

## Rapport

# NYE HITRA 1 VINDKRAFTVERK - KU - ISKAST

### OPPDRAAGSGIVER

Statkraft Energi AS

### EMNE

KU - Iskast

DATO / REVISJON: 3/15/2026 / 02

DOKUMENTKODE: 10258198-01-RIEn-RAP-002



Multiconsult



Dette dokumentet har blitt utarbeidet av Multiconsult på vegne av Multiconsult Norge AS eller selskapets klient. Klientens rettigheter til dokumentet er gitt i den aktuelle oppdragsavtalen eller ved anmodning. Tredjeparter har ingen rettigheter til bruk av dokumentet (eller deler av det) uten skriftlig forhåndsgodkjenning fra Multiconsult med mindre annet følger av norsk lov. Multiconsult påtar seg intet ansvar for bruk av dokumentet (eller deler av det) til andre formål, på andre måter eller av andre personer eller enheter enn det som er godkjent skriftlig av Multiconsult. Deler av dokumentet kan være beskyttet av immaterielle rettigheter og/eller eiendomsrettigheter. Kopiering, distribusjon, endring, behandling eller annen bruk av dokumentet er ikke tillatt uten skriftlig forhåndssamtykke fra Multiconsult eller annen innehaver av slike rettigheter med mindre annet følger av norsk lov.



# Rapport

|                |                                                 |                 |                               |
|----------------|-------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------|
| OPPDRAAG       | <b>Hitra 1 vindkraftverk – fornying/repower</b> | DOKUMENTKODE    | 10258198-01-RIEn-RAP-002      |
| EMNE           | KU - Iskast                                     | TILGJENGELIGHET |                               |
| OPPDRAAGSGIVER | Statkraft Energi AS                             | OPPDRAAGSLEDER  | Håvard Finanger               |
| KONTAKTPERSON  | Henriette Rogde Haavik                          | UTARBEIDET AV   | Martine Bjugg, Eivind Holmvik |
| KOORDINATER    | Sone: / Øst: / Nord:                            | ANSVARLIG ENHET | 10234052 Vindkraft Midt       |
| GNR./BNR./SNR. | / /                                             |                 |                               |

## SAMMENDRAG

På oppdrag fra Statkraft Energi AS er det utført en vurdering av iskast for nye Hitra 1 vindkraftverk, i Hitra kommune, Trøndelag fylke.

Analysen er gjort i henhold til fastsatt utredningsprogram fra Hitra kommune og NVE. Rapporten vurderer risiko knyttet til iskast fra vindturbiner og følger retningslinjene i NVE sin veileder nr. 5/2018 – *Iskast fra vindturbiner*.

Det planlegges installasjon av inntil 15 nye turbiner med totalhøyde inntil 220 meter og rotordiameter inntil 175 meter. Beregninger viser at risikosonene for iskast vil øke sammenlignet med dagens situasjon, men hoveddelen av disse sonene ligger innenfor konsesjonsområdet til Hitra 2. Kun mindre arealer utenfor dette området blir berørt, og det er ikke identifisert bebyggelse som påvirkes.

Iskast oppstår hovedsakelig ved oppstart etter stillstand, og risikoen er størst for driftspersonell. Sannsynligheten for at uvedkommende skal oppholde seg i området under isingsforhold er liten, blant annet grunnet værforhold og begrenset ferdsel. NVEs isingskart indikerer 100–250 timer med isingsforhold per år.

For dagens anlegg er det allerede etablert sikkerhetstiltak og skilting. Sikringstiltakene vil videreføres og tilpasses de nye turbinene. Det anbefales å gjennomføre mer detaljerte vurderinger av kastelengder og sikkerhetssoner når turbintype og plassering foreligger i detaljplanfasen, samt å styrke varsling og informasjonstiltak der det er nødvendig.

|      |          |                                                                        |                               |                 |                  |
|------|----------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|
|      |          |                                                                        |                               |                 |                  |
| 02   | 16.03.26 | Endelig versjon etter mindre justeringer                               | Martine Bjugg                 | Håvard Finanger | Håvard Finanger  |
| 01   | 13.02.26 | Oppdatering av figurer, og revisjon etter tilbakemelding fra Statkraft | Martine Bjugg                 | Håvard Finanger | Silje Aunehaugen |
| 00   | 21.11.25 | Første utkast rapport                                                  | Martine Bjugg, Eivind Holmvik | Håvard Finanger | Silje Aunehaugen |
| REV. | DATO     | BESKRIVELSE                                                            | UTARBEIDET AV                 | KONTROLLERT AV  | GODKJENT AV      |



## INNHALDSFORTEGNELSE

|          |                                                              |           |
|----------|--------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Innledning .....</b>                                      | <b>5</b>  |
| <b>2</b> | <b>Generell beskrivelse av iskast fra vindturbiner .....</b> | <b>5</b>  |
| 2.1      | Hva er iskast? .....                                         | 5         |
| 2.2      | Hvordan oppstår iskast? .....                                | 5         |
| 2.3      | Kastlengder .....                                            | 6         |
| <b>3</b> | <b>Risikoanalyse for nye Hitra 1 vindkraftverk .....</b>     | <b>7</b>  |
| 3.1      | Områdebeskrivelse .....                                      | 7         |
| 3.2      | Turbinspesifikasjoner .....                                  | 7         |
| 3.3      | Beregning av kastlengder og risiko .....                     | 8         |
| 3.3.1    | Teoretisk kastelengde for nye Hitra 1 .....                  | 8         |
| 3.3.2    | Dagens situasjon .....                                       | 9         |
| 3.4      | Risiko .....                                                 | 9         |
| <b>4</b> | <b>Ferdselsbegrensninger og varslingstiltak .....</b>        | <b>10</b> |
| <b>5</b> | <b>Referanser .....</b>                                      | <b>12</b> |



## 1 Innledning

Hitra 1 vindkraftverk i Hitra kommune, Trøndelag fylke, ble satt i drift i 2004 og nærmer seg slutten av sin levetid. Statkraft ønsker å fase ut og erstatte dagens Hitra 1 med et nytt vindkraftverk, nye Hitra 1 vindkraftverk.

Som en del av konsekvensutredningen for nye Hitra 1 vindkraftverk er det utarbeidet en egen rapport som vurderer risikoen for iskast. Analysen følger retningslinjene i NVE sin veileder nr. 5/2018 – Iskast fra vindturbiner, og utredes i henhold til planprogram fastsatt av Hitra kommune og utredningsprogram fastsatt av NVE.

Rapporten tar for seg hvordan iskast kan oppstå, sikkerhetsavstand og hvilke tiltak som kan settes inn for å gjøre området tryggere. Det handler blant annet om å begrense ferdsel i utsatte områder, sette opp varselsskilt og bruke tekniske løsninger som reduserer faren for iskast.

Hitra 1 vindkraftverk er lokalisert på samme fjellområde som Hitra 2. Hitra 2 ble etablert i 2019 og vil driftes videre når konsesjonsperioden for dagens Hitra 1 utløper. I rapporten sammenlignes den planlagte utbyggingen med både dagens situasjon, der Hitra 1 og Hitra 2 eksisterer parallelt og med nullalternativet, som innebærer videre drift av Hitra 2 alene uten ny utbygging av Hitra 1. Dette gir et grunnlag for å vurdere hvordan risikoen for iskast endres ved en eventuell utbygging og hvilke tiltak som kan være nødvendige for å opprettholde sikkerheten.

## 2 Generell beskrivelse av iskast fra vindturbiner

### 2.1 Hva er iskast?

Ved alle norske vindkraftverk kan det i enkelte perioder dannes is på vindturbinene. Denne isen kan enten falle rett ned eller bli kastet ut fra turbinen. Dette kalles iskast. Iskast kan utgjøre en risiko for personer, dyr, kjøretøy, bygninger og veier som befinner seg i nærheten av vindturbinene.

Sannsynligheten for at en person skal bli truffet av iskast er svært lav, men dersom det skjer kan skadeomfanget være alvorlig. Det er derfor viktig å ta hensyn til iskast i både planlegging og drift av vindkraftanlegg.

### 2.2 Hvordan oppstår iskast?

Is kan dannes på alle typer konstruksjoner når bestemte kombinasjoner av temperatur, fuktighet og vind er til stede. Dette kalles atmosfærisk ising. Under slike klimatiske forhold kan det oppstå is på vindturbinens tårn, maskinhus (nacelle) og rotorblader. Isen dannes når fuktig luft fra skyer eller nedbør, som regn og snø, fryser fast til turbinen.

Mengden og typen is som dannes avhenger av de lokale værforholdene. På grunn av høydeforskjellen mellom vindturbinen og bakken kan det oppstå ising på turbinen selv om bakken er snø- og isfri. Klimatiske forhold kan variere betydelig selv innenfor et lite område, noe som gjør at omfanget av ising kan være ulikt mellom turbinene i samme vindkraftverk.

Vindkraftverkets geografiske plassering har stor betydning for hvor mye is som dannes. NVEs isningskart gir en indikasjon på hvor stor isdannelse som kan forventes på ulike steder i landet. Det er viktig å understreke at antall isingsperioder som inntreffer på et bestemt sted varierer mye fra år til år.



## 2.3 Kastlengder

Is som har dannet seg på en vindturbin kan løsne eller forsvinne som følge av vibrasjoner, tyngdekraft, vind, nedbør, erosjon, sublimasjon eller smelting. I tillegg kan is fjernes ved hjelp av ulike tekniske avisingsystemer. Hvor lenge isen blir værende etter at isingsperioden er over, avhenger av værforholdene. Sol, mildvær og sterk vind kan bidra til at isen forsvinner raskt, mens kaldt vær, lite sol og svak vind kan føre til at isen blir liggende over lengre tid. I slike tilfeller kan det bygge seg opp store mengder is, særlig dersom nye isingsperioder oppstår før all is fra forrige periode er borte.

Det er flere faktorer som påvirker hvor is som løsner fra vindturbinen treffer bakken. Dette kan blant annet være turbinens og isklumpens fysiske egenskaper, værforhold og terrenget rundt. Is som faller fra tårnet eller fra en stanset turbin vil som regel lande rett under turbinen. Ved sterk vind kan imidlertid isklumpene transporteres lenger vekk fra vindturbinen før de treffer bakken. Isklumper som kastes fra rotorblader i bevegelse kan nå enda større avstander. Generelt vil mengden isklumper som treffer bakken avta med økende avstand fra turbinen.

På slutten av 1990-tallet ble det samlet inn empiriske data fra flere europeiske vindkraftverk (Tammelin et al. 1996–1998). Basert på dette arbeidet ble det utviklet en teoretisk formel for maksimal kastelengde for iskast fra vindturbiner, kjent som Seiferts formel. Denne formelen har vært mye brukt i risikovurderinger og gir konservative estimater for sikkerhetssoner rundt turbiner.

**Seiferts formel** (teoretisk maksimal kastelengde):

$$L = 1,5 \times (H + D)$$

Her er:

- $L$  kastelengde
- $H$  tårnhøyde
- $D$  rotordiameter

Nyere empiriske studier viser imidlertid at observerte kastelengder ofte er betydelig kortere enn det som beregnes med Seiferts formel (Cattin 2012; Energimyndigheten 2017). På bakgrunn av dette er det utviklet en forenklet og mer realistisk tilnærming.

**Maksimal observert kastelengde:**

$$L = 1,0 \times (H + D)$$

Ved stor høydeforskjell mellom turbin og omkringliggende terreng, bør høydeforskjellen legges til  $H$  i formelen (Bredesen & Refsum 2015).

Det er viktig å påpeke at det fortsatt pågår empirisk forskning på iskast fra vindturbiner, men datainnsamling er utfordrende på grunn av sikkerhetsrisiko og vanskeligheter med å finne isklumper i snø. Isklumper kan også knuses i lufta eller ved nedslag, noe som øker usikkerheten. Derfor er den faktiske maksimale kastelengden ikke kjent, men forskning tyder på at isklumper ikke når den teoretiske kastelengden beregnet med Seiferts formel.

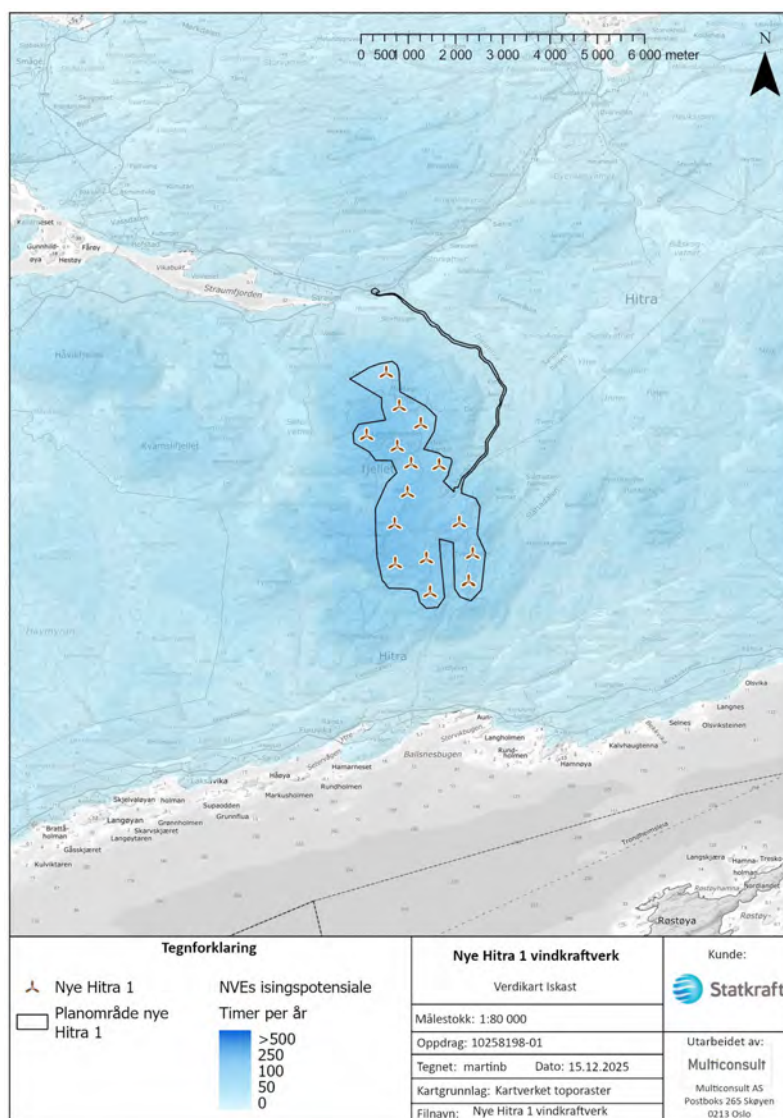


### 3 Risikoanalyse for nye Hitra 1 vindkraftverk

#### 3.1 Områdebeskrivelse

Nye Hitra 1 er planlagt på Eldsfjellet, et fjellplatå over tregrensen (210–313 m.o.h.) omtrent midt på øya Hitra, sørvest i Trøndelag fylke. Terrenget på Eldsfjellet er småkupert med flere små vann. Det ligger i et område med kystklima, der isingsforhold kan oppstå i vinterhalvåret. Kombinasjonen av høy luftfuktighet, lave temperaturer og vind gjør at det er sannsynlig at is kan dannes på rotorbladene.

I henhold til NVEs isingskart vil området på Eldsfjellet oppleve mellom 100–250 timer iskast per år. Se Figur 3-1 for isingspotensiale for Hitra.



Figur 3-1: NVEs isingspotensiale for området.

#### 3.2 Turbinspesifikasjoner

Utleget og turbinene som er lagt til grunn i denne rapporten har følgende spesifikasjoner:

- Antall turbiner: 15
- Totalhøyde: Inntil 220 meter (målt fra bakken til øverste punkt på rotorbladet)
- Rotordiameter (D): Inntil 175 meter



- Tårnhøyde (H): Ca. 132,5 meter
- Klimatiske forhold: Området har kystklima med potensial for ising i vinterhalvåret

Turbinutlegget illustreres i Figur 3-1.

Disse spesifikasjonene danner grunnlaget for beregning av kastelengde ved iskast, og for vurdering av nødvendige sikkerhetssoner og tiltak.

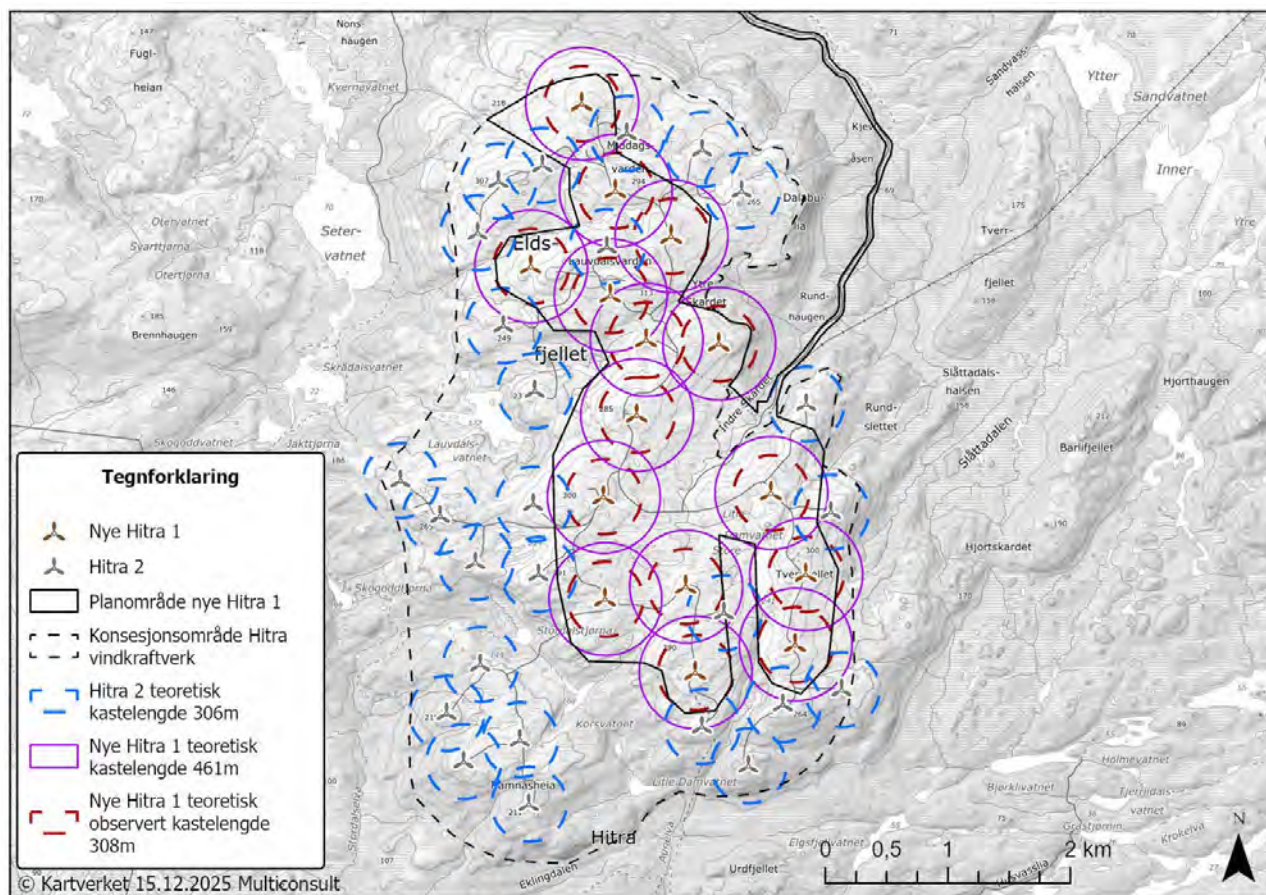
### 3.3 Beregning av kastlengder og risiko

#### 3.3.1 Teoretisk kastelengde for nye Hitra 1

På grunnlag av at det ikke foreligger en standardisert metode for beregning av kastelengde ved iskast fra vindturbiner er det, for å sikre en robust vurdering, brukt begge formlene presentert i kapittel 2.3 i analysen. Resultatene viser følgende beregnede maksimalverdier med de turbinspesifikasjonene i kapittel 3.2:

- Seiferts formel: 465 meter
- Formel basert på observerte kastelengder: 308 meter

Figur 3-2 viser de beregnede lengdene. For en helhetlig vurdering er Hitra 2 inkludert i figuren og risikovurdering. Disse turbinene har lavere tårnhøyde (87 meter) og mindre rotordiameter (117 meter), noe som medfører kortere kastelengder. For å forenkle fremstillingen er kun Seiferts formel benyttet for Hitra 2, med en beregnet maksimal kastelengde på 306 meter.

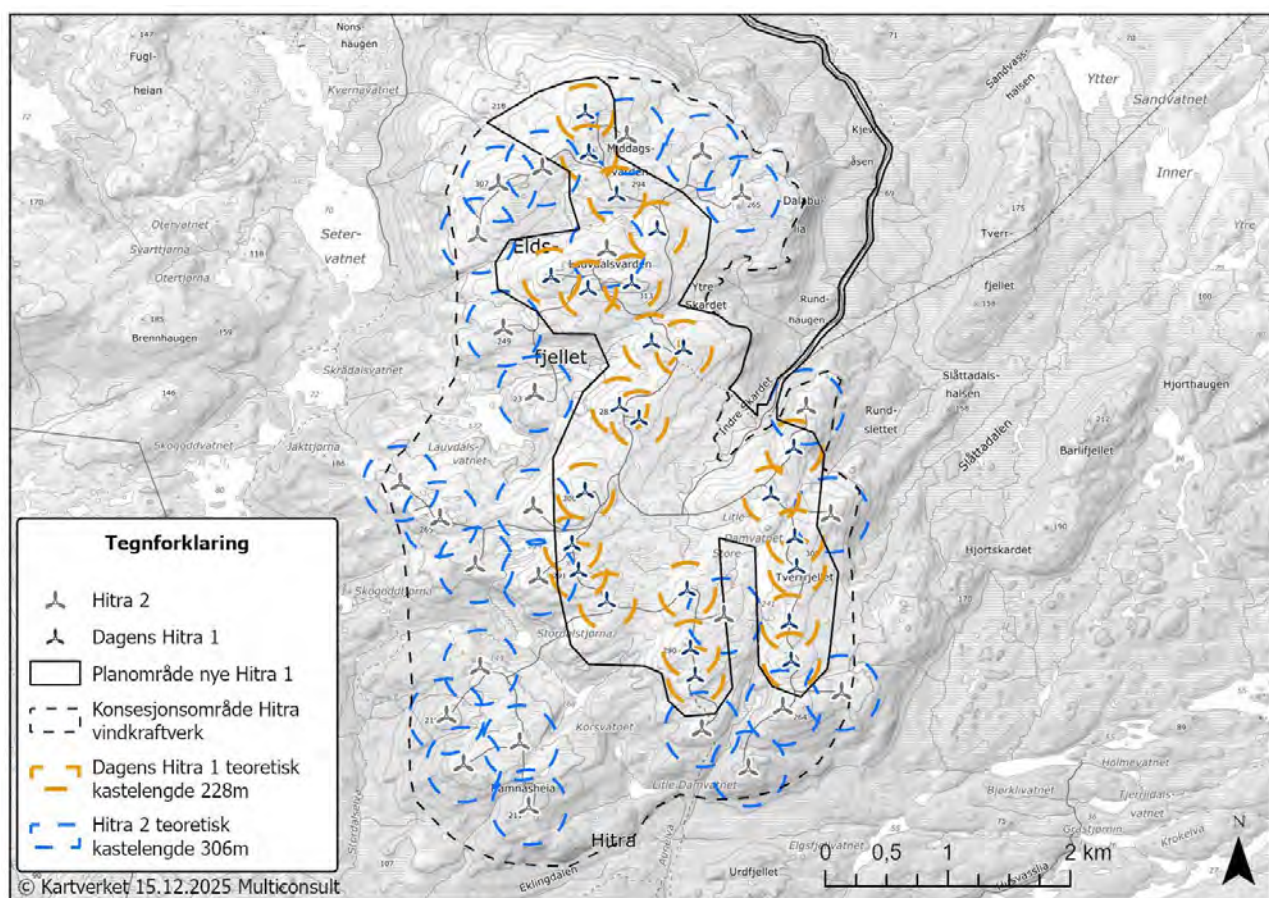


Figur 3-2: Teoretisk kastelengde for nye Hitra 1. Lilla strek er beregnet med Seiferts formel. Rød strek er beregnet med observert formel. For Hitra 2 turbinene er det benyttet Seiferts formel.

Man ser at kastelengden så vidt strekker seg utover planområdet på enkelte steder, men majoriteten ligger innenfor planområdet. Nesten hele arealet for kastelengdene er innenfor konsesjonsområde til Hitra 2. Det er ingen hus eller bebyggelse som havner i faresonen. Eventuelle farer vil være for de som oppholder seg innenfor planområdet, enten i forbindelse med friluftsliv eller drift av anlegget.

### 3.3.2 Dagens situasjon

Som sammenligningsgrunnlag for mengden iskast og utvidelse av iskast er det gjort beregninger for dagens situasjon med eksisterende Hitra 1 og Hitra 2. Det er bare benyttet Seiferts formel som overvurderer kastelengde. Hitra 1 turbinene har en rotordiameter på 82 meter og en tårnhøyde på 70 meter. Med Seiferts formel får man da en kastelengde på 228 meter for Hitra 1, og 306 meter for Hitra 2. Man ser av Figur 3-3 kastelengdene.



Figur 3-3: Dagens teoretiske situasjon. Kastelengdene er beregnet med Seiferts formel.

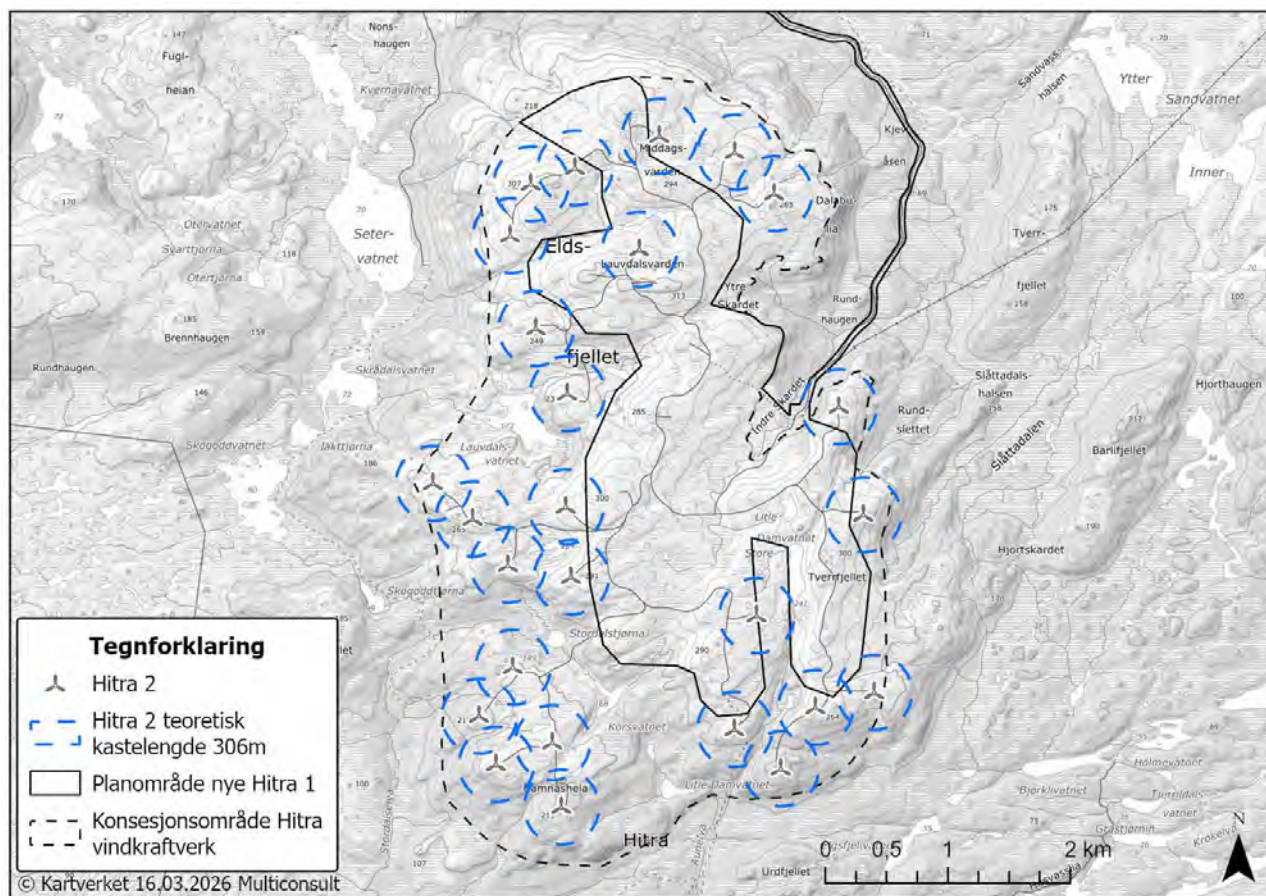
Figurene viser at risikosonene øker ved utbyggingen av nye Hitra 1, noe som er forventet ettersom turbinene blir høyere. Likevel er det kun mindre arealer utenfor konsesjonsområdet til Hitra 2 som påvirkes. Siden det allerede finnes et etablert vindkraftverk i området, er det innført rutiner og sikkerhetstiltak for å håndtere risiko knyttet til iskast. Disse tiltakene vil kunne videreføres og tilpasses de nye turbinene for å ivareta sikkerheten på en effektiv måte.

### 3.3.3 Nullalternativet

Siden konsesjonen for gamle Hitra 1 vindkraftverk snart går ut på dato, vil nullalternativet være et Hitra vindkraftverk med kun Hitra 2. Dette innebærer fjerning av de 24 vindturbinene i dagens Hitra 1 slik at kun de 26 vindturbinene i Hitra 2 står igjen.



Ved beregning av kastlengder for nullalternativet er det bare benyttet Seiferts formel. Hitra 2 turbinene har en rotordiameter 117 meter og en tårnhøyde på 87 meter. Med Seiferts formel får man da en kastlengde på 306 meter. Se figur x for illustrasjon av kastelengdene.



Figur 3-4: Teoretiske kastlengder for nullalternativet. Kastlengder er beregnet med Seiferts formel.

Figuren viser at dersom Hitra 1 fjernes og det ikke bygges en ny Hitra 1, vil risikosonene for iskast reduseres. Dette er som forventet, siden det vil være færre turbiner i området og disse vil dekke et mindre areal. Kun små områder utenfor dagens konsesjonsområde havner da innenfor risikosonene.

Sammenlignet med et scenario med nye Hitra 1, ser man at Hitra 2 i stor grad danner en yttergrense for risikosonene. Det er derfor begrensede arealer utenfor konsesjonsområdet som påvirkes av en ny utbygging, de fleste risikosonene ligger fortsatt innenfor det eksisterende konsesjonsområdet.

### 3.4 Risiko

Snø og is som faller fra maskinhus havner erfaringsmessig innenfor en radius på 100 meter. Ved sterk vind kan isen kastes lenger. Iskast fra turbinbladene og nedfall fra maskinhus kan medføre alvorlige konsekvenser for liv og helse, inkludert risiko for personskader eller i verste fall dødsfall. Risikoen for materielle skader vurderes derimot som lav og det er ikke identifisert bygninger eller konstruksjoner som er særlig utsatt, utover driftskjøretøy og utstyr som benyttes innenfor planområdet.

Sannsynligheten for at mennesker skal bli truffet av snø/is eller iskast vurderes som lav. Dette skyldes både begrenset ferdsel i området under risikoperioder og tiltak som skilting og sikkerhetssoner. Det er allerede skiltet om fare for iskast for de eksisterende turbinene, og det vil bli etablert nye skilt ved de nye turbinene for både iskast og nedfall av snø/is.

Basert på NVEs isingskart er det anslått at isingsforhold kan oppstå i omtrent 100–250 timer per år. I disse periodene kan iskast forekomme. Selv om iskast vurderes å kunne skje årlig, anses risikoen for



personskader som lav. Dette skyldes at faren er sterkt avhengig av årstid, vær- og vindforhold, samt hvor mange personer som oppholder seg i området.

Området har registrerte turstier, og er definert som friluftsområde. Erfaring fra driftspersonell viser at området ikke er mye brukt, selv om det har vært en økning i bruk de siste årene, særlig av personer på elsykkel. Den lange adkomstveien gjør området lite attraktivt for fotgjengere. Trafikken er størst om sommeren, mens isingsforhold typisk oppstår under værforhold (og årstider) hvor folk sjelden oppholder seg i området.

For Hitra vindkraftverk skjer varsling av iskast gjennom et automatisk varslingsystem som beregner sannsynligheten for ising og iskast de neste 48 timene. Systemet oppdateres hver sjettede time og bygger på meteorologiske værmodeller kombinert med data fra vindturbinene i vindparken. Varselet fungerer som et supplement til fysisk skilting i området, som angir sikkerhetsavstand og advarer om fare for ising og iskast. Skiltingen gjelder uavhengig av digitalt risikonivå, ettersom det fortsatt kan forekomme fallende is, istapper eller lokale forhold som ikke fanges opp i modellen.

Erfaring fra drift sier at ising oppstår oftest når turbinene står stille. Den største faren for iskast er ved oppstart etter en periode med stillstand. Drift- og vedlikeholdspersonell er klar over denne risikoen og det er utarbeidet rutiner som tar nødvendige forholdsregler. Nettopp fordi de er bevisste på risikoen og følger interne prosedyrer, opplever de ikke ising som et betydelig problem i praksis. Det er observert lite ising når turbinene er i drift.

Den største risikoen for å bli truffet av iskast gjelder driftspersonell. Risikoen for at uvedkommende skal befinne seg i området under slike forhold er liten, og sannsynligheten for skade på tredjeparter vurderes derfor som lav.

Dagens vindturbiner har en sikkerhetssone på 300 meter. Det er sannsynlig at sikkerhetssonen for de nye turbinene ved Hitra 1 vil bli enda større, noe som ytterligere reduserer risikoen for skade.

## 4 Ferdselsbegrensninger og varslings tiltak

For å redusere risikoen for ising og sikre kontinuerlig drift av vindturbinene, kan det benyttes tiltak som avisning og anti-ising av turbinblader. Slike systemer kan redusere omfanget av ising betydelig, men de eliminerer ikke risikoen for iskast fullstendig. På grunn av at forventet ising er forholdsvis lav er det ikke antatt av det vil være nødvendig med avisning eller anti-ising.

Det er allerede satt opp skilting ved innfartspunktene til området for å varsle om fare for iskast og nedfall av snø/is. Man kan bl.a. gjennom å skanne en QR-kode få direkte oppdatering om fare for ising. Der det blir nødvendig for de nye turbinene, bør det vurderes å etablere ytterligere tiltak, inkludert:

- Skilting og informasjon om fare for iskast og snø-/isnedfall.
- Driftsrutiner som inkluderer overvåking av værforhold og varsling ved økt risiko.
- Detaljerte vurderinger av maksimal kastelengde for iskast, som grunnlag for utforming og plassering av varsel- og informasjonsskilt.

Foreløpige vurderinger av kastelengder er gjort, men det anbefales å gjennomføre mer detaljerte analyser når turbintype og plassering foreligger i deltaljfasen. Disse bør sammenlignes med erfaringer fra dagens Hitra (1 og 2) vindkraftverk og bruke dette som grunnlag for å fastsette sikkerhetssoner og utarbeide informasjonsmateriell og skilting.



## 5 Referanser

Seifert, Westerhellweg & Krönig (2003). *Risk analysis of ice throw from wind turbines*. DEWI Magazin.

Cattin, R. (2012). *Ice throw studies in Switzerland*. Meteotest.

Energimyndigheten (2017). *Isbildning på vindkraftverk – risker och rekommendationer*.

Bredesen, R.E. & Refsum, H. (2015). *Iskast fra vindturbiner – vurdering av risiko og tiltak*. Multiconsult.

IEA Wind Task 19. *Wind Energy in Cold Climates*.