

08.07.2021

# Leading Edge erosion and pollution from wind turbine blades

5 th. Edition - English



## Vervuiling door de erosie van rotorbladen van windtubines

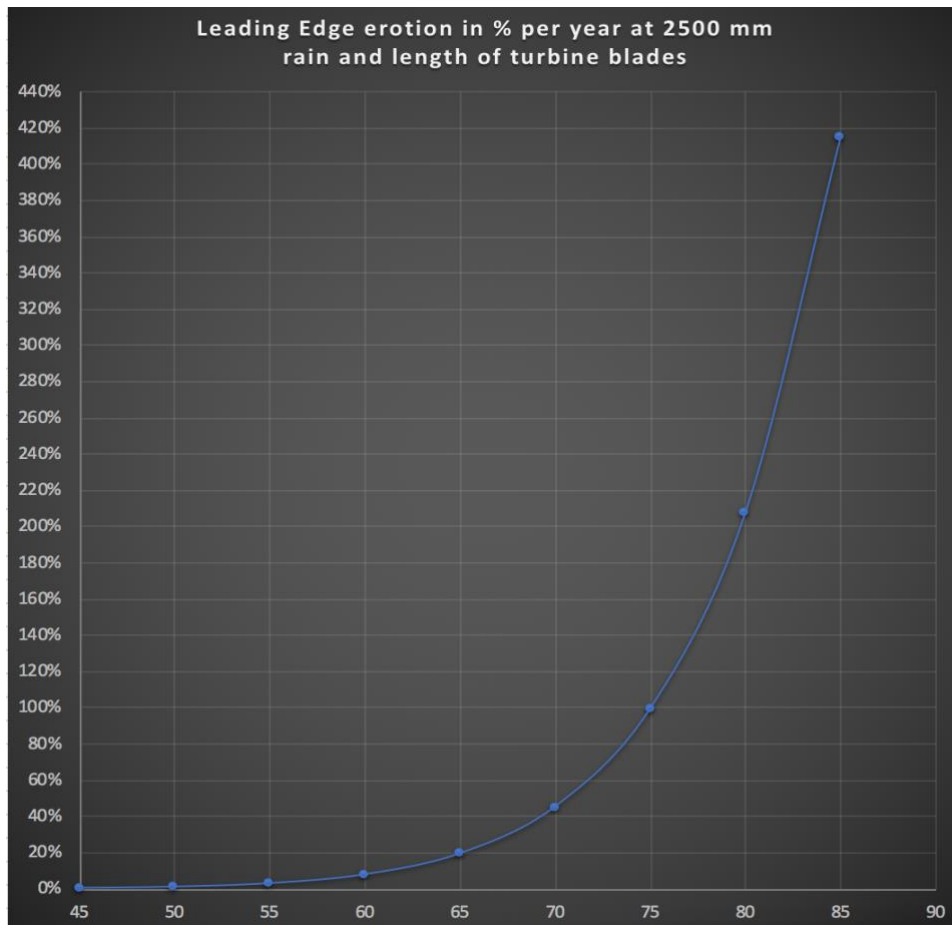
### Samenvatting

Erosie van de rotorbladen (of wieken) van windmolens is een onderschat probleem. Aangezien de rotorbladen van windmolens opgebouwd zijn uit Epoxyharsen en polyurethaanharsen komen bij erosie (door bv. contact met regendruppels en hagel) schadelijke stoffen vrij. Epoxyharsen en polyurethaanharsen ontgassen vrijwel permanent en zijn gevoelig voor vocht. De harders (de tweede component bij de constructie van rotorbladen) bevatten meestal zeer exotische, toxische stoffen, waaronder titaniumdioxide, kobalt enz. Deze stoffen zijn vrijwel nooit opgenomen in de risico analyses en de gevarenklassen. Dit vormt een gevaar voor het leefmilieu. Wetenschappelijke studies hebben aangetoond dat erosie leidt tot het vrijkomen van microplastics die isocyanaten en andere stoffen bevatten welke kankerverwekkend en allergeen zijn. Epoxy bevat, in tegenstelling tot polyester, 33% *Bisfenol A (BPA)* wat als zeer schadelijk voor de gezondheid wordt beschouwd zeker wanneer dit in het grondwater of de voedselketens terecht komt. Windturbines hebben de typische eigenschap dat ze hoog boven akkers, weilanden met vee en waterbronnen staan. Er is dus een groot gebied dat beïnvloed wordt door het vrijkomen van schadelijke stoffen. Er is reeds wetenschappelijk bewijs dat grondwater rondom windmolens verontreinigd is.

Doordat slijtage sneller optreedt wanneer erosie optreedt door contact met zout water treedt bij windturbines op zee extremere slijtage op. Er zijn indicaties dat wieken op zee elke ca. 5-10 jaar compleet vervangen dienen te worden.

De huidige wetenschappelijke studies rondom erosie van rotorbladen zijn gebaseerd op windturbines met een rotordiameter van 120 meter. Het is belangrijk te beseffen dat erosiesnelheid exponentieel is aan de impactsnelheid of impactenergie (zie figuur 1). Bij nieuwere

en grotere turbines zullen veel grotere massa verliezen optreden en dus meer schadelijke stoffen vrij komen.



**Figuur 1)** Erosie (verlies in procenten) als functie van neerslag, snelheid en lengte van turbinebladen. (referentie: “Leading Edge erosion and pollution from wind turbine blades - 5 th. Edition, Asbjørn Solberg, Bård-Einar Rimereit and Jan Erik Weinbach, July 2021”)

### Wetenschappelijke onderbouwing

Voorbeelden uit zowel het Verenigd Koninkrijk als Denemarken illustreren dat de gevolgen van erosie van rotorbladen tot substantiele problemen kunnen leiden. In het London Array Park moesten na 5 jaar kritische en kostbare reparaties worden uitgevoerd aan de rotorbladen. In het windpark in Anholt (Denemarken) leidde dit zelfs tot sloop van het windpark. Beide locaties betroffen windturbines met een rotordiameter van 120 meter.

Laboratorium experimenten uitgevoerd aan de Universiteit van Strathclyde<sup>1</sup> tonen aan dat regenval met zuiver(deeltjesvrij), vers water van 50 mm per maand resulteert in een massaverlies van 0,037% *per maand*. Regenval van 500 mm per maand leidt tot een massaverlies van 0,199% per maand. De slijtage met zeewater (3,5% zoutgehalte) is zelfs 40% groter.<sup>1</sup>

Een turbineblad wordt typisch opgebouwd uit glasvezelmatten, epoxyhars en verharder. Epoxy bevat, in tegenstelling tot polyester, 33% *Bisfenol A (BPA)* wat als zeer schadelijk voor de gezondheid wordt beschouwd.

Bisfenol A is niet covalent gebonden aan de polymere structuur. Dit betekent dat na verloop van tijd, óf door fysische en/of door chemische factoren zoals warmte en zuurgraad, bisfenol A geleidelijk vrijkomt in de omgeving. Het bijzondere aan bijvoorbeeld de windturbines op land in Noorwegen, is dat ze hoger liggen dan waterbronnen en biotopen, en dat ze het probleem over relatief grote gebieden kunnen verspreiden zoals akkers en weilanden. Bovendien kunnen veel van deze schadelijke stoffen (bisfenol, microplastics, en toxische stoffen) in het drinkwater en de voedselketen terecht komen.

Naast epoxy bevatten windturbines ook polyurethaan. Polyurethaan bevat isocyanaten welke bekend staan om hun carcinogene en allergische effecten.

Rotorbladen van een turbine van 4,2 MW hebben een diameter van 130-140 m en het totaal gewicht per stuk is iets minder dan 60 ton, met langere rotorbladen wegen ze ruim 60 ton per stuk. Rekenmodellen tonen aan dat bij erosie van één windturbine met deze eigenschappen 62 kg microplastics per jaar vrijkomt. Voor 20 windturbines komt dit neer op 1.2 ton per jaar.<sup>2</sup>

Voor de situatie in Noorwegen, waar bijna 400 turbines met een rotordiameter van 130 meter of meer staan, betekent dit een geschatte totale emissie van 25 ton per jaar. Over een periode van 25 jaar is dat naar schatting 620 ton!<sup>1</sup>

Dat er een slijtageprobleem is met de huidige windturbines (wat een aanzienlijk groter probleem vormt voor grotere turbines) wordt bevestigd door de wetenschappelijke publicatie van Cortés et al. waarin staat: “*Regen-erosie beschermende coatings zijn voorgesteld, getest en gevalideerd met bepaalde industriële oplossingen, maar de voorgestelde oplossingen zijn nog steeds niet zo betrouwbaar als de windenergie-industrie vereist.*

*Regen-erosie is dus een wetenschappelijke uitdaging geworden voor de windindustrie, aangezien er geen goed gedefinieerde methodes zijn om coatings tegen regen-erosie te ontwerpen en het is onduidelijk hoe hun eigenschappen kunnen worden gewijzigd, afhankelijk van de locatie en de weersomstandigheden.”<sup>3</sup>*

Bekend is dat de krachten en mechanische spanningen op windturbines exponentieel toenemen naarmate de turbines groter worden. Offshore windturbines zullen daarnaast 40-50% meer slijten door het zoutgehalte. Wind op zee is daardoor onrendabeler dan wind op land en vereist dus veel grotere turbines, die op hun beurt weer zullen leiden tot een veel grotere uitstoot van schadelijke stoffen. Belangrijk hierbij is dat langere rotorbladen een hogere snelheid hebben in de bladpunt. Deze hogere snelheid leidt tot meer erosie.

Dat er momenteel een bloeiende industrie bestaat met betrekking tot het onderhoud van rotorbladen van windturbines onderstreept de resultaten van de onderzoekers. Erosie (en daarmee het vrijkomen van schadelijke stoffen) is een substantieel probleem.

Wat verder opvalt is dat leveranciers van onderhoudsdiensten tot enkele jaren geleden hun opdrachten (met cijfers) openlijk publiceerde. In 2021 wordt bijna alle informatie verborgen gehouden en is het erg moeilijk objectieve cijfers en gegevens te verkrijgen. Ook dit kan worden beschouwd als een bevestiging dat de problemen rondom erosie substantieel zijn.

## Het gebruikte model voor de berekening van erosie:

De berekeningen in het rapport van Solberg et al.<sup>2</sup> zijn gebaseerd op het Strathclyde-rapport<sup>1</sup>. In dit rapport is een laboratorium experiment verricht, waarin de weerscondities op de materialen van rotorbladen zo nauwkeurig mogelijk werden nagebootst. Hierbij werd gebruik gemaakt van zuiver water (deeltjesvrij). Het experiment werd herhaald met behulp van 3.5% zouthoudend water om de situatie nabij de kust na te bootsen. Op basis van meteorologische gegevens werd een laboratorium model geconstrueerd. Hierin werd uitgegaan van de maand met de minste hoeveelheid gemiddelde regen, en de maand met de meeste gemiddelde hoeveelheid regen. Regenval op draaiende rotorbladen (gebaseerd op de snelheid van windturbines met een rotordiameter van 120m) werd in het laboratorium nagebootst. Uiteindelijk leidde dit tot een rekenmodel waarbij typisch een onderschatting te verwachten is van de werkelijk optredende erosie.

Tot slot is het belangrijk op te merken dat het Strathclyde-rapport alleen kijkt naar regen (niet naar hagel, sneeuw of ijzel). Eerdere onderzoeken tonen aan dat hagel zowel oppervlakteschade als microdelaminatie veroorzaakt, wat resulteert in versnelde en grote massaverliezen. Dit rekenmodel werd gebruikt in de studie van Solberg et al. om de effecten van erosie voor de Noorse situatie in 2021 te modeleren.

## Conclusie

Het rapport van de Strathclyde Universiteit<sup>1</sup> vormde de basis voor de berekeningen voor erosie van windturbines in Noorwegen. Op basis van dit rekenmodel werd een jaarlijkse erosie van micro- en nanoplastics van 62 kg per turbine gevonden. Dit is waarschijnlijk een voorzichtige schatting per turbine aangezien het onderzoek van de Strathclyde Universiteit alleen uitgaat van regenval en barre weersomstandigheden zoals sneeuw, ijzel en hagel niet werden gemodelleerd. In Noorwegen staan volgens NVE bijna 400 turbines met een rotordiameter van 130 meter of meer. Een schatting is dan dat de totale uitstoot van deze 400 turbines ca. 25 ton per jaar is. In de loop van 25 jaar gaat het om naar schatting 620 ton!

De resultaten van deze studie staan in schril contrast met de gegevens die verstrekt worden door de windturbine industrie zelf. NORWEA beschrijft zelf een totale jaarlijkse uitstoot van maximaal 150 gram per turbine.

Uit de model berekeningen in de huidige studie blijkt dat de uitstoot meer dan 41.000 % hoger kan zijn dan wat NORWEA aangeeft.

## Referenties

- 1) Pugh, K., Stack, M.M. Rain Erosion Maps for Wind Turbines Based on Geographical Locations: A Case Study in Ireland and Britain. *J Bio Tribo Corros* 7, 34 (2021). <https://doi.org/10.1007/s40735-021-00472-0>
- 2) Leading Edge erosion and pollution from wind turbine blades - 5 th. Edition, Asbjørn Solberg, Bård-Einar Rimereit and Jan Erik Weinbach, July 2021
- 3) Cortés E, Sánchez F, O'Carroll A, Madramany B, Hardiman M, Young TM. On the Material Characterisation of Wind Turbine Blade Coatings: The Effect of Interphase Coating-Laminate Adhesion on Rain Erosion Performance. *Materials (Basel)*. 2017;10(10):1146. Published 2017 Sep 28. doi:10.3390/ma10101146
- 4) <https://norwea.no/norwea-mener/2021/3/26/faktaark-vindkraft-plast-og-bisfenol-a>