

22.04.2021

Forurensing fra vindturbinvinger

Revidert utgave versjon 2.



Asbjørn Solberg, Bård-Einar Rimereit og Jan Erik Weinbach

"THE TURBINE GROUP" APRIL 2021

Forord

Vi har satt samme en rapport om et underkommunisert tema; utslipp av mikroplast og mulige giftige forbindelser i disse.

Våre estimat for utslipp er basert på rapporten «*Rain Erosion Maps for Wind Turbines Based on Geographical Locations: A Case Study in Ireland and Britain*» University of Strathclyde, 2021¹.

Det er vanskelig å finne gode og uhildede kilder til problemstillingen om utslipp fra vindturbinvinger. Rapporter som er utgitt og forskning som er gjort om temaet er oftest utført av aktører som har sin viktigste inntektskilde fra vindkraft som f.eks. rapporter fra www.epoksy-europe.eu. Rapporten fra Strathclyde er en av få rapporter som omhandler volum på utslipp fra turbinbladene.

University of Strathclyde er ett av tre universiteter i Glasgow i Skottland. Universitetet har sine røtter i Andersons Institution som ble etablert i 1796, og fikk status som universitet i 1964. Det ble rangert som nummer 38 av 126 britiske universiteter på Complete University Guides liste for 2016 og som nummer 33 av 119 britiske universiteter på The Guardians 2016-liste. (Wikipedia)

Vi har estimert utslipp fra leading edge (eggen) til vindturbinvinger ved å beregne massetapet fra norske vindkraftverk basert på rapporten fra University of Strathclyde.

Allerede i 2013 utgjorde rotorblad til vindkraftverk 27 % av Europas forbruk av glassfiberarmert epoksy. Avhengig av produksjonsmetode for rotorbladene så inneholder epoksyen så mye som ca. 33 % Bisfenol A. Likevel finnes det påfallende lite tilgjengelig informasjon om utslipp av mikroplast, derimot finnes det mange rapporter fra bransjen som fokuserer på slitasje og vedlikehold og som indirekte bekrefter tematikken som vi beskriver.

Bisfenol A står på «Den norske prioritetslista over farlige stoff». Dvs. Kjemikalier som regnes for å utgjøre en alvorlig trussel mot helse og miljø, settes på den norske prioritetslista. Listen fungerer som et viktig verktøy for hvilke stoffer myndighetene skal jobbe spesielt med, og den gir et viktig signal til næringslivet om at dette er stoffer hvor det er viktig å jobbe for reduksjon i bruk eller utslipp².

Stavanger, Sogndal og Trondheim og 22.04.21

Bård-Einar Rimereit, Jan Erik Weinbach og Asbjørn Solberg

¹ <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40735-021-00472-0>

² <https://www.miljodirektoratet.no/chemicallist/61?listcasnr=80-05-7>

Innhold

FORORD	1
SAMMENDRAG	3
INNLEDNING	6
LITT OM FORSØKENE UTFØRT VED UNIVERSITY OF STRATHCLYDE	9
FRA ANDRE RAPPORTER	10
ANDRE KOMMENTARER	10
RESULTATER OG KONKLUSJON	12
GULESLETTENE VINDKRAFTVERK – ET EKSEMPEL	17
LOGISK SJEKK	17
DEMONTERING OG RIVING	18
KILDER:	20

Sammendrag

Det er eksempler fra både Storbritannia (London Array Park) og Danmark (Anholt) at man etter 5 år enten må foreta meget store kritiske og kostbare reparasjoner på vindturbinvinger, som ved London Array Park og Anholt i Danmark. Begge lokasjoner med vingediameter på 120 meter.

Forsøk utført ved University of Strathclyde viser at en nedbørsmengde med rent partikkelfritt ferskvann på 50 mm pr. mnd. resulterer i et massetap på 0,037 % pr. mnd. og en nedbørsmengde på 500 mm pr. mnd. gir et massetap på 0,199 % pr. mnd. Slitasjen med sjøvann (3,5 % salinitet) er 40 % større³.

En turbinvinge består litt enkelt forklart av glassfibermatter, epoksyresin og herder.

Epoksy, i motsetning til polyester, inneholder bl.a. 33 % Bisfenol A som regnes som svært helseskadelig.

Mange steder settes det opp mer enn 10-20 turbiner. For at det skal bli enkelt å bruke eksempelet videre så bruker vi 20 turbiner.

Bladene på en 4,2 MW turbin for værharde strøk har en diameter på 130-140 m og veier samlet knappe 60 tonn, med lengre blader veier de langt over 60 tonn. Vi regner med samlet vekt på 60 tonn pr. turbin.

Vi bruker et anslag på 700 kg som vekt på utsatt område (eggen) på engelsk omtalt som leading Edge (LE).

Mange steder på norskekysten har årlig nedbør på ca. 2 500 millimeter. Formel for slitasje er:

$$f(x) = 0,235 \% * \left(\frac{\text{diameter}}{100}\right)^{11,4}$$

Dette gir et estimert årlig utslipp av mikroplast på ca. 62 kg per år per turbin.

20 turbiner gir estimert utslipp større enn 1,2 tonn per år og 24,8 tonn over 20 år.

I Norge er det i følge NVE nær 400 turbiner med vingediameter på 130 meter eller mer. Et estimat blir da at de samlede utslippene fra disse 400 turbinene er 24,8 tonn i året.

I løpet av 20 år utgjør dette anslagsvis 496 tonn!

Vi gjør oppmerksom på at vi her har regnet med den årlige nedbøren som regn. Om nedbøren består av mye snø, is og hagl, med salt eller sand vil massetap fra Leading Edge (LE) øke utover dette.

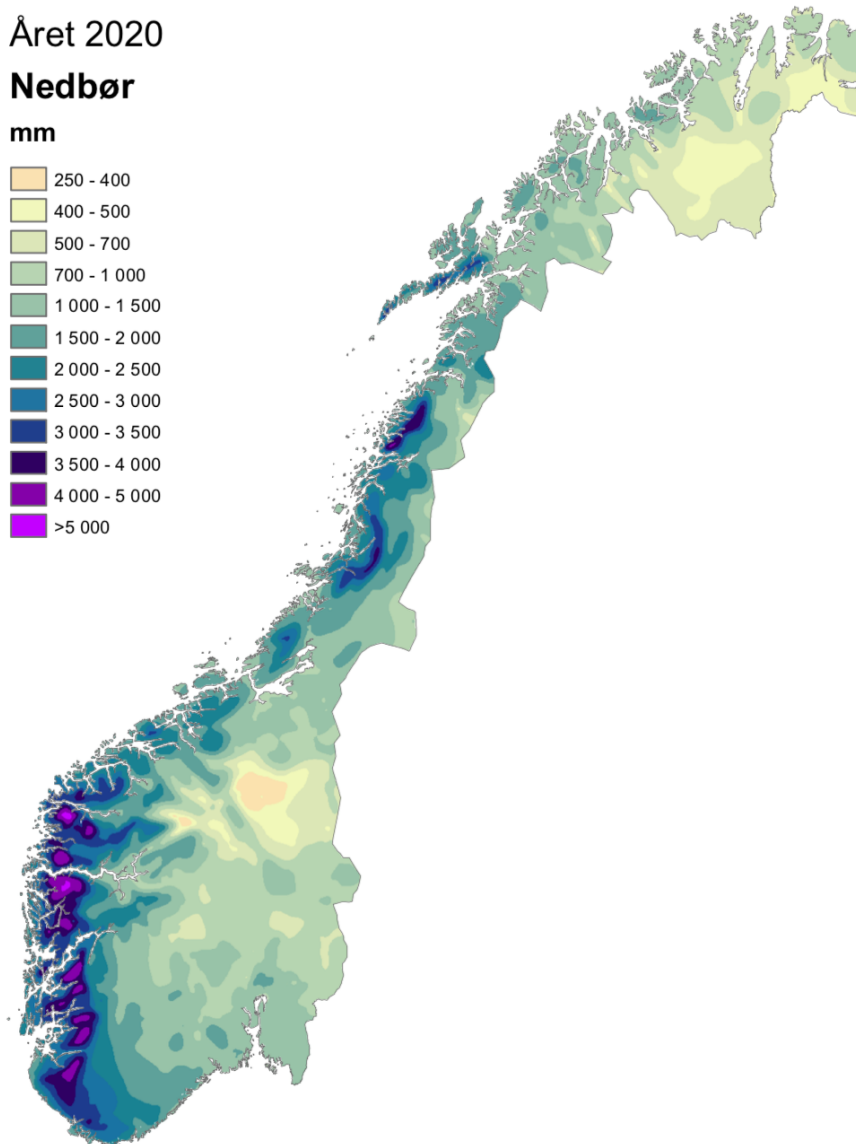
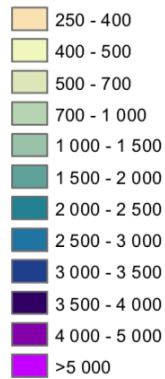
³ <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40735-021-00472-0>

Klimatologisk oversikt

Året 2020

Nedbør

mm



Normalperioden er 1961 - 1990

Vindbransjen oppgir gjennom NORWEA et samlet årlig utslipp på maksimalt 150 gram per turbin⁴.

Det er maksimalt 60 kg for 400 turbiner.

Våre estimat viser altså at utslippene kan være over 41 000 % større enn de tall NORWEA oppgir.

**Det er viktig å merke seg at slitasjen på rotorblader eksponentiell (se figur 4).
Nye og større turbiner vil ha langt større massetap.**

⁴ <https://norwea.no/norwea-mener/2021/3/26/faktaark-vindkraft-plast-og-bisfenol-a>

Middeltemperaturen mange steder langs kysten er under 4 grader fra november til april, det gir minst 5 mnd. med fare for ising og hagl, med andre ord perioder med høyere gjennomsnittlig mekanisk belastning og utslipp enn det man finner i Skottland.

24,8 tonn årlig utslipp i form av mikro- og nanoplast blir altså dryssa utover utmark, beitemark, jordsmonn, vannkilder og etterhvert fjord og havområder.

Hvor mye av dette som vil være Bisfenol A er usikkert, men 1 kilo bisfenol A er nok til å forurense 10 milliarder liter vann. Det er 10 000 000 000 liter.

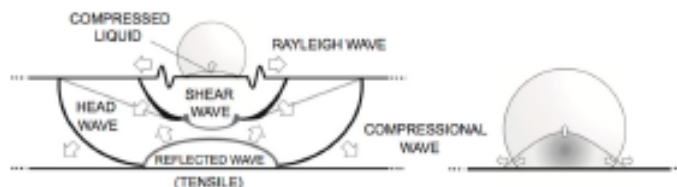
WHO har siden 2017 gitt råd om at drikkevann maksimalt bør ha 0,1 mikrogram BPA per liter. Dvs. 0,0000001 gram per liter vann².

Det kan nevnes at miljøvernmyndighetene har statistikk på utslipp av fri Bisfenol A. Denne statistikken oppgis i gram med utslipp. Utslipp fra vindindustrien er ikke med, og man har ikke tatt stilling til om utslipp fra vindindustri kan brytes ned til skadelige stoffer.

Det kan nevnes at miljøvernmyndighetene har statistikk på utslipp av fri Bisfenol A. Denne statistikken oppgis i gram med utslipp. Utslipp fra vindindustrien er ikke med, og man har ikke tatt stilling til om det kan brytes ned til skadelige stoffer.

Innledning

Noen rapporter sier coatingen er polyuretan mens «On the Material, Characterisation of wind turbine-B_2017»³ sier at også dekklaget på Leading edge er en spesialutviklet epoksy «developed for Leading Edge Protection» (LEP)⁵. Samme rapport forklarer også mekanismene omkring skader påført av regndråpene, definert som Water Hammer pressure-effekt.



Figur 1 Kilde: On the Material, Characterisation of wind turbine-B_2017

Det faktum at alle gjenstander som beveger seg fort gjennom luft, hagl og regn slites har vært kjent problem i flyindustrien siden 1940, også innen annen industri er det et velkjent problem med slitasje forårsaket av strømming. Vindkraftindustrien har valgt å neglisjere og underkommunisere dette omtrent på samme måte som tobakksindustrien forholdt seg til helsevirkninger.

At det er et slitasjeproblem i dag og at det vil være et betydelig større problem med større turbiner i fremtiden, bekreftes av «On the Material, Characterisation of wind turbine-B_2017»⁶, som sier: *Rain erosion protection coatings have been proposed, tested and validated with particular industrial solutions, but the proposed solutions are still not as reliable as the wind energy industry requires. Rain erosion has thus become.*

Det vi vet om krefter og mekaniske påkjenninger på vindturbiner, er at påkjenningene øker eksponentielt når turbinene blir større. Vindkraftverk til havs slites 40-50 % mer på grunn av saliniteten. Havvind er mer ulønnsomt enn landbasert, og det krever dermed mye større turbiner, noe som igjen vil gi mye større utslipp.

Lengre rotorblad, gir økt hastighet i bladspissen. Bransjen er godt kjent med økt massetap og dermed økte utslipp når de øker bladshastigheten, men mener økt bladslitasje forsvares gjennom

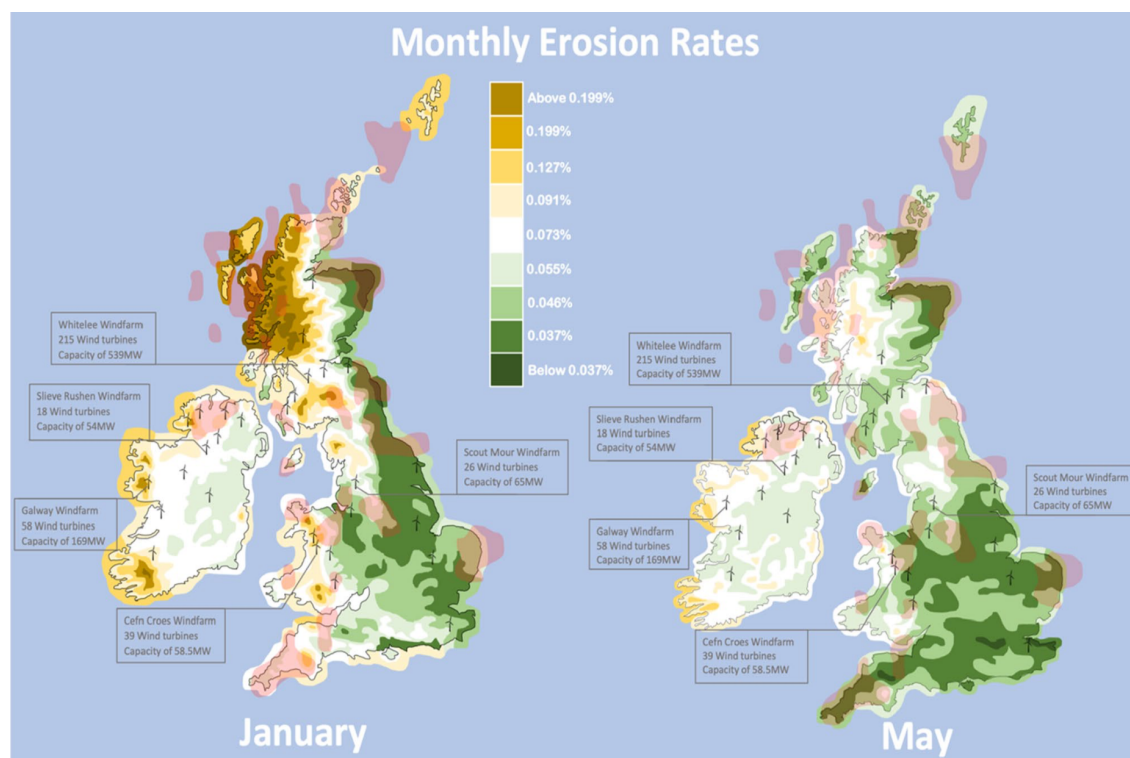
Bransjen er godt kjent med økt massetap og dermed økte utslipp når de øker bladshastigheten, men de mener økt bladslitasje kan forsvares gjennom at det krever mindre investeringer, bl.a. at det krever lavere investeringskostnader, bl.a. mindre og billigere gearbokser.

³ At det ikke er bisfenol i coatingen er udokumenterte opplysninger i form av påstander fra vindindustrien, de sier ikke noe om coatingen men også polyuretan har sine miljøutfordringer med økt kreftfare og allergifremkallende egenskaper.

⁶ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5666952/>

Hensikten med rapporten fra Strathclyde er å forutsi behov for vedlikehold, men den tallfester samtidig massetapet i rotorblad. Rapporten fra Strathclyde fokuserer på en test av massetap på en materialprøve. Den valgte målingen for erosjon er massetap i prosent av den opprinnelige prøven.

Massen av testmateriellet ble målt før eksperimentet og etter hver eksponeringstid. Dette vil resultere i et direkte numerisk forhold mellom gjennomsnittlig månedlig nedbør og erosjon som et massetap.



Figur 1. The monthly erosion rates in January and May with overlays of major wind turbine farms and areas of frequent hail. Kilde: Journal of Bio- and Tribo-Corrosion · March 2021)

Massetapet består i all hovedsak av to-komponent epoksy. En turbinvinge er i stor grad laget av glassfiber armert epoksy der epoksy utgjør ca. 40 % av massen og glassfiberen utgjør 60 %. I tillegg er det noe balsatre, divinycell og litt andre materialer som blir brukt til å skape profilen til vingekonstruksjon.

Epoksy inneholder 33 % bisfenol A. Dvs. at bisfenol A utgjør ca. 13 - 15 % av totalvekten på et rotorblad. Med andre ord er det mye mikroplast, og en stor del av denne er bisfenol A.

I dette dokumentet vurderer vi ikke hvilken tilstand utslippene av mikroplast er i, eller fordelingen av inerte og skadelige stoffer i form av frie kjemikalier. Å differensiere dette er et

isolert stort vitenskapelig arbeid som bør utføres da det er kjent at alle stoffer brytes ned i større eller mindre grad.

Forurensningsmyndigheter i hele Europa bør i fellesskap iverksette en stor konsekvensanalyse. Siden det er snakk om store utslipp fra turbinanlegg burde man også se på hvordan epoksy brytes ned i dyras fordøyelsessystem med mekanisk bearbeiding, varme og syre.

"Bisphenols are not covalently bound to the polymeric structure, from which with time, or due to physical and/or chemical factors such as heat and acidity, can be gradually released into the external environment, contaminating water, soil and sediments, and later the rest of the agro-food chain»⁷.

Det spesielle med utslipp fra landbaserte vindturbiner i Norge er at de er plassert høyere enn vannkilder og biotoper, samt at de vil kunne spre problemet over relativt store områder som er utmark og beitemark. I tillegg vil mye av disse utslippene kunne havne i drikkevannskilder.

Tap av bisfenol vil gjelde de områder av bladet som ikke er tildekket av overflatebehandling, dvs. skadede områder, og om det brukes epoksy i overflatebehandlingen. Der det brukes dekklag av polyuretan vil det trolig ikke bli utslipp av bisfenol⁸ før dekklaget er slitt bort, men massetapene er like fullt mikroplast som vil gå inn i næringskjeden. Polyuretan inneholder isocyanater som er kjent som både kreftkallende og allergifremkallende.

Bisfenol A (BPA) innholdet i utslippene vil øke utover i bruksperioden og etter endt bruk da materialene er udekket og eksponert. Spesielt vil dagens praksis med å grave ned rotorblad i deponi, gi høye utslipp over lang tid.

⁷ Review article, Environmental Research 151 (2016) Monica Giulivo a,n, Miren Lopez de Alda b,n, Ettore Capri a, Damià Barceló b,c

⁸ At det ikke er Bisfenol i coatingen er udokumenterte opplysninger i form av påstander fra vindindustrien, de sier ikke noe om coatingen men også polyuretan har sine miljøutfordringer med økt kreftfare og allergifremkallende egenskaper.

Litt om forsøkene utført ved University of Strathclyde.

Økt rotordiameter gir økte hastigheter på bladets ende. Med hastigheter på over $300 \text{ km/t} = 83 \text{ m/s}$ så vil møtet med regndråper, hagl og ispartikler øke erosjon av bladene.

Rapporten ser bare på regn (ikke is, sne og hagl), men beskriver at tidligere undersøkelser viser at hagl gir både overflateskader og mikrodeleraminering som gir akselererte og store massetap på grunn av regn.

Værdata er hentet fra Irland og Skottland. Data er samlet inn i januar og mai som er henholdsvis våteste og tørreste måned.

Testeksemplarene er i laboratorieforsøk utsatt for tilsvarende belastning som gjennomsnittsværet for en 20 årsperiode fra værdataene.

Hastigheten i testen var på 60 m/s , som svarer til farten i enden på en 50 meters vinge. Testen er med andre ord relevant for store deler av turbinbladene. Rotorhastigheten øker eksponentielt utover bladvingen. F.eks. har turbiner med 140 meter diameter på vingene en fart på ca. 80 m/s på tuppen. Den innerste delen av et turbinblad vil slites betydelig mindre enn tuppen.

Forsøket ble også gjentatt med saltvann med tanke på havvindturbiner. Salinitet var på $3,5 \%$ som tilsvarer sjøvann i UK og Irland. Massetapet øker da med $40\text{-}50 \%$.

Massetap resulterer også i økt turbulens og drag, noe som gir tapt virkningsgrad. For å motvirke tapt produksjon endrer man bladvinkel, noe som eksponerer en større flate for mekanisk slitasje som igjen gir økte massetap.

University of Strathclyde skriv at de har brukt samme materiale som på vindturbinvinger, men det er ikke videre beskrevet hvilke, f.eks. om hvilken overflatebehandling som er benyttet i forsøkene. Det kan f.eks. bety at tallene bare gjelder åpen eksponert epoksy uten overflatebehandling selv om teksten indikerer at det er komplette blad med coating som er brukt i forsøkene. Forfatterne er forsøkt kontaktet men vi har ikke fått kontakt i skrivende stund.

Rapporten sier følgende om slitasjen:

“The degradation of the sample should erode in three distinct stages. The first is the initiation period; where the sample is at its smoothest and difficult to penetrate, this is when the turbine blades are brand new and operating at optimal efficiency. Secondly is steady state erosion; where the sample has been impacted by a critical number of drop-lets to affect the surface roughness of the sample enough to instigate

more considerable erosion which continues at a constant rate. It is during this stage that the turbine starts to decline in efficiency.

Lastly the third stage is the final erosion region where the erosion rate decreases, however, this is when the turbine blade is at its most vulnerable and the erosion on the blades can begin to become structural weak points.”

Fra andre rapporter

En annen rapport, Sustainable_End-of-Life_Management_of_Wind_Turbine⁹, erkjenner problemet: *“For erosion protection, a load reducing strategy can be realized as so-called erosion safe control, i.e., reduction of tip speed during heavy rain.”* (side 4).

Rapport Accelerated rain erosion of wind turbine fra DTU¹⁰: *“The liquid coating materials contain the same basic compositional components: resin, solvents, pigments and additives.”* (side 9).

Vi har sett på en rekke rapporter og alle konkluderer med at erosjon på grunn av regn er et stort problem. Rapportene fokuserer i hovedsak på drift og vedlikehold, ikke på utslipp og miljøskader. De forskjellige rapportene beskriver litt forskjellige utgangspunkt med fleksible polyuretan coatings utenpå gelcoaten som også er av epoksy.

Med økende størrelse på turbinene, som gir høy hastighet på bladene, så fremgår det at edge-tape o.l. fungerer dårlig. Med andre ord så er det et lag med polyuretanbasert maling/lakk på gelcoat av epoksy alternativt epoksybelegg som beskyttelse.

Det fremkommer også i flere kilder i tillegg til Leading Edge Erosion (LEE), er pitting og delaminering også kjente problemer.

Andre kommentarer

Det er vokst fram en stor industri omkring vedlikehold av rotorblader. At denne industrien kan leve av de påståtte utslippene/massetap på 0-50 gram, som miljømyndighetene godtar, er en logisk brist som i beste fall fremstår som naivt.

Et enkelt regneeksempel for Norge viser at det pr. 01.01.21 vil være et samlet vedlikeholdsbehov på 174 kg årlig (150 gram pr. turbin og med 1164 turbiner).

⁹ <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33673684/>

¹⁰ https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/116954840/Shizhong_Zhang_978_87_93054_49_3_fil_fra_trykkeri.pdf

Det er eksempler fra både Storbritannia og Danmark at man etter 5 år enten må foreta meget store kritiske, kostbare reparasjoner som på London Array Park eller riving/utskifting og Anholt i Danmark. Begge lokasjoner med diameter på 120 meter.

Middeltemperaturen er mange steder på kysten under 4 grader fra november til april det gir minimum 5 mnd. med fare for ising og hagl, i Troms og Finnmark vil det være mer ekstreme forhold med temperatur og vind. Det gir høyere gjennomsnittlig mekanisk belastning og utslipp enn det man finner i Danmark, England og Skottland.

Leading Edge Erosion (LEE) et produksjonstap på et sted mellom 56 og 75 millioner euro årlig.

Vedlikeholdskostnadene for et 500 MW offshore vindturbinanlegg vil være mellom 2 og 8 million pund pr. år.

Kjapp hoderegning tilsier at det kan bli opp mot 80.000 pund (924.000 NOK) pr. turbin og 18,4 millioner NOK for det eksemplet vi har brukt med 20 turbiner.

Årlige kostnader på 18,4 mill. pr. 20 turbiner og 370 millioner over 20 år bekrefter at bransjen kalkulerer med store utslipp fra slitasje av rotorblad, LEE.

Samme kilde sier at reparasjoner og produksjonstap forårsaker levetidskostnader på 1,3 millioner pund (15 mil.l kroner)¹¹.

I flere rapporter fremkommer at største hastighet for dagens store turbiner er knapt 100 m/s, mens større turbiner vil ha hastigheter på over 100 m/s (opptil 110 m/s). Hastigheten kan ikke øke ubegrenset da strømningshastigheten blir ugunstig høy, og virkningsgraden vil falle.

Valg av turbintype mange steder bekrefter at det påregnes store belastninger på både rotorblader og selve konstruksjonen.

Slitasjen og utslippene kan deles i tre faser:

Fase 1

- slitasje på polyuretanbelegg, noe som ikke er like miljøkritisk men det slipper ut mikroplast som inneholder isocyanater og andre stoffer som er kreft og allergifremkallende. Noen turbiner har epoksy som LEP (Leading edge protection).

¹¹ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032119305908>

Fase 2

- slitasje på Gelcoat- som er en epoksy. Dette gir utslipp men ikke store mekaniske svekkelser på turbinbladet.

Fase 3

- slitasje inn på glass-epoksy laget under gelcoat. Det gir økende utslipp og strukturelle problemer på turbinbladene.

Resultater og konklusjon

Forbehold: Rapporten til University of Strathclyde sier for lite om testkriterier og våre tall må derfor regnes som kvalifiserte anslag. Likevel gir de grunnlag for å anta at det kan være et betydelig problem som helt klart må belyses og tas på største alvor.

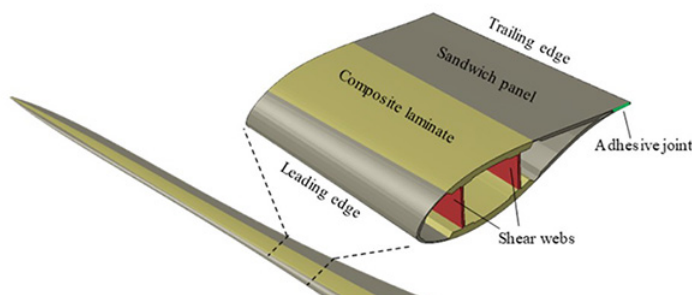
Vi har i regneeksempel brukt tallene slik de er publisert i rapporten fra University of Strathclyde.

Våre utregninger for klima langs Norskekysten viser at det i vindkraftindustrien sannsynligvis er store og sterkt underkommuniserte utslipp.

I regneeksempelene legger vi til grunn at det er eggen, Leading edge (LE), som møter vinden, blir mest slitt og er det største problemet.

Vi finner det rimelig å anta at denne eggen har tykkere gelcoat lag, tykkere polyuretanbelegg og større veggtykkelse noe som gjør det rimelig å anta at vekten på den kritiske delen utgjør 10 % av bladets vekt. På bakgrunn av dette så har vi også regnet på massetap på leading edge bare på de siste 15-20 meter av turbinbladene, dvs. det arealet som er mest utsatt for erosjon er fra 50 meter og utover på bladet.

Vi sier da at litt over 2 % av vingen vil være hardt belastet og vi har brukt ca. 700 kg per turbin som utgangspunkt for regneeksempelene.



Figur 3 Typisk vingeprofil

Kilde: <https://www.dtu.dk/english/news/Nyhed?id={CDC59567-A8A1-4ACE-866A-7FD8D559D5FF}>

I starten (fase 1) vil våre estimerte utslippstallet være for høyt satt, men når det begynner å bli synlig slitasje så vil våre tall sannsynligvis være lavt (se fase 1,2 og 3).

Når slitasjen har nådd et vist punkt vil det begynne å brytes av større partikler og utslippene akselererer.

Vi har gått gjennom en rekke rapporter om vedlikehold og det er tydelig at et turbinblad ikke kan overleve 15-20 år i eksponerte omgivelser uten betydelig vedlikehold. Dette bekrefter våre antagelser og anslag.

Tidligere viste leverandører av vedlikeholdstjenester fram og omtalte jobbene sammen med tall og dokumentasjon. I 2021 holdes nær all informasjon skjult og det er svært vanskelig å finne tilgjengelige tall og data. Dette må anses som en bekreftelse på at utslippene er høye.

Det er verdt å merke seg at vekt, volum og følgelig utslippstallene vil øke i 3.dje potens som følge av økende størrelse på turbiner og saltinnhold i lufta vil øke dette problemet med ytterligere 40 %.

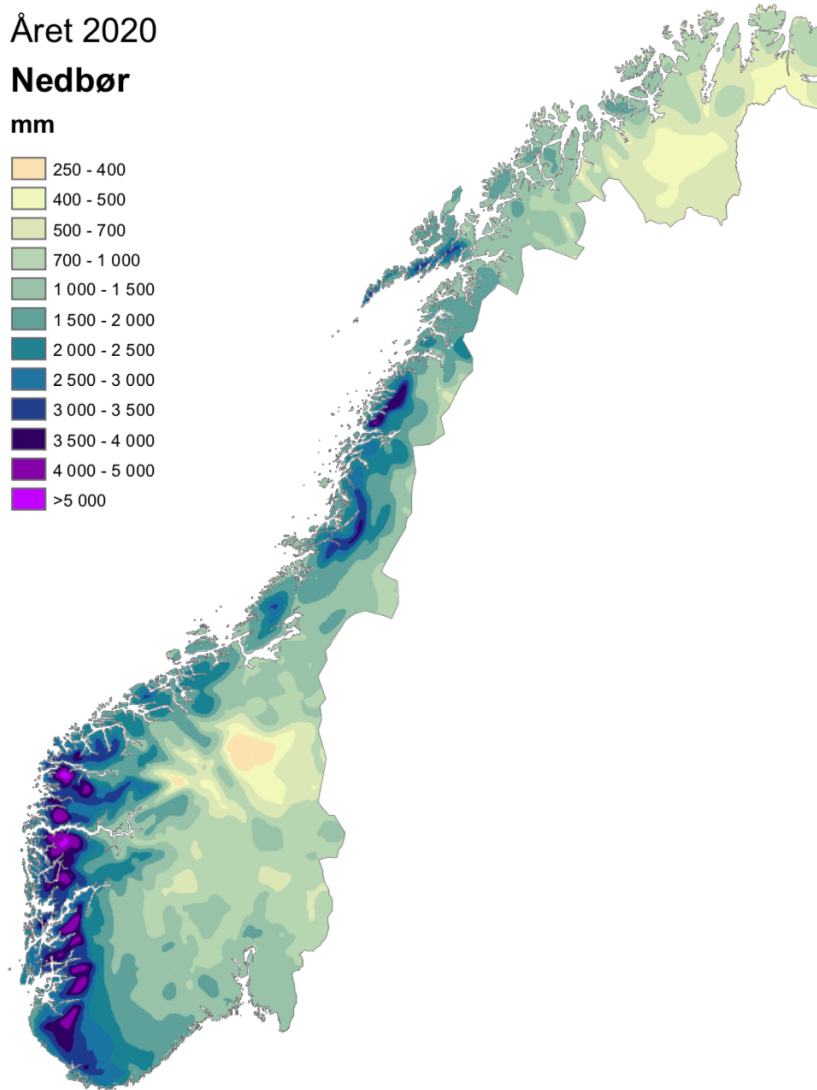
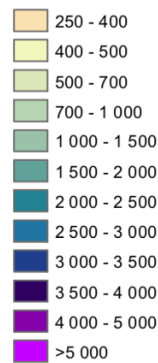
Forsøkene ved Strathclyde viser at en nedbørsmengde med rent partikkelfritt ferskvann på 50 mm per mnd. resulterer i et massetap på 0,037 % pr. mnd. og at en nedbørsmengde på 500 mm pr. mnd. gir et massetap på 0,199 % pr. mnd. Slitasjen med sjøvann (3,5 % salinitet) blir 40 % større.

Klimatologisk oversikt

Året 2020

Nedbør

mm



Normalperioden er 1961 - 1990

Mange steder på norskekysten har årlig nedbør på ca. 2 500 millimeter.

Formel for slitasje er:

$$f(x) = 0,972 \% * \left(\frac{\text{diameter}}{100}\right)^{11,4}$$

Vi bruker et anslag på 700 kg som vekt på utsatt område (eggen). Det vil gi et årlig tap på 62 kg per år per turbin.

20 turbiner gir sannsynligvis utslipp større enn 1,2 tonn per år og 24,8 tonn over 20 år.

Vi har bare regner med den årlige nedbøren som regn. Er det en sesong med mye is og hagl så vil massetapene øke utover dette.

Konklusjon

Rapporten fra Strathclyde nevner at hagl og harde værforhold vil øke slitasjen.

Sammen med norske vinterforhold er det usannsynlig at man med utgangspunkt i rapporten vil få så lave tall som for Skottland og Irland. 62 kg årlig utslipp av mikro- og nanoplast er derfor sannsynligvis et svært forsiktig estimat pr. turbin.

I Norge er det i følge NVE nær 400 turbiner med vingediameter på 130 meter eller mer. Et estimat blir da at de samlede utslippene fra disse 400 turbinene er 24,8 tonn i året.

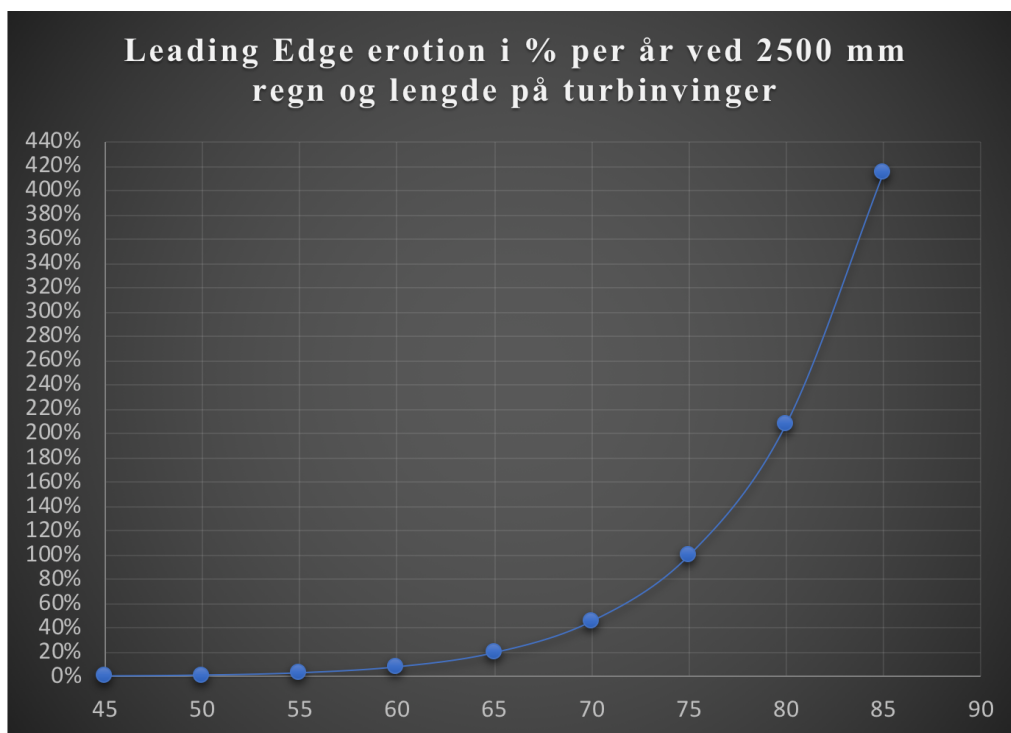
I løpet av 20 år utgjør det anslagsvis 496 tonn!

Bransjen oppgir gjennom NORWEA et samlet årlig utslipp på maksimalt 150 gram per turbin¹².

Dette tallet tilsvarer maksimalt 60 kg for 400 turbiner.

Våre estimat viser at utslippene kan være over 41 000 % større enn hva NORWEA oppgir.

Det er viktig å merke seg at slitasjen er eksponentiell slik at større turbiner vil ha langt større massetap. (se graf)



Figur 4. erosjon (loss i prosent) som funksjon av nedbør, hastighet og lengde på turbinblad

¹² <https://norwea.no/norwea-mener/2021/3/26/faktaark-vindkraft-plast-og-bisfenol-a>

Middeltemperaturen er mange steder på kysten under 4 grader i fra november til april, det gir minst 5 mnd. med fare for ising og hagl, med andre ord perioder med høyere gjennomsnittlig mekanisk belastning og utslipp en det man finner i Skottland.

44 tonn årlig utslipp i form av mikro- og nanoplast, som blir dryssa utover utmark, beitemark, vannkilder og etterhvert havområder.

Hvor mye av dette som vil være Bisfenol A er usikkert, men 1 kilo bisfenol A er nok til å forurense 10 milliarder liter vann. Det er 10 000 000 000 liter.

WHO har siden 2017 gitt råd om at drikkevann maksimalt bør ha 0,1 mikrogram BPA per liter. Dvs. 0,0000001 gram per liter vann¹³.

Det kan nevnes at miljøvernmyndighetene har statistikk på utslipp av fri Bisfenol A. Denne statistikken oppgis i gram med utslipp. Utslipp fra vindindustrien er ikke med, og man har ikke tatt stilling til om slike utslipp brytes ned til skadelige stoffer.

Tine, Nortura, reinslakteri og norske sauebønder markedsfører ren melk og rent kjøtt fra norske fjell. På samme måte markedsføres fisk fra reint hav. Fisk og sjømat er en stor eksportindustri. Med de store utslippene av giftige forbindelser fra vindkraftindustri vil denne industrien bli utsatt. Vindkraftindustrien medfører slik både økologiske, helsemessige og økonomiske konsekvenser.

Pr. i dag har ingen anlegg, så vidt vi har brakt i erfaring, søkt om eller fått utslippstillatelse.



Figur 5 Foto: En liten bladprofil for å få litt inntrykk av proporsjoner. Eget foto, fra testing

¹³ https://www.nmf.no/wp-content/uploads/2021/02/Green-Warriors-of-Norway-ECHA_REACH-Bisphenol-comments-and-evidence.pdf

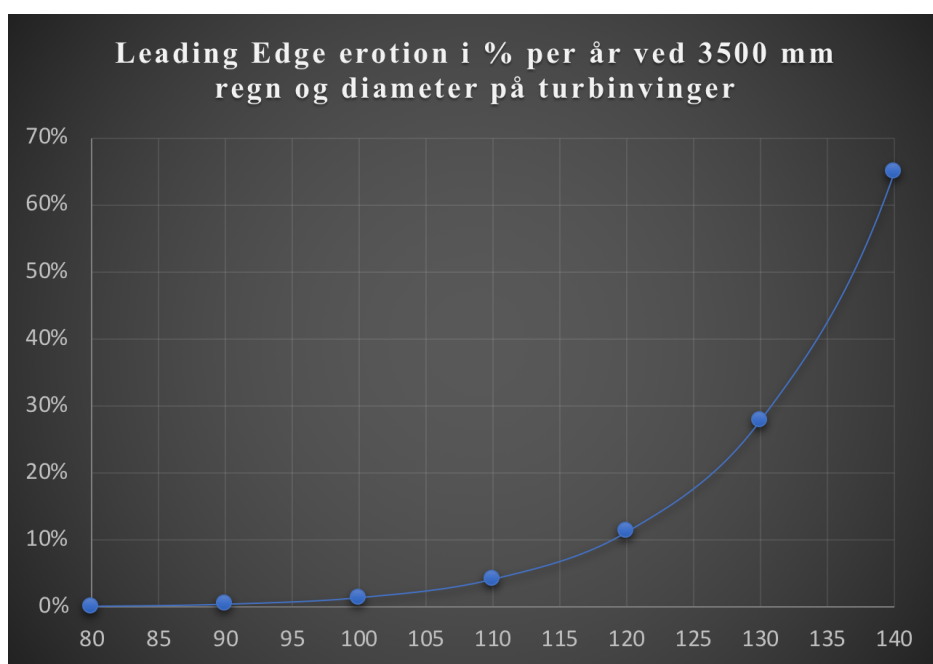
Guleslettene vindkraftverk – et eksempel.

Guleslettene i Kinn kommune, som har vært i fokus pga konflikt med kommunalt vassverk, har ca. 3575 mm nedbør pr. år. Der står Vestas 136 turbiner med en diameter på 136 m på

vingespenn. Formel for utregning av slitasje blir da $f(x) = 1,4 \% * (\frac{diameter}{100})^{11,4}$.

Det gir et estimat på 80 kg utslipp av mikro og makroplast per år per turbin. Dvs. at 44 turbiner på Guleslettene vil kunne gi over 3 520 kg i årlige utslipp.

Over 20 år blir det 70,4 tonn på Guleslettene alene.



Figur 6. erosjon (loss i prosent) som funksjon av nedbør, hastighet og lengde på turbinvinge

Logisk sjekk

I mangel på god publisert dokumentasjon har vi funnet den ene rapporten fra Strathclyde som tallfester massetap.

I rapporten, *The increasing importance of leading edge erosion and a review of existing protection solutions fra 2019* fremkommer det at det er store og kjente problemer med massetap og at de vil øke med havvind:

“Blade leading edge erosion has become an important issue for the offshore wind industry.” Videre sier de: “...greater blade lengths and higher tip speeds, as well as a move to new markets with monsoonal climates, has caused leading edge erosion to progress from an issue that only affects a small number of turbines in the most extreme environments to a major problem that affects entire wind farms.”

“..As a result, blades can experience significant erosion within just a few years, which considering their supposed 25-year service life, is a serious problem.”

Man kan også lese om akselererte tester utført med 135 m/s der LEP er slitt gjennom på 30 minutter. Når vi vet at havturbiner får opp mot 110 m/s så må utslippene fra havvind bli store.

Her er et lite sitat om Bisfenol A- fra en blogg om BREAM i byggbransjen, forfatteren har mange års erfaring med miljøklassing og er tilknyttet Statsbygg, finner ingen gode forklaringer på om epoksy inneholder Bisfenol A eller ikke, ei heller hvor mye. Forfatteren skriver at hun fikk følgende svar fra Miljødirektoratet:

«Bisfenol A og Epiklorhydrin=epoxyharpiks står foreløpig ikke på prioritetslisten, men den er harmonisert klassifisert (et stoff som er vedtatt i EU/EØS og inkludert i vedlegg VI i CLP) bl. a med miljøfareklassifisering H411 "Giftig, med langtidsvirkning for liv i vann»¹⁴.

Miljødirektoratet anbefaler derfor basert på både miljøfareklassifiseringen og mistanke om at det har hormonforstyrrende effekter, at det er et godt "føre var prinsipp" at man prøver å finne andre og mer miljøvennlig alternativer¹⁵.

Husk at Bisfenol A utgjør ca. 13 – 15 % av støpevekt av et turbinblad.

Når det gjelder vindturbiner og miljø er det ikke laget regler eller veileder som ivaretar folks helse, forurensning og miljø.

Demontering og riving.

Det finnes ingen krav eller veileder for hverken demontering eller håndtering etter endt brukstid. Det eneste som finnes er et krav om at det etter 12 driftsår skal settes av penger til riving. At det settes av penger forutsetter at det finnes penger i driftsselskapet, juridisk så er det grunneier som står ansvarlig for opprydning.

Praksis ved riving har vært såkalt kontrollert velting ut i terreng, det forurenses terrenget mye og det umuliggjør mye av det som beskrives som sirkulærøkonomi spesielt når det gjelder all glassfiber og epoksy. Eneste grunn til å velte ut i terreng er at det koster anslagsvis bare ca. 33% i forhold til å demontere.

¹⁴ <https://www.futurebuilt.no/Blogg#!/Blogg/Inneholder-epoxy-stoff-paa-prioritetslisten-Eller-ikke>

¹⁵ <https://www.futurebuilt.no/Blogg#!/Blogg/Inneholder-epoxy-stoff-paa-prioritetslisten-Eller-ikke>

Rotorblader forurenses under drift og er et miljøproblem etter driftsfasen, det finnes ingen krav til hvordan dette komposittavfallet skal håndteres.

Når det gjelder alternativ anvendelse så finnes det i dag få eller ingen gode metoder.

Vindindustrien har tidligere dumpet noe av avfallet i Afrika ved såkalt bruksalg, i dag graves det meste ned over hele verden. Andre steder så blir turbinene stående etter endt driftsfase, det er en reell fare også i Norge.



Figur 7 Foto: Bøyetest av en seksjon på en vingeprofil. Eget foto, fra testing

«Fysikk og kunnskap slipper man ikke unna, uansett hvor god man er i retorikk»

“THE TURBINE GROUP” APRIL 2021

Kilder:

<https://www.miljodirektoratet.no/chemicallist/61?listcasnr=80-05-7>

<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40735-021-00472-0>

<https://norwea.no/norwea-mener/2021/3/26/faktaark-vindkraft-plast-og-bisfenol-a>

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5666952/>

Review article, Environmental Research 151 (2016) Monica Giulivo a,n, Miren Lopez de Alda b,n, Ettore Capri a, Damià Barceló b,c

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33673684/>

https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/116954840/Shizhong_Zhang_978_87_93054_49_3_fil_fra_trykkeri.pdf

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032119305908>

<https://www.futurebuilt.no/Blogg#!/Blogg/Inneholder-epoxy-stoff-paa-prioritetslisten-Eller-ikke>

Om forfatterne

Asbjørn Solberg

Bård-Einar Rimereit

Jan Erik Weinbach