bij subsidieaanvragen, zodat duurzame ontwerpkeuzes ook financieel worden beloond.



2. Aanbesteden en vergunningen: maak circulariteit een criterium

- **Beloon circulaire bouw.**
Ken in tenders extra punten toe aan partijen die emissieloos bouwen of circulaire oplossingen toepassen.
- **Leg recyclingverplichtingen vast.**
Neem in beleid of omgevingsvergunningen op dat ontwikkelaars moeten recyclen volgens de best beschikbare technieken bij het einde van de levensduur.
- **Werk met anterieure overeenkomsten.**
Maak in een overeenkomst tussen gemeente en exploitant bovenwettelijke afspraken over milieu- en circulariteitsdoelen. Zo ontstaat ruimte voor maatwerk en gezamenlijke ambitie.

3. Praktische uitvoering: geef circulariteit lokaal vorm

- **Stimuleer hergebruik.**
Zet in op *repurposing* van turbines of onderdelen, vooral bij vervanging vóór het einde van de technische levensduur.
- **Betrek de omgeving bij ontmanteling.**
Ga tijdig in gesprek met bewoners en bedrijven over zorgvuldige afbraak en lokale herbestemming van materialen. Een inspirerend voorbeeld is [windpark Herkingen](#), waar Eneco samen met [Blade-Made](#) afspraken maakte over het verwerken van turbinebladen. Een lokale agrariër hergebruikt de onderste mastdelen als regenwateropslag, terwijl de stroomaansluiting opnieuw is ingezet door Stedin.
- **Kies bewust voor stillere typen turbines.**
Dat vermindert hinder en vergroot de lokale acceptatie van windprojecten.

Conclusie

Windenergie is al één van de schoonste alternatieven voor fossiele energie. De volgende stap is ervoor zorgen dat de hele keten circulair wordt. Van ontwerp en bouw tot afbraak en hergebruik.

De oplossingen bestaan al: circulair ontwerp, recycling, repurposing en emissievrije bouw. Wat nu nodig is, is beleid dat opschaling mogelijk maakt. Door vandaag circulaire keuzes te maken, zorgen we dat windenergie niet alleen schoon is, maar ook toekomstbestendig blijft.





**Dit kennisblad is een product van
de Natuur en Milieufederaties**

Arthur van Schendelstraat 600
3511 MJ Utrecht

info@natuurenmilieufederaties.nl
www.natuurenmilieufederaties.nl

030-256 73 60

NL96 TRIO 0391 0113 24
KvK 41266143