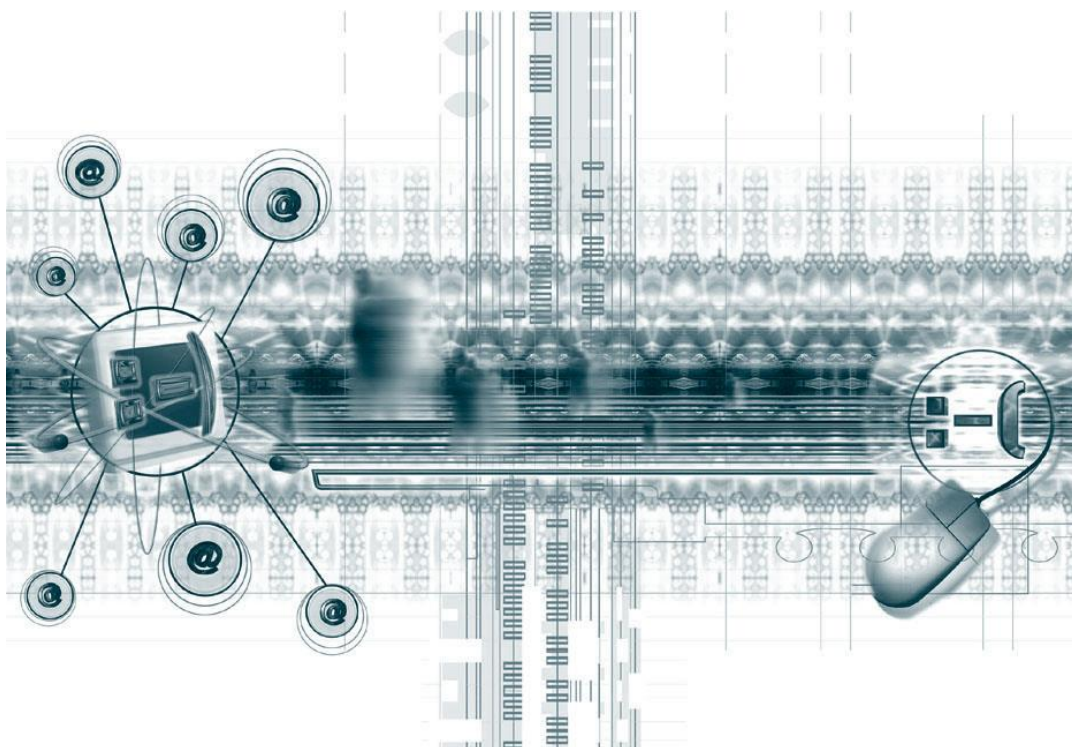




**Teleplan**  
**CONSULTING**

## **Tindafjellet / Skurvenuten vindkraftverk og NTVs kringkasting**



30.06.2017

Versjon 1

## Sammendrag

# Tindafjellet / Skurvenuten vindkraftverk og NTVs kringkasting

### Bakgrunnsinformasjon

Det planlegges bygget fem vindkraftverk i Gjesdal kommune i Rogaland. NTV leverer kringkasting av TV-signaler til dette området.

I forbindelse med den planlagte utbyggingen, har Teleplan fått i oppdrag av Asko fornybar AS å utføre en studie for å:

- Utrede hvorvidt det er behov for avbøtende tiltak relatert til kringkasting
- Vurdere avbøtende tiltak som kan redusere eller eliminere eventuelle konsekvenser.

Denne rapporten vurderer hvorvidt noen av vindkraftverkene på Tindafjellet / Skurvenuten kommer i konflikt med NTVs kringkasting i området.

### Kringkasting av TV-signaler

Sikker avstand mellom spissen på et vindturbinblad på Tindafjellet / Skurvenuten vindkraftverk og siktlinjen fra NTVs radiosender til en TV-mottakerantenne tilsvarer ca 30 meter. Generelt for vindparken står vindturbinene i sikker avstand fra en radiotransmisjonssektor hvis tårnet står minst 100 m fra siktlinjen mellom TV-sender og TV-mottakerantenne.

Et lite område nord for Tindafjellet med fem bosetninger har kun radiodekning fra Bjerkreimssenderen samtidig som de har en vindturbin som ligger i siktlinjen mot TV-senderen. Disse fem bosetningene tilfredsstiller derfor kriteriene til at forstyrrelser i TV-bildet kan forekomme.

### Avbøtende tiltak

Hvis de identifiserte bosetningene ikke har forstyrrelser i TV-signalet i dag, men opplever forstyrrelser i TV-signalet etter at vindturbinene i Tindafjellet / Skurvenuten vindkraftverk er i produksjon, vil avbøtende tiltak kunne være å montere en bedre og mer direktiv antenne hos berørte bosetninger. Hvis mottak av TV-signaler ikke blir tilfredsstillende med en bedre antenne, kan alternative løsninger være installasjon av satellittmottaker hos berørte bosetninger eller installasjon av en skyggesender som formidler TV-signaler til alle bosetningene i området.

## Innholdsfortegnelse

<b>SAMMENDRAG .....</b>	<b>2</b>
<b>1 INNLEDNING .....</b>	<b>4</b>
1.1 BAKGRUNN .....	4
1.2 OMRÅDEBESKRIVELSE .....	4
<b>2 RADIODEKNINGSBEREGNINGER .....</b>	<b>6</b>
<b>3 METODE OG DATAGRUNNLAG .....</b>	<b>8</b>
3.1 NÆRFELTEFFEKTER .....	8
3.2 DIFFRAKSJONSKRITERIER .....	8
3.3 REFLEKSJON AV RADIOBØLGER .....	9
3.4 SIKKER AVSTAND SOM FUNKSJON AV RADIOFREKVENS .....	9
<b>4 BEREGNING AV POSISJON PÅ VINDTURBINER OG SIKTLINJE TIL TV-SENDER .....</b>	<b>10</b>
4.1 BOSETNINGER I NÆRHETEN AV VINDKRAFTVERKENE .....	10
4.2 DATAVERKTØY FOR BEREGNING AV RADIODEKNING .....	10
4.3 IDENTIFISERTE BOSETNINGER .....	11
<b>5 OPPSUMMERING .....</b>	<b>13</b>
5.1 KRINGKASTING AV TV-SIGNALER .....	13
5.2 AVBØTENDE TILTAK .....	13
<b>REFERANSER .....</b>	<b>13</b>
<b>FORKORTELSER .....</b>	<b>13</b>

## Liste over figurer

FIGUR 1. OVERSIKTSKART MED SIKTLINJER OG VINDKRAFTVERKOMRÅDE (1:50 000) .....	5
FIGUR 2. SIKTLINJESSEKTOR FRA TV-SENDERNE MOT TINDAFJELLET / SKURVENUTEN VINDKRAFTVERK (1:20 000) .....	6
FIGUR 3. RADIODEKNING FRA BJERKREIMSENDEREN .....	7
FIGUR 4. RADIODEKNING FRA BERLANDSNUTEN .....	7
FIGUR 5. ILLUSTRASJON AV FRESNELSONE RUNDT EN RADIOLINJE .....	8
FIGUR 6. SIKKER AVSTAND MELLOM SPISSEN PÅ ET VINDTURBINBLAD OG SIKTLINJEN FRA RADIOSENDER TIL EN MOTTAKERANTENNE .....	10
FIGUR 7. KARTUTSNITT OVER OMRÅDE SOM KAN OPPLIVE FORSTYRRELSER PÅ TV-SIGNALER .....	11
FIGUR 8. FEM BOSETNINGER MARKERT MED GULE SIRKLER I BILDET KAN TEORETISK OPPLIVE FORSTYRRELSER PÅ TV-SIGNALER .....	12

## Liste over tabeller

TABELL 1. POSISJON TIL TV-SENDERE I OMRÅDET .....	4
TABELL 2. VINDKRAFTVERKENES PARAMETERE OG AVSTAND TIL RADIOSENDERE .....	5

# Tindafjellet / Skurvenuten vindkraftverk og NTVs kringkasting

## 1 Innledning

### 1.1 Bakgrunn

Det planlegges bygget fem vindkraftverk i Gjesdal kommune i Rogaland. NTV har en kringkastingssender på Urdalsnipa sendertårn.

I forbindelse med den planlagte utbyggingen, har Teleplan fått i oppdrag av Asko fornybar AS å utføre en studie for å:

- Beregne frisikt sikker avstand mellom kringkastingstransmisjon og vindkraftverk
- Vurdere avbøtende tiltak som kan redusere eller eliminere eventuelle konsekvenser.

Denne rapporten vurderer hvorvidt noen av vindkraftverkene på Tindafjellet / Skurvenuten kan komme i konflikt med NTVs kringkasting i området.

Rapporten viser geografisk lokalisering av vindturbinområdet. Dette er understøttet av tekniske beregninger som viser hvilke deler av vindparken som eventuelt vil påvirke TV-mottak i nærliggende bosetninger ved den planlagte utbyggingen. Videre beskrives mulige avbøtende tiltak.

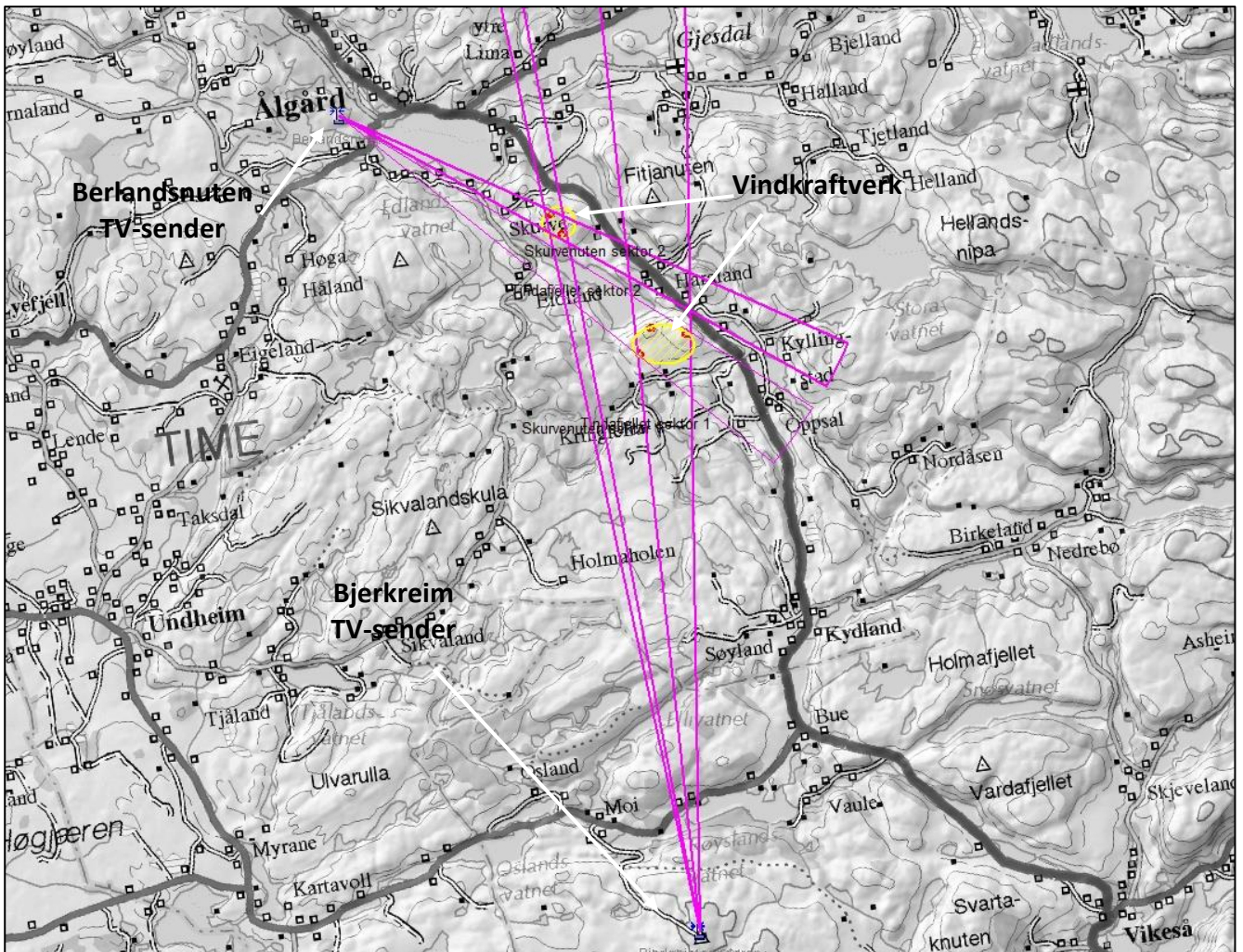
### 1.2 Områdebeskrivelse

To TV-sendere som har radiodekning i området hvor vindkraftverkene er planlagt; se Tabell 1. Berkreimsenderen er lokalisert på Urdalsnipa sendertårn (555 moh) som er påmontert NTVs kringkastingssender øverst på masten. Ålgårdsenderen står på Berlandsnuten (220 moh). Figur 1 gir en oversikt over området (1:50 000).

Sted	Antennesenter ca (moh)	Posisjon (lat/lon)	Sendereffekt (Watt)
Bjerkreimsenderen - Urdalsnipa sendertårn	555 + 125	583759.2N-0055717.0E	46773
Berlandsnuten - Ålgård	220 + 75	584554.3N-0055033.1E	50

**Tabell 1. Posisjon til TV-sendere i området**





**Figur 1. Oversiktskart med siktlinjer og vindkraftverksområde (1:50 000)**

Neste tabell viser avstandsparametere for vindkraftverk og radiosendere.

Parameter	T1	T2	T3	S1	S2
Høyde ved bakke [moh]	355	323	296	261	307
Tårnhøyde [m] / turbinradius [m]	91.5 / 58.5	91.5 / 58.5	91.5 / 58.5	91.5 / 58.5	91.5 / 58.5
Horisontal avstand fra Bjerkreimsenderen til vindturbin [m]	10600	10600	10600	13000	13000
Horisontal avstand fra Berlandsnuten til vindturbin [m]	7300	6750	6800	4500	4200

**Tabell 2. Vindkraftverkernes parametere og avstand til radiosendere**

Figur 2 viser vindparken med posisjonen til vindturbinene markert med røde sirkler med diameter 117 m.





Figur 2. Siktlinjesektor fra TV-senderne mot Tindafjellet / Skurvenuten vindkraftverk (1:20 000)

## 2 Radiodekningsberegninger

Termisk støynivå for en landbasert TV-antenne er<sup>1</sup>:

$$P_n = kTB \text{ Watt} = 3.2 \times 10^{-14} \text{ Watt} = -105 \text{ dBm}$$

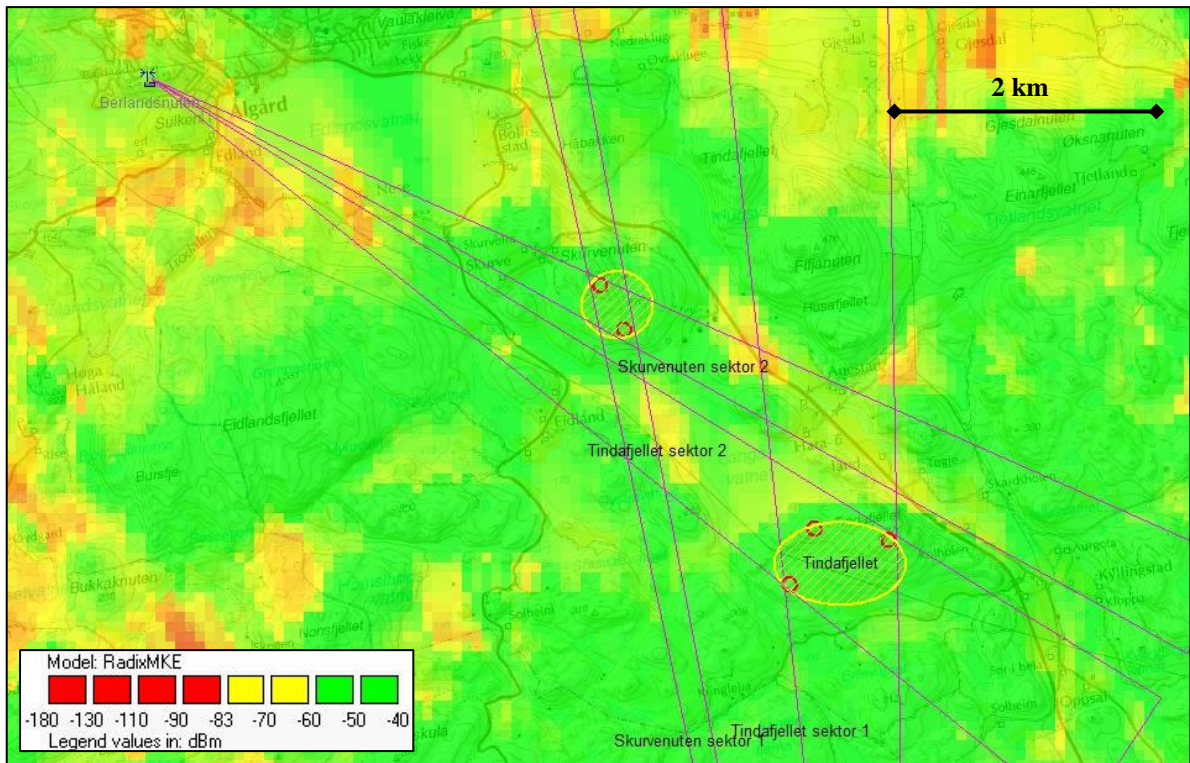
hvor  $k = 1.38 \times 10^{-23}$ ,  $T = 290 \text{ K}$  og  $B = 8 \text{ MHz}$ . Minimum signalnivå<sup>2</sup> C/N (Clutter/Noise) på en digital TV-mottaker er 22-23 dB. Signalnivået inn på antennen må derfor være minimum -83 dBm.

Områder med potensiell interferens på TV-sendinger kan forekomme hvis friskt mellom TV-sender og mottakerantenne er nærmere en hindring enn en Fresnelone (se kapittel 3.2) og hvis det samtidig ikke er dekning fra en annen TV-sender. Figur 3 og Figur 4 viser henholdsvis radiodekning fra Bjerkreimssenderen og fra Berlandsnuten beregnet med multi-knivveggs-diffraksjons-terrengmodell. Et lite område nord for Tindafjellet har kun radiodekning fra Bjerkreimssenderen og tilfredsstillende derfor kriteriene til at interferens kan forekomme. Bosetninger i dette området er utredet i kapittel 4.1 og 4.3.

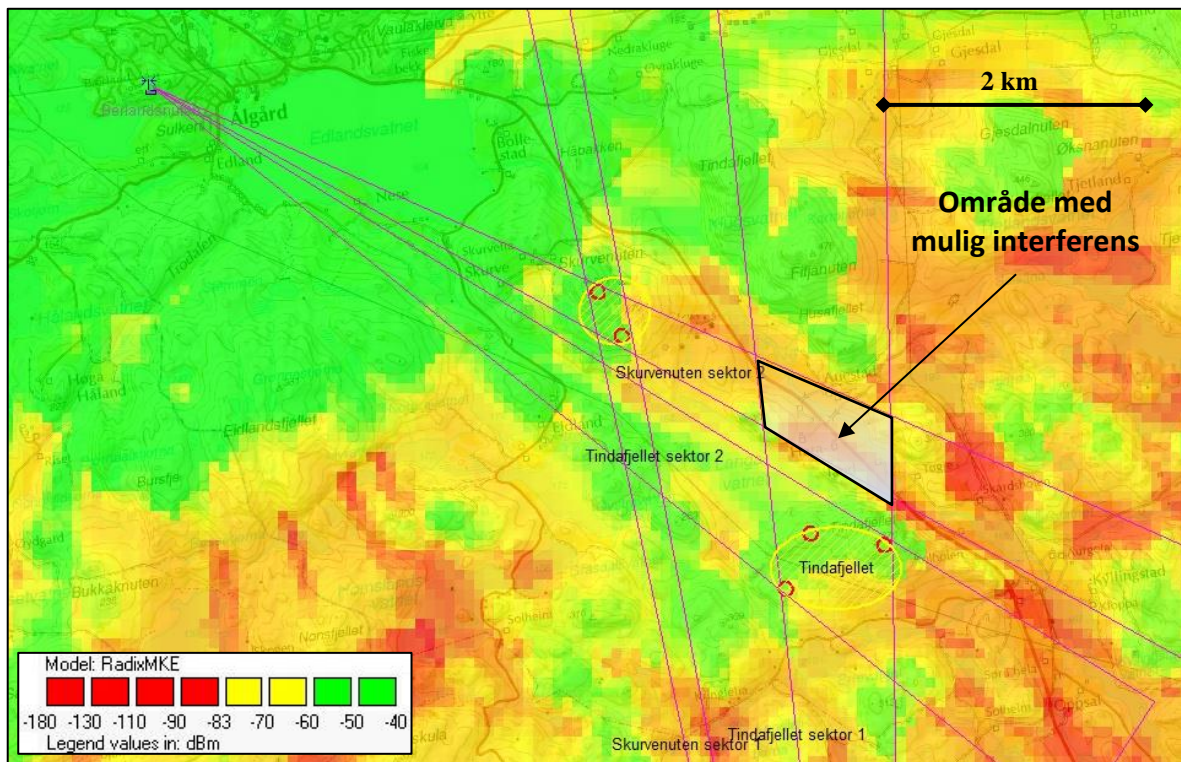
<sup>1</sup> Domestic TV aerial performance, reserach for Ofcom, Ægis spectrum engineering, page 66, 14 December 2009

<sup>2</sup> <https://www.rikstv.no/kundeservice/godkjente-mottakere/grundig-dtr8720-8820/signal/signalsjekk/>





**Figur 3. Radiodekning fra Bjerkreimsenderen**



**Figur 4. Radiodekning fra Berlandsnuten**

### 3 Metode og datagrunnlag

#### 3.1 Nærfelteffekter

Hvis et objekt befinner seg i antennens fjern- eller nærfelt, har det en viss betydning for hvordan man skal behandle signalene<sup>3</sup>.

$$D_{nf} = \frac{N_{nf} \eta D_a^2}{\lambda}$$

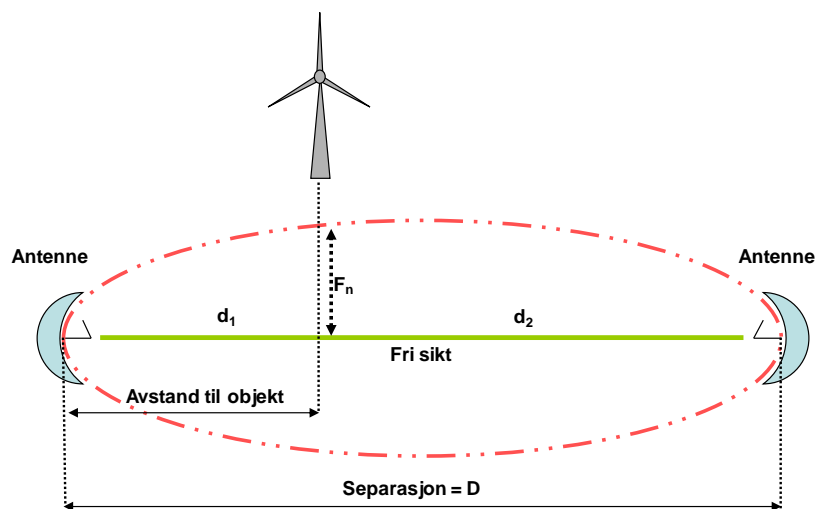
hvor  $N_{nf}$  er en konstant avhengig av ønsket konservative anslag (1, 2 eller 3),  $\eta$  er antennes effektivitet (fra 0 til 1),  $D_a$  er antennens diameter og  $\lambda$  er bølgelengden.

Grensen for nærfeltbetraktninger, når  $N_{nf}$  er 2 og  $\eta$  er 1 ved 0.5 GHz og 0.5 m diameter antenne, er 0.8 m. Ved 1 m diameter antenne blir nærfeltgrensen 3.3 m.

Horisontal avstand fra TV-antenne til nærmeste vindturbin er flere hundre meter. En kan derfor konstatere at vindturbinene i Tindafjellet / Skurvenuten vindkraftverk befinner seg i antennens fjernfelt.

#### 3.2 Diffraksjonskriterier

Sending og mottak av digitale TV-signaler kan betraktes som en dataoverføring i en radiolinje. Det er kjent at et mottatt radiosignal, der deler av første Fresnelzone<sup>4</sup> blir hindret av et objekt (eksempelvis en vindturbin), vil kunne oppleve feil i dataoverføring som følge av bladenes rotasjon som illustrert i Figur 5.



Figur 5. Illustrasjon av Fresnelzone rundt en radiolinje

Utstrekningen av Fresnelsonen beregnes med følgende formel:

$$F_n = \sqrt{\frac{n \lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

<sup>3</sup> D F Bacon, Fixed-link wind turbine exclusion zone method, seksjon 1.3, side 4, 2002

<sup>4</sup> Utstrekningen av en ellipsoide rundt et elektromagnetisk direktesignal fra sender til mottaker



hvor  $F_n$  er  $n$ 'te Fresnelsones radius i meter,  $d_1$  er avstand fra antenne<sub>1</sub> til vindturbin i meter,  $d_2$  er avstand fra vindturbin til antenne<sub>2</sub> i meter, og  $\lambda$  er radiosignalets bølgelengde i meter. Som det går fram av likningen varierer utstrekningen på Fresnelsonen som en funksjon av bølgelengde og avstand.

Diffraksjonseffekter<sup>5</sup> vil være ubetydelige hvis obstruksjonen er plassert utenfor et volum rundt radiolinjens strålingscenter som tilsvarer en Fresnelsones. For å være på den sikre siden benyttes ofte 1.5 Fresnelsones ved beregning av sikker avstand til en vindturbin.

### 3.3 Refleksjon av radiobølger

ITU-R BT.1893-1 anbefaling Annex 1 vedrører tilbakespredning («backscatter») av radiobølger fra en vindturbin. Problemstillingen er ikke relevant for Tindafjellet / Skurvenuten vindkraftverk fordi det ikke ligger bosetninger i områder hvor tilbakespredning kan være et tema. ITU-anbefalingen sier videre at foroverspredning («forward scatter»), som eventuelt ville være et tema for bosetninger i siktlinjen bak vindturbiner, er minimal<sup>6</sup>.

Modellen som benyttes i ITU-anbefaling Annex 2 i gjelder for tilbakespredning<sup>7</sup> på  $\pm 120^\circ$ ; den gjelder ikke for foroverspredning  $\pm 60^\circ$ . Den er således ikke relevant for Tindafjellet / Skurvenuten vindkraftverk. Eurocontrol benytter tilsvarende formler som ITU for beregning av flerbaneforstyrrelser på radiosignaler<sup>8</sup>.

Annex 3 vedrører mottak av digitale TV-signaler (DVB-T) og beregning av sender-til-støyforhold («Carrier-to-noise ratios [C/N]). Anbefalingen sier at mottak av TV-signaler ikke nødvendigvis blir påvirket<sup>9</sup> når mottakerantennen står bak en vindturbin, men at mer analysearbeid er nødvendig.

### 3.4 Sikker avstand som funksjon av radiofrekvens

Sikker avstand til en frisikt datatransmisjon fra Bjerkreimsenderen eller Berlandsnuten i retning Tindafjellet / Skurvenuten vindkraftverk kan leses av fra Figur 6 som en funksjon av avstand til nærmeste punkt på en vindturbin. Figuren viser både første og andre Fresnelsones, og "riktig svar", på hva som er sikker avstand, vil være mellom disse to grenseverdiene. Ved å velge 1.5 Fresnelsones, vil man være sikker på at vindturbinene ikke vil påvirke radiotransmisjonen.

Sikker avstand mellom spissen på et vindturbinblad på Tindafjellet / Skurvenuten vindkraftverk og siktlinjen fra NTVs radiosender til en TV-mottakerantenne tilsvarer 1.5 Fresnelsones på 0.5 GHz som vist i Figur 6; dvs. ca 30 meter. Generelt for vindparken står vindturbinene i sikker avstand fra en radiotransmisjonssektor hvis tårnet står minst 100 m fra siktlinjen mellom TV-sender og TV-mottakerantenne (turbinbladlengde + 1.5 Fresnelsones + posisjoneringsusikkerhet).

---

<sup>5</sup> D F Bacon, Fixed-link wind turbine exclusion zone method, seksjon 1.3, side 3, 2002

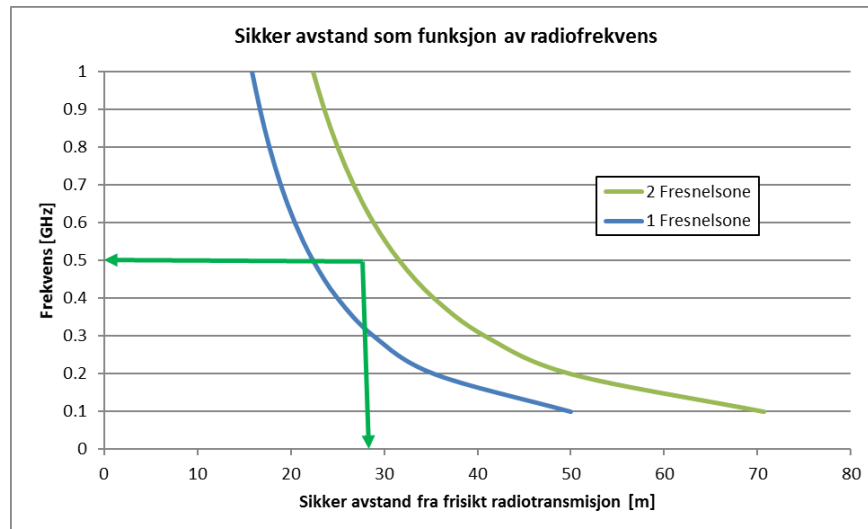
<sup>6</sup> ITU-R BT.1893-1 Recommendation, side 3, 10/2015

<sup>7</sup> ITU-R BT.1893-1 Recommendation, side 9, 10/2015

<sup>8</sup> Eurocontrol, Guidelines on how to assess the potential impact of wind turbines on surveillance sensors, Doc.ID. EUROCONTROL-GUID-130, Edition 1.2, 09.09.2014

<http://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/20140909-impact-wind-turbines-sur-sensors-guid-v1.2.pdf>

<sup>9</sup> ITU-R BT.1893-1 Recommendation, side 12, 10/2015



**Figur 6. Sikker avstand mellom spissen på et vindturbinblad og siktlinjen fra radiosender til en mottakerantenne**

## 4 Beregning av posisjon på vindturbiner og siktlinje til TV-sender

### 4.1 Bosetninger i nærheten av vindkraftverkene

Teleplan har ikke tilgang til TV-lisensregisteret, men har benyttet fritt tilgjengelige ortophoto fra Statens kartverk<sup>10</sup> (Lyngdal-Ålgård 2015 og Gjesdal 2015) til å identifisere bosetninger i nærheten av de planlagte vindkraftverkene. s

Som beskrevet i kapittel 2 og Figur 4 er det et avgrenset område nord for Tindafjellet som kun har radiodekning fra Bjerkreimsenderen og som teoretisk kan oppleve forstyrrelser i TV-bildet fra vindturbinblad fordi en vindturbin ligger nærmere enn en Fresnelzone fra friskt mellom TV-senderen og mottakerantennen.

Figur 7 gir et mer detaljert bilde av det avgrensede området, og Figur 8 viser fem bosetninger innenfor området hvor siktlinjen til Bjerkreimsenderen ligger nærmere enn en Fresnelzone fra en vindturbin. Det er imidlertid ikke mulig å predikere hvorvidt disse fem bosetningene vil oppleve forstyrrelser i TV-bildet før vindkraftverkene er satt i drift, noe som er forenelig med innholdet i ITUs anbefaling<sup>11</sup>.

### 4.2 Dataverktøy for beregning av radiodekning

Teleplan har benyttet kartverktøyet "MARIA"<sup>12</sup> i dekningsberegningene i denne rapporten. Kartgrunnlaget er basert på 25 000 kart over Norge med DEM<sup>13</sup> høydedata. Koordinatene på vindturbinene og radiosendermastene er programmert inn i dataverktøyet. Avstandsinformasjon er deretter hentet ut av kartverktøyet og benyttet som grunnlag i beregningene.

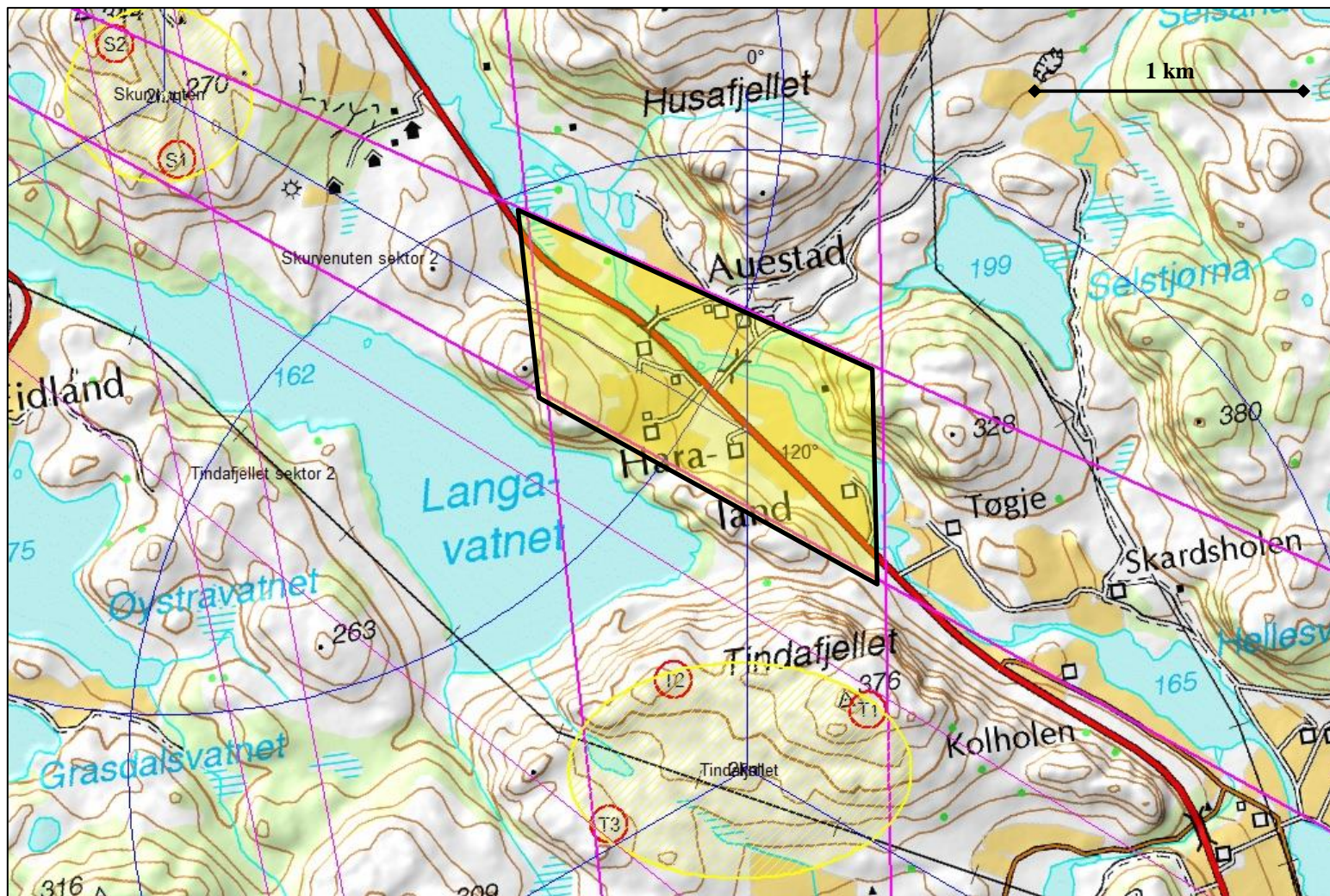
<sup>10</sup> Norge i bilder <https://www.norgebilder.no/>

<sup>11</sup> ITU-R BT.1893-1 Recommendation, 10/2015

<sup>12</sup> Teleplan Globe <https://www.teleplanglobe.no/defence/maria-gdk>

<sup>13</sup> US Geological Survey's Digital Elevation Model

### 4.3 Identifiserte bosetninger



**Figur 7. Kartutsnitt over område som kan oppleve forstyrrelser på TV-signaler**





**Figur 8. Fem bosetninger markert med gule sirkler i bildet kan teoretisk oppleve forstyrrelser på TV-signaler**

## 5 Oppsummering

Dette kapittel oppsummerer vurderinger gjort vedrørende lokalisering av de planlagte vindturbinene i Tindafjellet / Skurvenuten vindkraftverk i forhold til NTVs kringkasting av TV-signaler i området.

### 5.1 Kringkasting av TV-signaler

Sikker avstand mellom spissen på et vindturbinblad på Tindafjellet / Skurvenuten vindkraftverk og siktlinjen fra NTVs radiosender til en TV-mottakerantenne tilsvarer 1.5 Fresnelsoner på 0.5 GHz som vist i Figur 6. Generelt for vindparken står vindturbinene i sikker avstand fra en radiotransmisjonssektor hvis tårnet står minst 100 m fra siktlinjen mellom TV-sender og TV-mottakerantenne.

Et lite område nord for Tindafjellet med fem bosetninger har kun radiodekning fra Bjerkreimssenderen samtidig som de har en vindturbin som ligger i siktlinjen mot TV-senderen. Disse fem bosetningene tilfredsstiller derfor kriteriene til at forstyrrelser i TV-bildet kan forekomme.

### 5.2 Avbøtende tiltak

Hvis de identifiserte bosetningene ikke har forstyrrelser i TV-signalet i dag, men opplever forstyrrelser i TV-signalet etter at vindturbinene i Tindafjellet / Skurvenuten vindkraftverk er i produksjon, vil avbøtende tiltak kunne være å montere en bedre og mer direktiv antenne hos berørte bosetninger.

Hvis mottak av TV-signaler ikke blir tilfredsstillende med en bedre antenne, kan alternative løsninger være installasjon av satellittmottaker hos berørte bosetninger eller installasjon av en skyggesender som formidler TV-signaler til alle bosetningene i området.

## Referanser

D F Bacon, Fixed-link wind turbine exclusion zone method, version 1.1, released 28.10.2002

Eurocontrol, Guidelines on how to assess the potential impact of wind turbines on surveillance sensors, Doc.ID. EUROCONTROL-GUID-130, Edition 1.2, 09.09.2014

Recommendation ITU-R BT.1893-1 (10/2015): Assessment methods of impairment caused to digital television reception by wind turbines, <https://www.itu.int/rec/R-REC-BT.1893-1-201510-I/en>

## Forkortelser

Forkortelser	Beskrivelse
DVB-T	Digitale TV-signaler
Fresnelsoner	Forskjell i gangtid på et radiosignal
GHz	Giga Hertz (radiofrekvens, 10 <sup>9</sup> Hz)
ITU	International Telecommunications Union
moh	Meter over havet