



KVARNBACKENS VINDPARK
ISKASTNINGS- OCH ISFALLSRISKBEDÖMNING

26.06.2024

INNEHÅLL

1	SAMMANFATTNING	3
2	ISRISK.....	4
2.1	Isbildning.....	4
2.2	Islossning – Storlek på Isbitarna.....	4
2.3	Islossning – Fallande Och Kastande	6
2.4	Sannolikhet För Islossning Och Olycksrisk.....	8
3	ISRISKIDENTIFIERING OCH HANTERING.....	13
4	ISRISK I KVARNBACKENOMRÅDET	14
5	REKOMMENDATIONER	16
6	REFERENSER.....	17
7	BILAGA 1	18

ANSVARFRISKRIVNING

Denna rapport om isriskbedömning har upprättats i två språkversioner: svenska och finska. Stor omsorg har lagts på att säkerställa att båda versionerna är konsekventa och korrekta. Vid eventuella avvikelser eller skillnader i tolkning mellan de två versionerna ska dock den svenska versionen gälla och betraktas som den auktoritativa texten för alla beslut och åtgärder baserade på denna rapport.

REVISIONSHISTORIK

Version	Made by, Date	Checked by	Approved by	Brief Content
Ver 1	Afonso Lugo, 14.06.2024	Alexander Ehrs, 25.06.2024	Alexander Ehrs, 16.08.2024	Bedömning av iskastnings- och isfallsrisker för Kvarnbackens vindpark

1 SAMMANFATTNING

Mål:

Etha Ab har utarbetat denna rapport om iskastnings- och isfallsfaran vid Kvarnbackens vindpark (Kvarnbacken Vind Ab). I detta sammanhang avses med iskastnings och isfallsfara is som ansamlas på vindkraftverken och som, när den lossnar, kan kastas eller falla på varierande avstånd från kraftverken och skapa farliga situationer.

Arbetsmetodik:

I denna rapport granskas både teoretiska modeller för beräkning av de avstånd som is kan falla från vindkraftverk samt empiriska studier av isfall i befintliga vindkraftsparker.

Därutöver så analyseras den specifika isfaran för Kvarnbacken vindkraftspark och dess omgivningar, och möjliga åtgärder för att minimera riskerna presenteras. Beräkningen av isriskområden baseras på de maximala dimensioner som för tillfället planeras för vindkraftverken i Kvarnbackens vindpark (en rotordiameter på 180 meter och en navhöjd på 210 meter).

Resultat:

Den totala, generella risken för att träffas av isfragment i Kvarnbackens vindkraftspark bedöms vara låg. Dock är vissa vägar i området utsatta för en högre risk av att träffas av isfragment. För att minimera riskerna rekommenderas åtgärder såsom strategisk placering av varningsskyltar vid infartsplatser till högriskområden. Alternativa åtgärder, såsom placering av varningsljus som tänds under islossningsförhållanden kan också övervägas.

Sammanfattning av riskklassificeringarna presenteras i Tabell 1.

Tabell 1. Sammanfattning av de beräknade farozonerna och isriskklassificeringarna i Kvarnbackens vindpark

Buffertzonen från vindkraftverken	Riskklassificering	År per 1 olycka	Kommentar
180 meter	Hög	217 816	I detta område förekommer både iskast och isfall. Mänsklig rörelse i området bör minskas.
280 meter	Måttlig	1 001 956	Området påverkas huvudsakligen av iskast, men även av fallande is under blåsiga dagar.

390 meter	Låg	1 778 031	Området påverkas endast av iskast. Sannolikheten för en olycka som orsakar allvarlig skada eller dödsfall är mycket liten.
-----------	-----	-----------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2 ISRISK

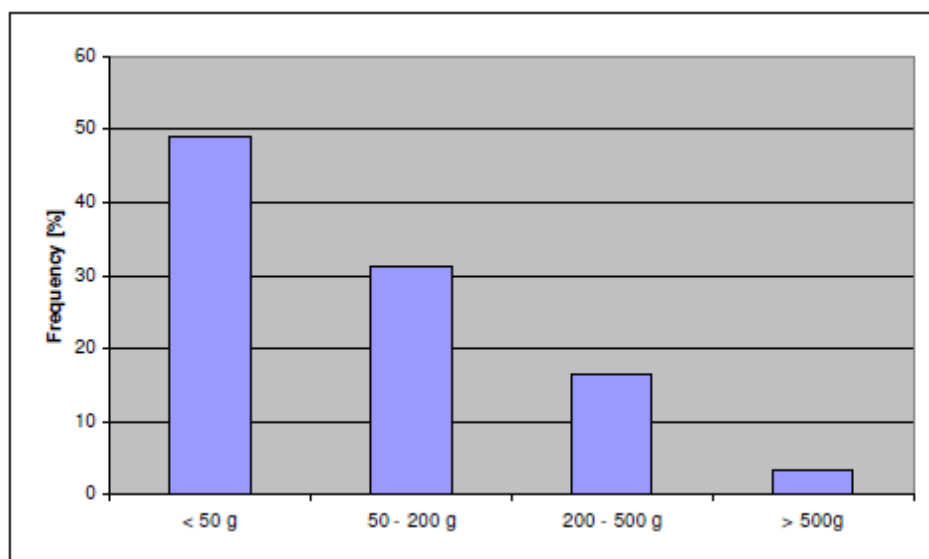
2.1 ISBILDNING

Is kan ansamlas på vindkraftverkens blad på grund av olika faktorer, såsom underkyllt regn. En snabb isbildningsprocess resulterar i bildandet av "klaris", som är känd för sin tendens att falla längst från turbinbladen (Cattin et al. 2007). Klarisformationer är vanligtvis lätta att avlägsna från turbinbladen antingen genom automatiserade system eller manuella kontrollmetoder när turbinen är stoppad.

Långsam isbildning sker under perioder med lågt molntäcke. Denna typ av isansamling utgör en mer förekommande utmaning i Lappland jämfört med kustområdena. Isbildningen tenderar att vara kraftigare när vindkraftverken är avstängda jämfört med när de är i drift.

2.2 ISLOSSNING – STORLEK PÅ ISBITARNA

Under en studie som utfördes vid en schweizisk vindkraftsanläggning (Cattin et al. 2007) vägde den största isbiten som hittades 1,8 kg, medan de flesta bitarna vägde mindre än 50 g.



Figur 1. Viktfördelning av observerade isfragment (Cattin et al. 2007).

I denna studie vägde 49 % av isbitarna mindre än 50 gram och 31 % vägde mellan 50 och 200 gram. För att uppskatta sannolikheten för dödliga olyckor beaktades endast fragment som vägde över 100 gram. Enligt en grov uppskattning var 59 % av fragmenten mindre än 100 gram och exkluderades från riskbedömningen.

2.3 ISLOSSNING – FALLANDE OCH KASTANDE

Baserat på data som samlats in från flera vindkraftsanläggningar runt om i Europa genom WECO-projektet (Wind Energy in Cold Climates) formulerades en ekvation för den teoretiska kastlängden (1) av is (känd som Seiferts formel) och en ekvation för den teoretiska falllängden av is (2) (Tammelin, B. 1998; Seifert, H. 2003).

Iskast: islossning från roterande vindkraftsblad, orsakad av gravitation och mekaniska krafter.

$$d_{safe,throw} = (D + H) \times 1.5 \quad (1)$$

Isfall: islossning från ett stillastående vindkraftverk som huvudsakligen orsakas av gravitation.

$$d_{safe,fall} = U \frac{\left(\frac{D}{2} + H\right)}{15} \quad (2)$$

I ekvationerna 1 och 2 representerar H och D navhöjden och rotordiametern i meter, och U vindhastigheten vid navhöjden i meter per sekund.

För en vindkraftverk med en rotordiameter och navhöjd på 180 meter respektive 210 meter, och en vindhastighet på mellan 9,0 – 14,0 meter per sekund, är följande avstånd säkra avstånd för iskast och isfall:

$$d_{safe,throw,th} = 585 \text{ meter}$$

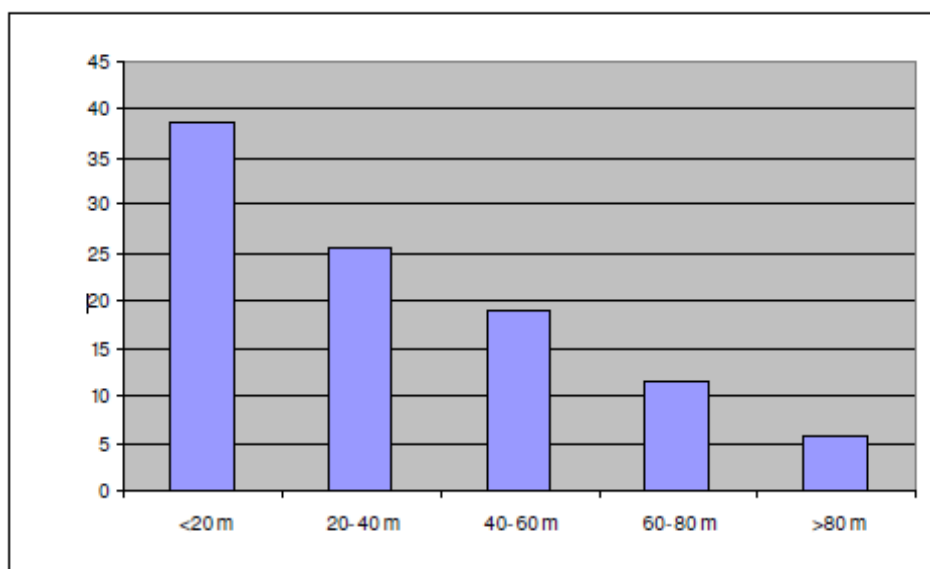
$$d_{safe,fall,th} = 180 - 280 \text{ meter}$$

Dessa formler för iskast och isfall är dock föråldrade, och de beräknade säkerhetszonerna runt vindkraftverken blir troligen större än nödvändigt (Butt, B., Dalen, E. V., Lundsbacken, M., 2018). En nyare studie visar en anmärkningsvärd trend: när vindkraftverk ökar i storlek, minskar avståndet på vid vilket is faller i förhållande till vindkraftverkets totala höjd (Müller, S., Bourgeois S., 2017). I studien sågs is falla på ett avstånd av 1,4 gånger vindkraftverkens totala höjd hos de minsta turbinerna, medan is sågs falla på ett avstånd av 1,0 gånger vindkraftverkens totala höjd hos de större turbinerna. Det är dock viktigt att notera att vindkraftverken som studerades var betydligt mindre än de som planeras för Kvarnbackens projekt. Den högsta turbinen i studien mätte 140

meter. Intressant nog visade en ökning av rotordiametern inte på någon betydande inverkan på is- eller snörelaterade faror.

Analys tyder på att det i princip inte finns någon risk för iskastning på ett avstånd som överstiger 1,2 gånger den totala höjden av moderna vindkraftverk, vilket motsvarar 336 meter i Kvarnbackens fall. Dessutom är sannolikheten ytterst liten för att is faller bortom ett avstånd på 1,0 gånger den totala höjden från turbinen.

WECO, som är ett forskningsinitiativ fokuserat på vindkraftsproduktion i kallt klimat, får delvis finansiering från Europeiska kommissionens konventionella (icke-nukleära) energiprogram. Det är dock värt att notera att de beräkningsmodeller som tillhandahålls av WECO (Seifert et al. 2003) och som är baserade på empirisk forskning såsom den schweiziska studien (Cattin et al. 2007) och RES-modellen (Hutton 2013) kan anses vara konservativa. Baserat på tillgängliga forskningsdata uppskattas den faktiska maximala falllängden att vara mindre. WECO-modellens överdrift uppskattas ligga mellan 35 och 50 %. Figur 2 visar avståndet från vindkraftverk där isfragment hittats i den Schweiziska studien. Det maximala avståndet som isfragment hittas på i studien var 92 meter från turbinpositionen vid ett vindkraftverk med en rotordiameter på 40 meter.



Figur 2. Avstånden från vindkraftverket var isfragment hittats (Cattin et al. 2007). Det längst bort funna isbiten hittades 92 meter bort. WECO-studiens beräkningsdiagram angav ett maximalt avstånd på 135 meter för samma vindkraftverk.

Enligt forskningsstudien "IceRisk" som utarbetats för att bedöma risken orsakad av isfall eller iskast från vindkraftverk eller andra höga strukturer (Bredesen, R. E., Ausland, R. H., 2015), och som är godkänd av IEA Wind TCP Task 19 (IEA Wind, 2022), så kan Seiferts ekvation för ett generellt säkert avstånd för iskast reduceras till 2/3 av den teoretiska maximala iskastlängden:

$$d_{safe,throw} = (D + H) \times 1.0$$

Genom att tillämpa samma parametrar för rotordiameter och navhöjd på ekvationen är det generella säkra avståndet för iskast:

$$d_{safe,throw} = 390 \text{ meters}$$

2.4 SANNOLIKHET FÖR ISLOSSNING OCH OLYCKSRISK

Att uppskatta sannolikheten för islossning utgör en betydande utmaning. I den schweiziska uppföljningsstudien som nämndes tidigare (Cattin et al. 2007) observerades 121 fall av islossning under en period av två år.

Suomen Tuuliatlas (Finlands vindatlas) är ett verktyg som kan användas i planeringen av vindkraftsparker och som tar hänsyn till isbildning. Vindatlasen är baserad på en numerisk vädermodell. Enligt verktyget inträffar aktiv isbildning vid Kvarnbackens vindpark cirka 380 timmar per år (cirka 4,3 % av året), vilket motsvarar IEA:s klass 2 (instrumentell isbildning mellan 1-9 %).

VTT:s verktyg "WIceAtlas" är en isbildningskarta för vindenergi som används globalt och är baserad på omfattande observationer under 20-34 år från 4500 meteorologiska stationer. Varje station har en datainsamlingsgrad som överstiger 70 % av den totala tiden för mätperioderna. Det är viktigt att notera att WIceAtlas bygger på mätningar av molnbasens höjd och temperatur, vilket gör den lämplig endast för scenarier av isbildning som härstammar från moln. Enligt WIceAtlas-kartan är området vid Kvarnbacken utsatt för höga isbildningsförhållanden, klassificerade som IEA isklass 2, med meteorologiska isbildningsförekomster som överstiger 3 % av året, i linje med Finlands vindatlas.

Baserat på befintliga studier och dimensionerna på turbinerna i Kvarnbacken är sannolikheten för olyckor som inträffar bortom 390 meter från vindkraftverken praktiskt taget obefintlig. En "olycka" definieras här som ett scenario där en ispartikel eller ett objekt, tyngre än några gram, träffar ett område på en kvadratmeter. Den största risken gäller serviceunderhållspersonal som rör sig inom

180 meter från turbinpositionerna. På en blåsig dag ökar avståndet för risken upp till 280 meter. Mellan 280–390 meter finns det ännu en olycksrisk som påverkas av frekvensen av mänsklig rörelse i området. Skogstäckets erbjuder skydd i skogsmarker.

Risken för olyckor som påverkar individer varierar betydligt beroende på mänsklig rörelse i området under vintern. Denna risk sträcker sig från en olycka vart hundra år i områden med intensiv mänsklig rörelse under vintern, till en olycka vart 100 000 år när mänsklig rörelse är sällsynt i området.

Nedan följer två exempel som ger en uppfattning om riskens omfattning, men som inte bör ses som exakta uppskattningar.

1. Att minimera mänsklig rörelse inom 390 meter från närmaste vindkraftverk (maximalt 20 personer dagligen, som spenderar en timme i området per person) minskar olycksrisken drastiskt. Under dessa förhållanden förväntas mindre än en iskastolycka på 80 000 år.
2. Regelbunden mänsklig rörelse (upp till 100 personer dagligen, som spenderar en timme i området per person), särskilt inom 100–200 meter från vindkraftverk, tyder på sannolikheten för en olycka var 2 100 år.

Med tanke på vindparkens uppskattade livslängd på cirka 25 år är förekomsten av iskastrelaterade olyckor högst osannolik.

Denna rapport undviker att specificera storleken på isbitar som orsakar sådana olyckor. Det är dock viktigt att notera att de flesta fallande isbitar är små och utgör minimal fara för individer, vilket resulterar i en minimal risk för faktiska olyckor som orsakar skador.

Risken för skada på bilister är märkbart låg eftersom fordon ger skydd vid kortvarig exponering. Den främsta oron för potentiella skador gäller serviceunderhållspersonal för vindkraftverk.

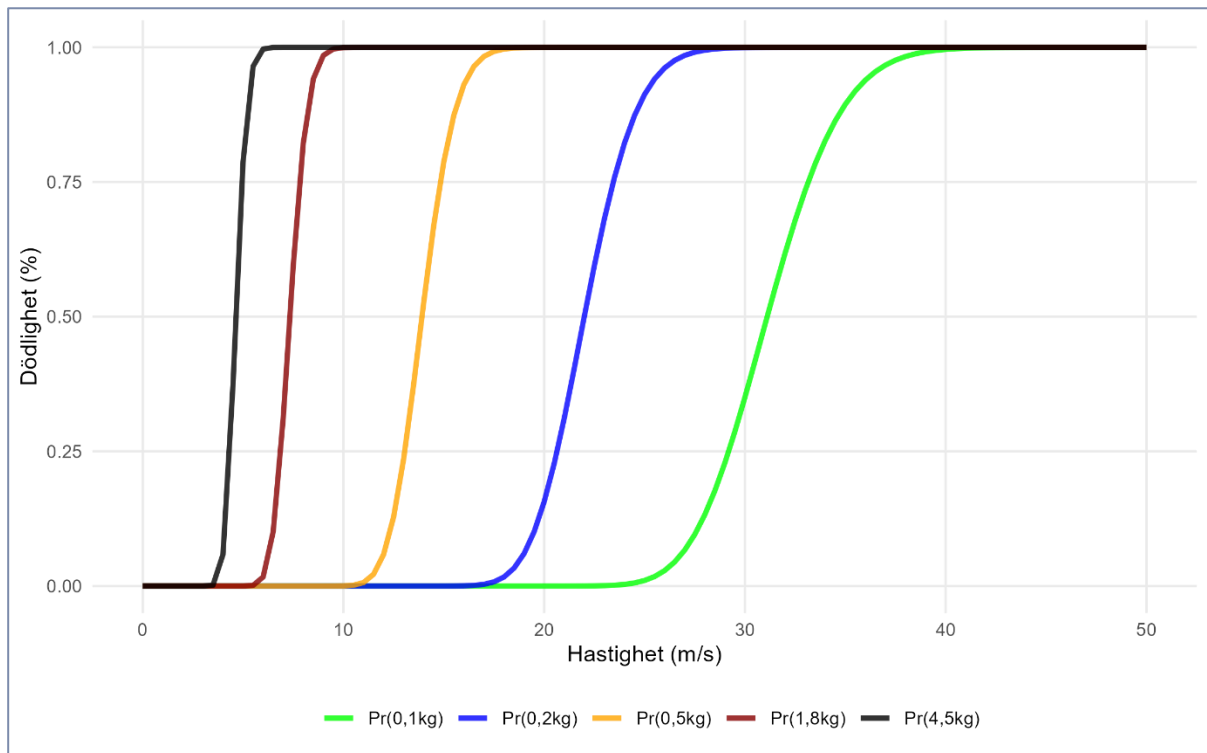
För att uppskatta sannolikheten för dödliga konsekvenser när en isbit träffar en oskyddad person, tillämpar IEA Wind Task 19 en metod i den kallade CPR 16E rapporten (Committee for the Prevention of Disasters caused by dangerous substances, 1992) som i sin tur tar hänsyn till ismassor mellan 0,1 - 4,5 kg. Formeln ges som en sannolikhetsfunktion:

$$P_{lethal} = Pr(-17.56 + 5.3 \cdot \ln S)$$

Där S är den kinetiska energin hos ett projektil med massa m och hastighet u:

$$S = \frac{1}{2}m \cdot u^2$$

Figur 3 visar korrelationen mellan dödlighet och hastighet hos isfragment för massor mellan 0,1 och 4,5 kg. Det är viktigt att notera att den största isbiten som hittats på fältet vägde 1,8 kg (Cattin et al., 2007).



Figur 3. Korrelation mellan dödlighet och isfragmentens hastighet med massor mellan 0,1 och 4,5 kg.

Genom en analys av kurvorna är det uppenbart att förhållandet mellan massa och hastighet väsentligt påverkar den potentiella dödligheten vid en olycka. Högre massor kräver lägre hastigheter för att resultera i dödliga olyckor, medan hastigheter som överstiger 40 meter per sekund utgör en dödlig fara oavsett objektets massa. Med tanke på att ett fritt fall av ett objekt från 100 meters höjd når en sluthastighet på 44 meter per sekund, är det rimligt att anta att varje träff på en oskyddad person skulle leda till dödsfall.

Genom att tillämpa samma frekvens av islossningshändelser som i studien av Cattin från år 2007 och räkna med 1 200 isbitar per vindkraftverk baserat på IEC isklass 2, har sannolikheterna för dödliga olyckor vid en tidsmässig exponering för en person beräknats och presenteras enligt LIRA-klassificeringen (Localized Individual Risk) i tabell 2. Personen antas inte ha några skydd och vistas

på området beständigt. Buffertzonerna är ställda enligt de beräknade avstånden i det föregående avsnitt.

Tabell 2. Sannolikhet för olyckor orsakade av islossning.

Buffertzon	Frekvens av islossning	Sannolikhet för dödlig träff	LIRA-klassificering
180 meter	63%	4.59E-06	Oacceptabel
280 meter	19%	9.98E-07	Hög
390 meter	18%	5.62E-07	Hög

Isfarliga zoner kategoriseras enligt LIRA-klassificeringen (Localized Individual Risk) enligt följande (IEA Wind TCP Task 19, 2022):

- Oacceptabel isrisk ($>10^{-5}$): Denna risk är oacceptabel, och åtgärder ska vidtas.
- Hög isrisk ($10^{-6} - 10^{-5}$): Välkända riskreducerande åtgärder ska implementeras.
- Acceptabel isrisk ($10^{-7} - 10^{-6}$): Risken är acceptabel. Om ytterligare typiska åtgärder för att minska risken är kända, bör de undersökas ur ett kostnads-nyttö-perspektiv.

Denna klassificering ges enligt ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable) som föreslagits av Storbritanniens hälso- och säkerhetsmyndighet (UK Health and Safety Executive).

Som kan ses i tabell 2 är LIRA-klassificeringen mycket konservativ när den tillämpas på denna vindkraftspark eftersom den förutsätter att någon vistas permanent hela vintern i detta relativt tomma område. På grund av detta beslutades att skapa ytterligare en särskild riskklassificering för vindkraftsparken Kvarnbacken. I denna nya klassificering antas det att en person vistas i riskzoner 3,8 % av vintertiden, vilket motsvarar totalt 166 timmar. Med detta antagande beskrivs riskzonerna enligt följande:

- 180 meters buffert: 4.59E-06 sannolikhet för att en dödlig olycka inträffar. Detta är en hög risk. Området påverkas av både isfall och iskast och mänsklig rörelse bör minskas.
- 280 meters buffert: 9.98E-07 sannolikhet för att en dödlig olycka inträffar. Denna risk kan anses vara acceptabel. Området påverkas främst av iskast, men även av fallande is på blåsiga dagar.

- 390 meters buffert: $5.62E-07$ sannolikhet för att en dödlig olycka inträffar. Denna risk kan anses vara acceptabel. Området påverkas endast av iskast, och sannolikheten för en träff är mycket låg.

Riskklassificeringen i denna rapport är en uppskattning, eftersom exakt information om antalet personer som använder vägar, skidbackar och friluftsleder under vintertid inte finns tillgängligt. Isriskklassificeringen baseras på vindkraftverkens för tillfället planerade maximala dimensioner. Ändringar i dessa dimensioner kan påverka riskklassificeringen. Om den slutliga kraftverksmodellen har mindre dimensioner än de planerade maximala dimensionerna så kommer riskområdena att vara mindre än de som presenteras i denna rapport.

3 ISRISKIDENTIFIERING OCH HANTERING

Isbildning på vindkraftverkets rotorblad detekteras vanligtvis genom avvikelser som observeras i vindkraftverkets effektkurva eller genom vibrationspåverkan. Hanteringen av islossningsrisker varierar bland turbinleverantörer. Om ett vindkraftverk är utrustat med ett avisnings eller anti-issystem (de-icing eller anti-icing system), värms bladen upp vid isdetektering. För turbiner utan ett dedikerat avisningssystem utlöses automatiska eller manuella avstängningsprocedurer av övervakningssystemet vid betydande isackumulering på bladen. Islossning sker ofta under turbinens avstängning eller omstart. Detta sker eftersom bladen är böjda under påverkan av vindens kraft vid rotation, och tenderar att sedan återgå till sin ursprungliga position när turbinen stannar. Vid omstart kan denna böjande rörelse lossa isen, vilket gör att den faller av relativt snabbt och över ett kortare avstånd. Alternativt kan manuella isborttagningsmetoder eller skakningsmekanismer användas, vilka vanligtvis kräver manuell omstart av turbinen efter isrengöring. I vissa fall kan ett isdetekteringssystem kombineras med en varningsmekanism som tänder varningslampor när isfaror upptäcks, vilket minimerar mänsklig aktivitet i det drabbade området. Även om många vindkraftverkstillverkare erbjuder värmesystem för rotorbladen, är deras nödvändighet eller ekonomiska lönsamhet begränsad i regioner såsom kustområden i Finland på grund av minimal risk för olyckor och produktionsförluster.

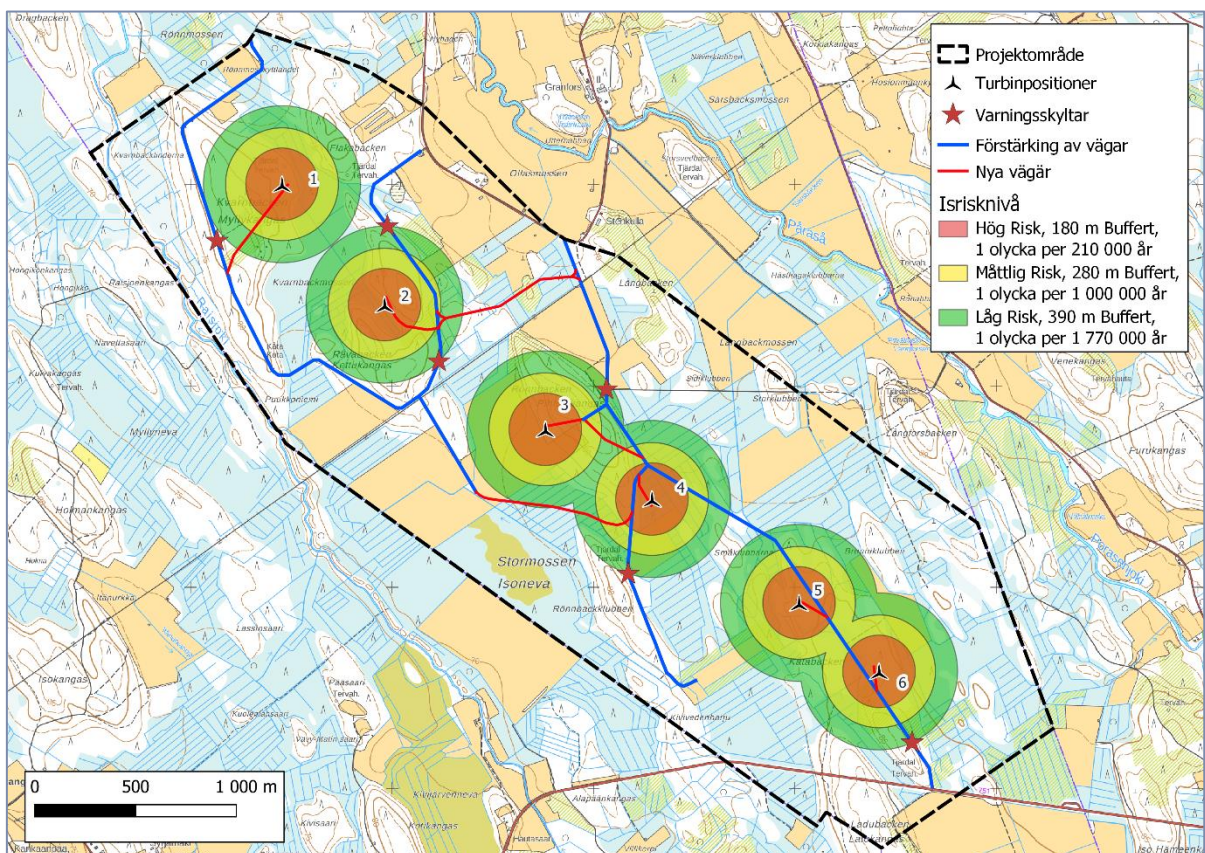
Varningssystem kan implementeras i form av skyltar på vägsträckor eller varningsljus kopplade till vindkraftverkens isdetekteringssystem. Varningsskyltar kan minska riskfaktorn med en faktor tio och varningslampor med en faktor hundra (IEA Wind TCP Task 19, 2022). Denna rapport refererar tillsammans till dessa strategier som "System för hantering av isrisker". Tillsammans med implementeringen av ett varningssystem för isfara skulle risknivåerna enligt LIRA-klassificeringen minska till en acceptabel nivå.

4 ISRISK I KVARNBACKENOMRÅDET

Vindkraftsparken Kvarnbacken är utsatt för en relativt låg risk för isrelaterade incidenter. Vissa vägar och stigar i närheten kräver dock försiktighetsåtgärder för att minimera risken för potentiella olyckor.

Kartan i figur 4 visar de områden inom vindkraftparken som är utsatta för iskasts och isfallsrisker. Rekommendationer för platser att installera varningsskyltar och lampor på är även markerade på kartan, med syfte att begränsa rörelse i dessa områden under perioder med ökad risk för islossning.

Efter bedömningen har det fastställts att tre av vindkraftverken förväntas orsaka stor risk för isfall eller iskast på delar av vägen som går genom planområdet. Samtliga sex vindkraftverk orsakar också en måttlig risk för att is ska träffa andra skogsvägar och stigar innanför planområdet. För att minska dessa risker presenteras rekommendationer i avsnitt 5.



Figur 4. Karta över iskasts och isfallsrisker i Kvarnbacken samt föreslagna platser för varningsskyltar.

Beräkningen av isfarliga områden baseras på de för tillfället maximalt planerade dimensionerna för vindkraftverken i Kvarnbackens vindpark (rotordiameter 180 meter, navhöjd 210 meter). Det är viktigt att notera att förändringar i kraftverkens dimensioner kan påverka storleken på isfariozonerna. Om dimensionerna på den slutliga kraftverksmodellen är mindre än de maximala kraftverksdimensionerna kommer riskområdena att vara mindre än de som presenteras i denna rapport.

5 REKOMMENDATIONER

Följande åtgärder rekommenderas för att minimera risken som orsakas av iskast och isfall i vindkraftparken:

1. Utrusta alla vägar, vandringsleder, snöskoterleder eller liknande rutter inom en radie av 390 meter från kraftverken med varningsskyltar. Figur 4 visar de föreslagna skyltarnas placeringar. Säkerställ att eventuella rastplatser placeras på tillräckligt avstånd.
2. Inför hjälmtvång för personer som arbetar inom kraftverksområdet året runt. Utarbeta en säkerhetsplan för driften av vindkraftverken, inklusive riktlinjer för arbete som sker nära kraftverken under vintertid.

Som ytterligare åtgärder kan följande metoder också användas:

3. Installation av bommar längs servicvägarna som leder till vindkraftverken. Dessa bommar ska ha informationsskyltar och varningsskyltar som beskriver riskerna för isfara kopplade till vindkraftkraftverken.
4. Förse varningsskyltarna med ljus som är kopplade till vindkraftverkens isdetekteringssystem.

6 REFERENSER

Bredesen, R. E., Ausland, R. H. (2015). "Methods for evaluating risk caused by ice throw and ice fall from wind turbines and other tall structures". Tillgängligt:

https://windren.se/IWAIS_p/IWAIS2015/IWAIS2015_pa/38_13_03_Paper_Bredesen_Methods_for_evaluating_risk_caused_by_ice_throw_and_ice_fall_from_wind_turbines_and_other_tall_structures.pdf

Butt, B., Dalen, E. V., Lundsbakken, M., (2018). "Iskast fra vindturbiner". Tillgängligt:

http://publikasjoner.nve.no/veileder/2018/veileder2018_05.pdf

Cattin, R. ym., (2007). "Wind turbine ice throw studies in the Swiss alps". Retrieved from

https://www.researchgate.net/profile/Rene_Cattin/publication/228491358_Wind_turbine_ice_throw_studies_in_the_Swiss_Alps/links/02e7e52a01fae2907e000000/Wind-turbine-ice-throw-studies-in-the-Swiss-Alps.pdf

Hutton, G. (2013) "The applications of ice throw modelling to risk assessment and planning in cold climates". Tillgängligt: http://windren.se/WW2013/27_Hutton_Gail_Winterwind_2013.pdf

IEA Wind TCP Task 19. (2022). "International Recommendations for Ice Fall and Ice Throw Risk Assessments". 13. Wind Energy in Cold Climates. Revision 1, Edition 2022. Tillgängligt:

<https://iea-wind.org/wp-content/uploads/2022/09/Task-19-Technical-Report-on-International-Recommendations-for-Ice-Fall-and-Ice-Throw-Risk-Assessments.pdf>

Kurikan kaupunki (2014). "Hiihtolatureitistö Säläisjärvi – Polvenkylä". Tillgängligt:

http://www.kurikka.fi/files/Kuvitus/Kartta_SalaisjarviPolvenkyla_22_8_2014.jpg.

Müller, S., Bourgeois S. (2017). "Unique data set of fallen ice pieces or thrown from wind turbines". WindEurope Conference, Poster 139.

Seifert, H. ym. (2003). "Risk analysis of ice throw from wind turbines".

Suomen Tuuliatlas (2011). Tillgängligt: <http://tuuliatlas.fmi.fi/fi/>.

Tammelin, B. ym. (1998). "Wind energy production in cold climate".

Wind Power Icing Atlas – WIceAtlas (2023). Tillgängligt: <http://virtual.vtt.fi/virtual/wiceatla/>.

7 BILAGA 1

För att minska riskerna relaterade till iskast och isfall rekommenderas åtgärder såsom att placera varningsskyltar vid in- och utfartspunkterna till isfaronerna. De exakta koordinaterna för varje varningsskylt finns listade i Tabell 3 och dess platser illustrerade på iscasts- och isfallsriskkartan i Figur 4. Dessa skyltar ska placeras strategiskt för att säkerställa god synlighet för både fordonsförare och fotgängare, och de ska tydligt indikera faran för att bli träffad av fallande isfragment. Dessutom kan ytterligare åtgärder vidtas för att minimera mänsklig rörelse och på så sätt ytterligare minska risken för olyckor. Dessa ytterligare åtgärder kan exempelvis innefatta installation av varningsljus som är kopplade till vindkraftverkens isdetekteringssystem, som beskrivs i avsnitt 3.

Tabell 3. Förslag på placering av varningsskyltar

Varningsskylt	Koordinat Norr (ETRS TM35FIN)	Koordinat Öster (ETRS TM35FIN)
1	331977	7035793
2	332232	7035121
3	333064	7034982
4	334581	7033228
5	331131	7035720
6	333172	7034066