

NOTAT

OPPDRAAG	Odal vindkraftverk – myndighetskontakt og søknadsprosesser	DOKUMENTKODE	10218299-04-TVF-NOT-lys
EMNE	Lysmerking og effekter på andre interesser	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Odal Vindkraftverk AS	OPPDRAAGSLEDER	Auen Korbøl
KONTAKTPERSON	Emil Orderud	SAKSBEHANDLER	Ørjan W. Jenssen
KOPI		ANSVARLIG ENHET	Multiconsult Norge AS

SAMMENDRAG

Odal vindkraftverk har søkt om utsatt iverksettelse av konsesjonskravet om radarstyrt lysmerking, da Luftfartstilsynet ikke vil godkjenne slike systemer før deres utvikling av retningslinjer for slik godkjenning er ferdigstilt. Dette notatet skal svare opp NVEs krav om å vurdere konsekvensene av å ikke ha radarstyrt lysvarslingsanlegg for lokalmiljø, bosetning og fritidsbebyggelse.

1 Vurdering av virkninger ved å ikke ha radarstyrt lysmerking i Odal vindkraftverk

1.1 Bakgrunn for og krav til søknad om utsettelse av radarstyrt lysmerking

Odal vindkraftverk (tidligere Songkjølen og Engerfjellet vindkraftverk) er i skrivende stund under bygging. Sensommeren 2021 skal de 34 turbinene monteres. Turbinene er av typen Siemens-Gamesa 4,8 MW med 144 meter navhøyde og 145 m rotor, det vil si en totalhøyde på 216,5 meter.

Ved klagebehandling av konsesjonen for Odal vindkraftverk tok Olje- og energidepartementet (OED 2016) inn et konsesjonsvilkår om radarstyrt lysvarslingsanlegg:

Detaljplanleggingen av vindkraftverket skal ta utgangspunkt i at det skal benyttes radarstyrt lysvarslingsanlegg. Unntak fra bruk av slikt anlegg kan gis som godkjenning av detaljplan, men krever en begrunnet søknad og en vurdering av konsekvensene for lokalmiljø, bosetning og fritidsbebyggelse. [Utdrag fra konsesjonsvilkår nr. 24.]

Utbygger har i dialogen med Luftfartstilsynet kommet fram til at det ikke vil være mulig å få godkjent et slikt radarstyrt anlegg innen turbinmontasje, og søkte i brev av 12.3.2021 om utsettelse/unntak fra vilkåret slik det er åpnet for.

NVE svarte i brev av 26.3.2021 at de vil behandle søknaden, men viser til at vilkåret krever en vurdering av konsekvensene for lokalmiljø, bosetning og fritidsbebyggelse. NVE (2021) konkretiserer dette til at vurderingen minimum må omfatte:

- synlighetskart, arealer hvor lysmerking vil være synlig med helårs- og fritidsboliger avmerket
- oversikt over antall helårs- og fritidsboliger som vurderes berørt, herunder hvor mange turbiner som vil være synlige, med en beskrivelse av kriterier som er brukt
- fotomontasjer/visualiseringer av lysmerking dag og natt, fra samme standpunkt som i godkjent detaljplan
- en beskrivelse av topografi og andre skjermingseffekter

02	27.5.2020	Endret med figur lysspredning fra Orga, tekst omskrevet til denne	ØWJ	LEY	SILS
01	19.5.2021	Mindre justeringer	HBJ	ØWJ	SILA
00	14.5.2021	Notat virkning av lysmerking uten radarstyring Odal vindkraftverk	ØWJ	TRR	SILA
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

Lysmerking og effekter på andre interesser

- Vurderingen av konsekvenser for lokalmiljø skal inkludere virkninger for naturmangfold og friluftsliv. Eventuelle negative konsekvenser for lokalmiljø må ses i sammenheng med de øvrige virkningene av vindkraftverket.

Dette notatet skal svare opp kravet om å vurdere konsekvensene av å ikke ha radarstyrt lysvarslingsanlegg for lokalmiljø, bosetning og fritidsbebyggelse.

1.1.1 Oppsummering fra konsekvensutredningen med NVEs vurdering fra konsesjonsprosessen

Sweco ved Fiskevold m.fl. (2012) har utredet konsekvensene av Songkjølen og Engerfjellet vindkraftverk, nå Odal vindkraftverk. Anlegget på Engerfjellet vurderes å ha få eller små direkte konflikter, knyttet til visuelle virkninger og mye brukte friluftsområder i Eidsvoll og hytter i Nord-Odal. Anlegget på Songkjølen vurderes generelt som mer konfliktfylt, særlig for naturmiljø og friluftsliv.

Tabell 1 under fra konsekvensutredningen oppsummerer vurderingene.

Tabell 1. Oppsummerende konsekvensvurderinger for Songkjølen-Engerfjellet vindkraftverk, nå Odal vindkraftverk. Fra Swecos konsekvensutredning.

Fagtema	Konsekvensgrad/kommentar
Landskap	Stor negativ konsekvens, synes på avstand. Skog vil dempe nærvirkninger.
Kulturminner og kulturmiljø	Engerfjellet: Middels-liten negativ konsekvens Songkjølen: Middels negativ konsekvens
Friluftsliv og ferdsel	Engerfjellet: Middels negativ Songkjølen: Stor-middels negativ
Naturmangfold: Naturtyper og vegetasjon	Engerfjellet: Liten negativ konsekvens Songkjølen: Stor negativ konsekvens
Naturmangfold: Fugl og andre dyrearter	Engerfjellet: Liten-middels negativ konsekvens Songkjølen: Middels-stor negativ konsekvens
Inngrepsfrie naturområder og verneområder	Små rester (1-2,2 km ² , avhengig av nettløsning) av inngrepsfrie naturområder vil forsvinne ved bygging på Songkjølen, ingenting ved Engerfjellet. Ingen verneområder berøres direkte.
Støy	Totalt 3 fritidsboliger vil kunne få støy over anbefalt støygrense på L _{den} 45 dB ved fasade (Songkjølen). I tillegg vil 14 koier ligge i områder med støy over L _{den} 45 dB.
Skyggekast	Ingen fast boligbebyggelse blir berørt av skyggekast over grenseverdien på 10 faktiske timer per år. En fritidsbolig og 9 skogs- og utmarkskoier blir berørt ved Songkjølen, en fritidsbolig og 6 skogs- og utmarkskoier blir berørt ved Engerfjellet.
Annen forurensning	Kan ha positiv virkning globalt, ubetydelig virkning lokalt.
Verdiskaping	Positive virkninger lokalt og regionalt: ca. 200-250 arbeidsplasser i anleggsfasen, 5-6 i driftsfasen samt lokale ringvirkninger, ca. 7-12 mill. kr i eiendomsskatt per år til Nord-Odal, inntekter til grunneiere.
Reiseliv og turisme	Antatt liten betydning for lokalt reiseliv.
Landbruk	Ubetydelig/liten positiv konsekvens i vindkraftområdene, noe mer negativt pga. nettraseer.
Luftfart og kommunikasjons-systemer	Vindkraftverkene vil ikke være i konflikt med avgangs-/utflygingsprosedyrer fra Gardermoen, ei heller med navigasjons- eller kommunikasjonsanlegg. Avinor vil analysere mulige konflikter vedr. sekundær radar i januar 2013. Ingen innvirkning er så langt antatt for Norkring og Telenors kommunikasjonsystemer.

Lysmerking og effekter på andre interesser

Swecos konsekvensutredning har lagt til grunn lysmerking uten radarstyring av hinderlysene. Utredningen omtaler flere ganger muligheten for radarstyring som et tiltak som kan redusere omfanget av lyspåvirkning. Konkret om lysmerking står det bl.a. følgende i konsekvensutredningen:

- «Ny, tilgjengelig teknologi gjør det mulig at lysene bare slår seg på når det kommer et småfly, helikopter eller lignende nærmere enn 2 km – og er avslått ellers. Hinderlysmerkingen er altså ikke til for store rutefly og fly som flyr i høyere luftlag. E.ON Vind har brukt slik teknologi i andre prosjekter og er generelt positivt innstilt til ny teknologi som kan minske lysforurensningen fra turbinene nattertid.» (s. 22)
- «Merking av turbinene med høyintensitetslys vil forsterke synbarheten av vindkraftverket. Selv om lysene bare tennes når småfly, helikopter og lignende er i nærheten av anlegget, vil lyset både om dagen, men særlig nattertid markere selve turbinen og kunne gi gjenskinn i lavt skydekke. Siden mange av turbinene på Songkjølen vindkraftverk ligger på rekke fra Raudåsen i sør til Viksætra i nord, vil de som merkes være synlige fra bosetningsområder både i Nord-Odal og Nes. I tillegg vil turbinene vest i planområdet ved Steinsjøen bli mer synlige fra bosetningene på vestsiden av Vorma i Eidsvoll og Nes.» (s. 48)
- «Merking av turbinene med høyintensitetslys vil forsterke synbarheten av vindkraftverket. Selv om lysene bare tennes når småfly, helikopter og lignende er i nærheten av anlegget, vil lyset både om dagen, men særlig nattertid markere selve turbinen og kunne gi gjenskinn i lavt skydekke. Siden mange av turbinene på Engerfjellet vindkraftverk ligger på rekke langs en åsrygg, vil de som merkes være synlige fra bosetningsområder både i Eidsvoll og Nord-Odal.» (s. 53)

NVE viser i bakgrunn for vedtak for Odal vindkraftverk (NVE 2014) til at det er viktig å få på plass teknologi for å minimere virkningene av lysmerkingen (s. 34): «...*det er et slikt system installert på Mehuku vindkraftverk i Vågsøy kommune. Dette systemet er det eneste som er godkjent av Luftfartstilsynet. Siden denne løsningen er knyttet til en spesifikk turbinleverandør og det er usikkerhet om hvilke systemer som eventuelt kan bli godkjent i fremtiden, har NVE kommet fram til at de ikke kan sette vilkår om at det skal benyttes et slikt system. NVE vil imidlertid sette vilkår om at det skal benyttes teknologi som hindrer konstant lysmerking dersom det er økonomisk og teknisk forsvarlig. Ved benyttelse av et slikt system vil lysene sjelden slås på, og virkningene vil etter NVEs vurdering bli ubetydelige. Siden det er usikkerhet om et slikt system kan benyttes, vil NVE likevel legge noe vekt på virkninger av lysmerking i den samlede vurderingen i kapittel 5.*» [Vår understreking.]

1.2 Innledning – om lys og lysmerking

1.2.1 Lys og måleenheter

Candela, forkortet cd, er SI-enheten for lysstyrke. Enheten var tidligere definert som lysstyrken fra ett stearinlys og kan fortsatt sammenlignes omtrentlig med det. Definisjonen fra og med 2020 er atskillig mer teknisk og er en strålingsstyrke på 1/683 watt per steradian med grønt lys på 555 nm. Denne lysfargen er valgt fordi menneskeøyet er mest følsomt for denne fargen i dagslys. (Store norske leksikon.)

En steradian vil her si en tredimensjonal lyskjegle med en spredning på 1 radian eller ca. 57 grader utover fra lyskilden. En steradian er definert som den romvinkelen som med toppunkt i sentrum av ei kule med radius r , avgrensar et areal av kuleoverflaten som er lik r^2 . Ettersom arealet av overflaten av en kule er $4\pi r^2$, følger det av definisjonen at ei kule måler 4π steradianer, eller $\approx 12,56637$ steradianer. (nowiki)

Lumen, kjent fra eks. lyspærer, er et mål på total lysmengde som strømmer ut i alle retninger fra et objekt. Én lumen er lysstrømmen gjennom ei flate som begrenses av en romvinkel på én steradian fra en punktkilde som stråler likt i alle retninger og har en lysstyrke på én candela (Store Norske

Lysmerking og effekter på andre interesser

Leksikon). En lyskilde på 1 candela i alle retninger har da en total lysstyrke på 4π eller ca. 12,57 lumen. En lyspære med 1700 lumen vil ha en lysstyrke på ca. 135 candela. 100 000, 20 000 og 2 000 candela fra en lysende kule tilsvarer da hhv. 1 256 637, 251 327 og 25 133 lumen.

Lux er måleenheten for illuminans eller belysningsstyrke og angir mengden synlig lys som kommer inn mot ei flate. 1 lux er 1 lumen per m^2 (Store norske leksikon). Eksempler på kjente lysstyrker: Fullt sollys 103 000 lux, delvis sollys 50 000 lux, overskyet 1-10 000 lux, kontorbelysning 400-600 lux, hjemmebelysning 100-300 lux, fullmåne 0,1-0,3 lux, klar stjernehimmel 0,001 lux. (Rich & Longcore 2006.)

1.2.2 Forskrift for rapportering, registrering og merking av luftfartshinder

Luftfartstilsynet har for Odal vindkraftverk godkjent perimetermerking av vindkraftverket slik at et utvalg på 21 av de 34 turbinene skal lysmerkes.

Iht. forskrift om rapportering, registrering og merking av luftfartshinder, skal vindturbiner med totalhøyde over 150 m merkes med høyintensitets hinderlys type B. Hver merkepliktig turbin skal ha 2 hinderlys, ett skal være i bruk og det andre skal være i reserve og ta over ved ev. feil.

Av forskriftens vedlegg 2 framgår det videre at:

- lyset skal være hvitt og blinke 40-60 ganger per minutt (0,67 til 1 Hz)
- på dagtid (med bakgrunnsbelysning over 500 candela/ m^2) skal maksimal lysintensitet være 100 000 candela +/- 25%
- i demring og skumring (med bakgrunnsbelysning 50-500 candela/ m^2) skal maksimal lysintensitet være 20 000 candela +/- 25%
- om natta (med bakgrunnsbelysning under 50 candela/ m^2) [står feilaktig 500 i forskriften, bekreftet av Luftfartstilsynet] skal maksimal lysintensitet være 2000 candela +/- 25%. Dette tilsvarer kravet hele døgnet for turbiner under 150 m.
- horisontalt samt 3-7 grader oppover skal det lyses med full styrke, 100%
- 1 grad under horisontalen skal det lyses med minst 50% og maksimalt 75% av minimum lysstyrke for dag/kveld/natt, dvs. 37,5% til 56,25% av maksimal lysintensitet.
- 10 grader under horisontalen skal det maksimalt lyses med 3% av maksimal lysstyrke

Revidert forskrift trer i kraft fra 1. juli 2022. For mellomintensitets hinderlys åpnes det for å dimme lysmerkingen ned mot 600 candela ved sikt over 5 km og 200 candela ved sikt over 10 km. Det åpnes imidlertid ikke for å dimme ned høyintensitets hinderlys under gode siktforhold. (Luftfartstilsynet 2021). Dette gjelder også for natt hvor kravet til lysstyrke i utgangspunktet er likt for mellom- og høyintensitets hinderlys.

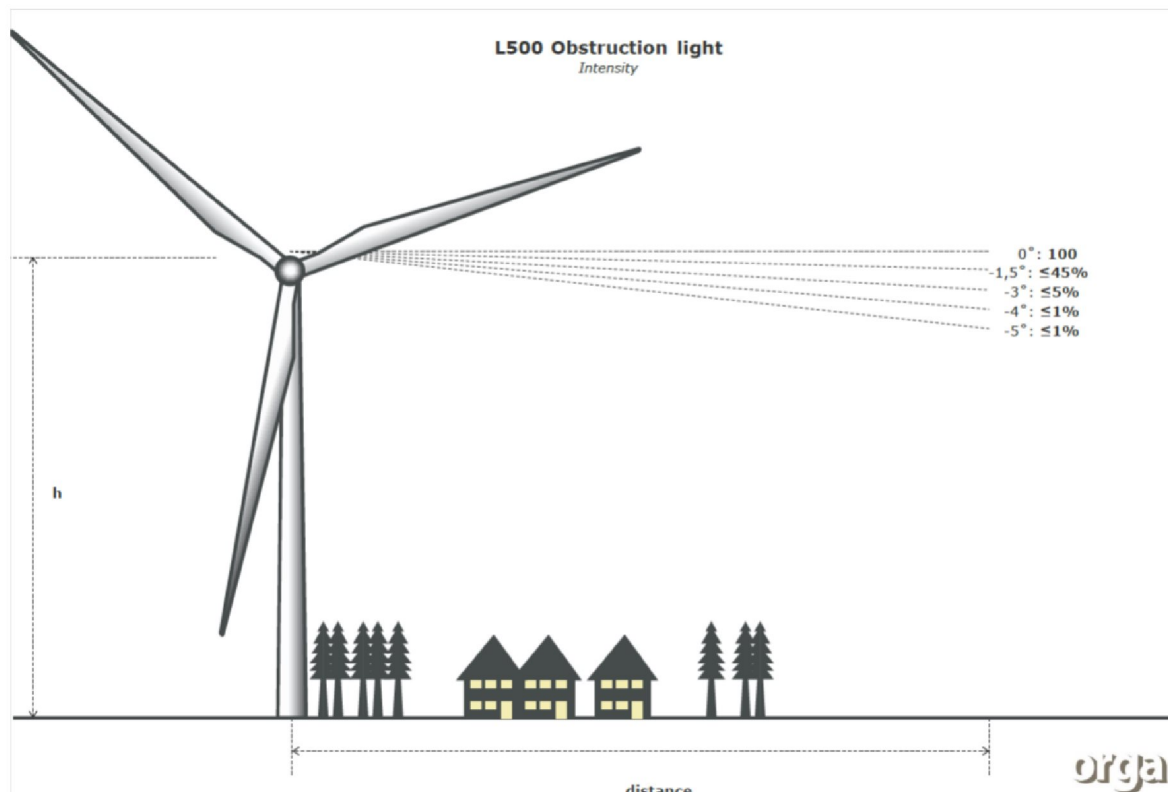
1.2.3 Hinderlysene i Odal vindkraftverk

Odal vindkraftverk vil benytte lys av type Orga L500 LED høyintensitets hinderlys, se Figur 1. Nattinnstillingen på disse kan leveres både som hvit blinkende, rød blinkende og fast samt med infrarødt lys. Lysene blinker 40 ganger per minutt.



Figur 1. Orga L500 høyintensitets hinderlys. Bilde fra leverandørens brosjyre (Orga BV 2020).

Lysspredningen nedover fra horisontalen for Orga L500 er vist i Figur 2 under. Det framgår at forskriftskravet om maksimalt 3% lysstyrke igjen fra 10 grader under horisontalen er oppfylt for de valgte hinderlysene allerede ved et sted mellom minus 3 og 4 grader, og fra minus 4 grader er man under 1 % gjenværende lysstyrke. Dette vil være positivt for å redusere lysintensiteten på bygninger og friluftsområder under horisontalen. Prosentene omregnet til candela er vist i Tabell 2.



Figur 2. Lysspredning nedover fra Orga L500 hinderlys. Figur mottatt fra produsenten.

Tabell 2. Maksimal lysstyrke per blink for hinderlys Orga L500 dag/kveld/natt, omregnet fra prosentene i figur 2.

	Dag	Morgen/kveld	Natt
0 grader (horisontalt)	100 000 cd	20 000 cd	2000 cd
-1,5 grader	45 000 cd	9 000 cd	900 cd
-3 grader	5000 cd	1000 cd	100 cd
-4 grader	1000 cd	200 cd	20 cd

1.3 Synlighetskart

Et synlighetskart som viser antallet hinderlys som er synlige fra arealene omkring Odal vindkraftverk gitt naken overflate (ingen skjerming av trær, hus mv.), er vist i vedlegg 1. Maksimalt antall hinderlys er 21. Det er ikke tatt hensyn til at lysene er skjermet nedover, dvs. beregningen gjelder for ei «lyskule» uten skjerming. Dette er et worst case scenario.

Et synlighetskart som viser synlige hinderlys der skog er lagt inn som skjermende terrengobjekter, er vist i vedlegg 2. Dette vil være et noe mer realistisk scenario.

Et synlighetskart som viser maksimal lysstyrke (fra minst ett hinderlys) iht. forskriftens krav er vist i vedlegg 3. Merk altså at dette kartet ikke fanger opp at Orga L500 gir bedre skjerming nedover enn forskriftens grenseverdier (pga. tidsnød/sent innkomne data for Orga L500). Dette kartet illustrerer likevel noe av effekten av skjermingen nedover sammenlignet med et lys uten skjerming.

Lysmerking og effekter på andre interesser

1.4 Antall berørte helårs- og fritidsboliger

Tabell 3. Antall boliger og fritidsboliger med direkte innsyn til lysmerket vindturbin i Odal vindkraftverk, fordelt på avstandsintervaller. Skjerming på hinderlysene er ikke hensyntatt. Tabell fra Meventus, jf. kartene i vedlegg 1 og 2.

Avstandsintervall [km]	Byggtype	Antall bygg hvor hinderlys på turbinene vil være synlige (innenfor 20 km avstand)	
		Skog ikke hensyntatt	Skog hensyntatt
[0 - 2]	Boliger	2	2
	Fritidsbolig	107	89
	Totalt	109	91
[2 - 5]	Boliger	632	535
	Fritidsbolig	290	214
	Totalt	922	749
[5 - 10]	Boliger	1356	1065
	Fritidsbolig	668	506
	Totalt	2024	1571
[10 - 15]	Boliger	2571	2107
	Fritidsbolig	390	262
	Totalt	2961	2369
[15 - 20]	Boliger	1463	1093
	Fritidsbolig	179	87
	Totalt	1642	1180
Totalt [0 - 20]	Boliger	6024	4802
	Fritidsbolig	1634	1158
	Totalt	7658	5960

Lysmerking og effekter på andre interesser

Tabell 4. Antall synlige turbiner fra den enkelte bolig eller fritidsbolig, jf. kartene i vedlegg 1 og 2. Med skjerming fra skog ser flere bygg få turbiner og færre bygg ser mange turbiner. Tabell fra Meventus.

Antall turbiner	Antall bygg hvor hinderlys på turbinene vil være synlige (innenfor 20 km avstand)			
	Skog ikke hensyntatt		Skog hensyntatt	
	Boliger	Fritidsboliger	Boliger	Fritidsboliger
1	430	188	760	216
2	294	77	580	100
3	336	73	454	88
4	392	82	408	112
5	340	94	353	80
6	394	92	358	70
7	543	91	335	74
8	296	55	253	48
9	320	69	210	58
10	325	62	197	45
11	332	93	156	51
12	293	105	152	40
13	453	122	150	35
14	209	60	82	28
15	243	55	103	29
16	112	78	51	21
17	88	62	47	19
18	119	78	49	28
19	195	33	58	8
20	186	41	40	7
21	124	24	16	1
Totalt	6024	1634	4812	1158

Tabell 5. Antall boliger og fritidsboliger med direkte innsyn mot turbinene fordelt på vertikal vinkel fra hinderlys. Vinkler iht. forskriftens styrkekrav, ikke iht. figur 2 for Orga L500. Tabell fra Meventus, jf. kartet i vedlegg 3.

Vertikal vinkel	Antall bygg som utsettes for direkte lys fra turbinene	
	Boliger	Fritidsboliger
0 til 3°	0	2
0 til -1°	107	268
-1 til -10°	5915	1359
Under -10°	2	5
Totalt	6024	1634

Beregnete synlighetskart med tabeller er utarbeidet av Meventus i GIS-verktøyet Global Mapper, ved bruk av en ViewShed-funksjon. Beregningene er utført for de 21 turbinene som vil utstyres med høyintensitetslys.

Følgende innstillinger er benyttet: Mottakerhøyde 1,8 m. Høyde sender 144 m. Oppløsning 20 m. Utstrekning fra turbinene 20 km.

Lysmerking og effekter på andre interesser

Skogsdata er beregnet basert på terreng- og overflatedata med 10x10 m oppløsning (DTM og DOM) fra Statens Kartverk (www.hoydedata.no). Med unntak av en sirkel med radius 75 m rundt turbinposisjonene er skogshøydene lagt til terrenghøydene i DTM-datasettet. Synlighetskart er beregnet basert på de modifiserte terrengdataene. For gridpunkt hvor skogshøyden er over 3 m er det endelige antallet synlige hinderlys redusert til null, basert på en antagelse om at skog > 3 m vil blokkere sikten mot turbinene for en mottaker på 1,8 m høyde.

1.5 Fotomontasjer/visualiseringer

Fotomontasjer er vist i vedlegg 4. Bilder for visualisering i dagslys er vist, samt en manipulert versjon av samme foto, der det er lagt på et skumringsfilter og hinderlys som er beregnet av egnet programvare. I fotomontasjene er vinkelen til hinderlyset hensyntatt, dvs. slik at lysmengden blir mindre desto skarpere vinkelen blir oppover for å simulere den innebygde skjermingen i hinderlysene.

Det er også laget animering for å simulere en film med realistisk lysblinking fra fotostandpunkt Bukkeneset. Denne filmen kan ikke legges ved i papir/pdf-format, men legges ved innsendingen som en mp4-fil.

1.6 Topografi og andre skjermingseffekter

Odal vindkraftverk ligger oppå en sørøst-nordvestgående, skogkledd rygg med en rekke høyder omkring 500 meter over havet. Sidene er relativt slake og dalene rundt er vide og flatbunnet med vidstrakte, småkuperte skog- og jordbruksflater samt innsjøer. Siden åsryggen er med å avgrense disse store landskapsrommene, vil vindkraftverket også prege horisontlinja over store partier i influensområdet (jf. konsekvensutredningen). Det er lite bebyggelse rett nord for vindkraftverket, men det ligger en rekke tettsteder i dalene mot vest, sør og øst. Tettstedene omkranser i stor grad vassdragene, som her ligger i området 130 meter over havet. På den andre siden av dalene og innsjøene stiger landskapet opp mot andre, skogkledd åser på tilsvarende eller større høyder enn vindkraftverket, eksempelvis Skreifjella i nordvest (747 moh., 1 mil), Årkjølen i nordøst (642 moh., 2 mil), Granberget i østsørøst (526 moh., 2 mil), Totenåsen i vest (3 mil) til Nordmarka i sørvest (704 moh., 6 mil). Disse høydene vil skjerme lavereliggende områder bak seg, før terrenget igjen løfter seg, spesielt i vest mot Hardangervidda.

Med 144 meter navhøyde vil hinderlysene rage langt over skogen i og omkring vindkraftverket. Fra langsiden vil mer eller mindre hele anlegget bli eksponert, mens man fra kortsidene i noe mindre grad vil se den delen av anlegget som ligger lengst bort.

Skjerming mot direkte innsyn til vindkraftverket vil først og fremst være fra topografien. Lokalt vil skog og bebyggelse gi lokale skjermingseffekter.

Siden mye av den nærliggende bebyggelsen ligger ned mot 130 meter over havet, vil den innebygde skjermingen i hinderlysene utgjøre en ikke ubetydelig forskjell. Storsjøen (3-25 km til turbiner), kommunesentret Sand (4-12 km), Råsen (5-13 km) og sentrale deler av landskapsområdet Vormaglomma (7-40+ km), som er de områdene OED vurderte til å bli særlig hardt rammet av eventuelle hinderlys, ligger alle på ca. 130 meters høyde.

En observatør på 150 meter over havet vil få en høydeforskjell opp til hinderlysene på ca. 500 meter. Med utgangspunkt i Figur 1 for de valgte Orga L500 hinderlysene betyr dette at observatøren på 150 moh. nattestid vil se en lysstyrke på maksimalt 20 candela 7,2 km fra hinderlyset, maksimalt 100 candela 9,5 km fra hinderlyset, og maksimalt 900 candela 19 km fra hinderlyset. Opplevelsen av økt lysstyrke vil også i noen grad bli motvirket av økende avstand.

Observatører med mindre vertikal høydeforskjell vil se sterkere lys i disse avstandene, og en observatør på samme høyde eller høyere vil motta full lysstyrke. Det er vanlig i landskapsvurderinger i Norge å benytte 20 km som avgrensning for beregning av teoretisk synlighet

for planlagte vindkraftverk, med størst vekt på landskap nær (inntil 10 km) fra vindkraftverket (NVE M-1312). I Skottland benytter man 45 km som avgrensning for turbiner over 150 m (Miljødirektoratet 2019, NN 2019). Det er ikke tvil om at lysblinking på 100 000 candela vil gjøre seg bemerket også for folk på dagsturer i fjellområdene flere mil unna vindkraftverket.

1.7 Vurderinger av konsekvenser for lokalmiljø, bosetning og fritidsbebyggelse

Hinderlys vil, slik hensikten er, øke et vindkraftverks synlighet i landskapet. Hinderlys vil også være en form for lysforurensning (ILP 2020) som kan påvirke andre tema som friluftsliv og naturmangfold. I det faglige grunnlaget for nasjonal ramme for vindkraft er hinderlys ikke omtalt under landskap (Miljødirektoratet 2019), men inngår i temaet visuelle virkninger i temarapport om nabovirkninger (Jakobsen m.fl. 2018).

1.7.1 Konsekvenser for landskap, inklusive bolig- og fritidsbebyggelse

Om hinderlys står det følgende i utredningsprogrammet (NVE 2012, s. 5): «*Visuelle virkninger knyttet til lysmerking av vindturbiner skal vurderes kort.*» I konsekvensutredningen for Odal vindkraftverk er lysmerking inkludert i landskapstemaet, og tatt inn i en samlet omfangsvurdering der. Utredningen nevner muligheten for radarstyring av de kommende, høyintensitets hinderlysene, men dette er ikke forutsatt for den samlede vurderingen av konsekvensgrad. Konsekvensutredningen vurderer den samlede virkningen av vindkraftverket til stor negativ konsekvens for landskap, jf. «konsekvensvifta» i Statens vegvesen Håndbok 140.

Omfanget av synlige hinderlys for boliger og fritidsboliger innenfor 20 km er omtalt i kapittel 1.3 og 1.4. Som det framgår er dette beregninger med en viss usikkerhet, hvor en worst case tilnærming er brukt. Det er likevel ingen tvil om at et stort antall boliger og fritidsboliger vil bli negativt berørt av at hinderlysene skal stå på hele døgnet, sammenlignet med at de slås på kortvarig når småfly, helikoptre og lignende flyr nær anlegget. Med kontinuerlige lys vil også lokale værforhold få økt betydning. I klarvær med lavt skydekke vil effekten av hinderlysene kunne bli forsterket ved at skylaget blinker som en slags «lampe skjerm» over anlegget. Det er også slik at hinderlys (og ev. opplyst skylag) vil være synlige godt utenfor det 20 km influensområdet som er brukt, selv om omfanget og alvorlighetsgraden av dette ikke er forsøkt kvantifisert her. Det er liten tvil om at høyintensitets hinderlys til tider oppfattes som svært plagsomt, se eks. Pohl m.fl. (2012), Rudolph m.fl. (2017) og NRK (2021).

Rudolph m.fl. (2017) fant at folks opplevelse i eget hjem hang sammen med mikrogeografien rundt huset. Trær som skygget mot lysene, husets og spesielt soverommets plassering mot lysene samt om huset lå nær vann (som reflekterer og forsterker effekten), var særlig viktig. Man fant at de som bodde aller nærmest generelt var mindre plaget. Graden av plage hang også nøye sammen med hvor ofte man ble oppmerksom på lysene. De mest effektive tiltakene folk selv iverksatte var bruk av tette gardiner, skjermer i form av byggverk eller vegetasjon, flytte om på møbler og endret bruk av uterom.

Siden permanent hinderlysmerking er lagt til grunn i konsekvensutredningen, er omfanget formelt sett uendret og konsekvensen for landskap endres heller ikke. Om lysmerkingen er tillagt tilstrekkelig vekt i landskapsutredningen er et annet spørsmål, og går vel så mye på utredningskrav og metoder brukt i Norge fram til i dag som denne enkeltutredningen. Rudolph m.fl. (2017) fant at irritasjonen fra høyintensitets hinderlys i skumring lå omtrent på nivå med irritasjonen fra landskapsendringen fra selve vindturbinene.

1.7.2 Konsekvenser for naturmangfold

Bakgrunn – litt om kunstig lys og påvirkning på naturmangfoldet

Effektene av kunstig belysning på naturmangfoldet har fått stadig større fokus, men er fortsatt et nytt forskningsfelt der studier av effekter synes å være i startfasen. Studier har gjerne vært smale,

Lysmerking og effekter på andre interesser

og kunnskapen er fortsatt mangelfull om endringer i hele økosystemer som følge av bl.a. endrete konkurranseforhold mellom og innen arter ut fra hvilket lysregime de lever under. Lysstyrke er viktig, men for noen arter er plutselige endringer i lysstyrke vel så viktig. (Follestad 2014)

Kunstig belysning om natta kan være en vesentlig medvirkende årsak til den store nedgangen i antall insekter som nå er dokumentert for økosystemer over hele verden. Omtrent halvparten av verdens insekter er nattaktive og kan bli påvirket av kunstig lys. Kunstig lys kan være skadelig for insekter på mange ulike vis, men gir alt fra direkte død (flyr rundt et kunstig lys til de dør av utmattelse, tiltrekkes billys og krasjer) til at de ikke finner en partner, legger egg på feil sted mv. (Owens m.fl. 2020). Lys med mer blåfarge (som i LED-lys) og særlig UV-lys tiltrekker mer insekter enn kunstig lys fra mer gammeldagse lyskilder (Rydell 2017, Pawson & Bader 2014). LED-lys ser ut til å tiltrekke ca. 50% mer insekter enn eldre lyskilder, og det uavhengig av fargetemperaturen på LED-lyset slik vi mennesker oppfatter det (Pawson & Bader 2014).

Flaggermus oppsøker aktivt vindkraftverk, trolig fordi det er høyere konsentrasjoner av insekter der enn ellers. Disse konsentrasjonene av insekter skjer muligens fordi anleggene er varme, er hvite/lysegrå samt ligger på og utgjør høyeste punkt i terrenget, alt faktorer som tiltrekker seg insekter. Enkelte typer varsellys har også vist seg å ha en tiltrekkende effekt på insekter. (Miljødirektoratet 2018). Varsellys ser derimot ikke ut til å tiltrekke seg flaggermus direkte (Rydell 2017).

Mange pattedyr inklusive hjortedyr reagerer på en økning i månelys ved å redusere sin bruk av åpne/belyste områder, noe som gjerne forklares med økt predasjonsfare med mer lys. (Follestad 2014)

Fugl kolliderer som kjent også med konstruksjoner. Gehring m.fl. (2009) undersøkte natttrekkende fugls kollisjoner med 24 ulike kommunikasjonstårn på opptil 305 meters høyde i USA. Undersøkelsen viste at tårn med kun blinkende lys på toppen hadde signifikant færre kollisjoner enn tårn som i tillegg hadde faste, ikke-blinkende lys ellers på konstruksjonen, men at det ikke var forskjell på tårn med blinkende/ikke-blinkende topplys. Typen lyskaster har betydning for kollisjonsrate hos noen typer fugl, som petreller (Rodriguez m.fl. 2017). Follestad (2014) skriver i sin litteraturstudie at undersøkelser har vist at fugl reagerer forskjellig på ulike lysfarger, og at trekkende fugls geomagnetiske kompass endres av den røde delen av fargespekteret. Med bakgrunn i dette har det derfor blitt utviklet nye lys for oljeplattformer som tar hensyn til fuglenes sensitivitet for denne delen av spekteret. I forbindelse med Smøla vindkraftverk har NINA gjort forsøk med bruk av UV-lys om natta for å se om dette kunne skremme fugl unna, men effektene var ikke særlig store (NINA 2020).

Frosker og padder kan være mer sårbare for kunstig nattbelysning enn andre arter, bl.a. fordi de oftest er helt eller delvis nattaktive, har begrenset mobilitet og har øyne som etter blinding kan trenge lang tid (flere timer) før synet igjen er tilpasset mørket (Follestad 2014).

Konsekvenser Odal vindkraftverk

Kunnskapsgrunnlaget ser ut til å være begrenset om effekten av blinkende hinderlys i et ellers mørkt nærområde på land. Det er mer kunnskap om sterke og i hovedsak kontinuerlige lyskilder til sjøs, fyrlys, fra tettbebyggelse, veibelysning mv. Sammenligninger på samme konstruksjon med og uten hinderlys har ikke blitt funnet. Det tas forbehold om at det for dette notatet har vært begrenset tid til å dykke inn i litteraturen.

I Swecos konsekvensutredning for Odal vindkraftverk er lysmerkingen som tidligere nevnt omtalt i vurderingen av konsekvenser for landskapet. Lysmerkingen er ikke omtalt i kapitlet om naturmangfold, som er utført iht. krav og veiledere fra NVE og standard metode på tidspunktet, Statens vegvesens Håndbok 140.

Naturtyper og vegetasjon i og umiddelbart omkring vindkraftverket forventes ikke vesentlig mer påvirket av kontinuerlige hinderlys enn ved en radarstyrt løsning. Det antas at lysmengden fra

Lysmerking og effekter på andre interesser

hinderlysene ikke vil medføre noen vesentlige endringer i plantenes metabolisme eller ha andre påvirkninger som i noen grad er kjent fra mer omfattende, kunstig belysning. Hinderlysene vil som omtalt foran i liten grad lyse nedover i nærområdene, og «nedslag» på bakken vil være fra hinderlys et godt stykke unna slik at lysmengden/energien i lyset blir mindre.

For fugl og annen fauna er en viss økt, negativ påvirkning ikke usannsynlig. Konsekvensutredningen omtaler bl.a. forekomst av padde og sannsynlig forekomst av liten salamander, amfibier som trolig er særlig sårbare for blinding fra kunstig belysning. Hjortedyrene er mer mobile og tilpasningsdyktige, men marginale effekter som at de kan søke mer skjul i mørk og tett skog dersom de oppfatter seg mer eksponert som følge av hinderlysene kan ikke utelukkes. Påvirkning på gaupas jaktsuksess i området kan også tenkes, men noe sikkert kan ikke sies om dette. For flaggermus, fugl og insekter er det i utgangspunktet en definitiv kollisjonsrisiko med vindturbinene, og det er med bakgrunn i den gjennomgåtte litteraturen vanskelig å si noe forsøksvis velbegrunnet om kontinuerlige hinderlys vil utgjøre noen vesentlig endring i denne kollisjonsrisikoen. Hønsefugl som lirype, og trolig også skogsfugl som det er en del av i Odal vindkraftverk, flyr lavt og kolliderer derfor i hovedsak med tårnet, ikke vingene. Det er ikke grunn til å anta at hinderlys på toppen av nacellen vil påvirke dette i særlig grad. Når det gjelder andre og mer kompliserte virkninger av kunstig lys på økosystemene, kanskje særlig for insekter, vurderes det som lite trolig at hinderlysene vil ha større effekter her siden omgivelsene rundt vindturbinene i mindre grad blir opplyst.

Konsekvensutredningens konsekvensgrader for naturmangfold framgår i tabell 1. Hinderlys og effekt av disse er ikke omtalt for dette fagtemaet og må antas å ikke inngå i omfangsvurderingen. Det vurderes likevel slik at konsekvensgraden ikke endres av at lysmerkingen går fra radarstyrt til permanent, men kunnskapsgrunlaget her er tynt slik det også er presisert flere ganger.

1.7.3 Konsekvenser for friluftsliv

I konsekvensutredningen for Odal vindkraftverk er influensområdet satt til 10 km utover fra vindkraftverket. Avstanden til Bukkeneset friluftsområde (badeplass) ved Storsjøen, som er det nærmeste dedikerte friluftslivsområdet, oppgis å være ca. 5,5 km. Det er et omfattende og variert friluftsliv i områdene rundt vindkraftverket.

På bakgrunn av kjent bruk og bruksområder ble influensområdet delt inn i 5 delområder, med størst verdi på delområde A Eidsvoll øst for Vorma, verdi stor. Av påvirkninger er støy, synlighet og skyggekast omtalt, i tillegg til muligheten for pågående og nye aktiviteter i selve utbyggingsområdet. Muligheten for iskast er også omtalt. Hinderlysene er ikke eksplisitt omtalt i vurderingene av visuell virkning. Konsekvensen er vurdert størst for delområde D (Songkjølen og sørover) med stor negativ. Samlet konsekvens for hele influensområdet er satt til stor til middels negativ.

Det er som nevnt foran ikke tvil om at høyintensitets hinderlys til tider oppfattes som svært plagsomt, jf. Pohl m.fl. (2012, Tyskland), Rudolph m.fl. (2017, Danmark) og NRK (2021, Norge). Det er først de aller siste årene vi har fått vindkraftverk i Norge med høyintensitets hinderlys og dermed kunnet erfare dette selv fra bygde anlegg. Kunnskapsinnhenting om dette er som nevnt foran fortsatt i startgropa, og det er gjort lite konkret på norske problemstillinger, f.eks. effekter vinterstid når det er snø (NRK/Follestad 2015).

Folks negative oppfatning synes i stor grad å være knyttet til hinderlys når det er lite lys eller helt mørkt, og i mindre grad i fullt dagslys selv om hinderlysene da lyser atskillig sterkere (Rudolph m.fl. 2017). Forskjellen i lysintensitet mellom hinderlysene og den naturlige belysningen oppleves nok mindre på dagtid, spesielt i godt vær/fullt solskinn. På kveld/natt blir lysene mye mer dominerende etter hvert som landskapet ellers «forsvinner», til tross for at lysstyrken i hinderlysene trappes ned. NN (2019) trekker også fram at effekten kan oppleves størst i skumring, når man fortsatt ser landskapet, enn i mørket når landskapsrommet blir borte. Forskjellen til før-situasjonen, som i Norge gjerne er fra et utmarksområde uten eller med lite kunstig belysning, spiller også inn. I Norge

Lysmerking og effekter på andre interesser

vil det også være å forvente en ekstra stor forskjell i opplevd plage, sammenlignet med land lengre sør, mellom sommerhalvåret med mye sollys og vinterhalvåret med mye halvmørke og mørke. Været, og da spesielt lavt skydekke over vindkraftverket, kan også forverre (eller skjule) opplevelsen.

For utendørs friluftslivsaktiviteter er det på denne bakgrunn rimelig å forvente en viss forskjell mellom aktiviteter/områder som brukes mest når det er mye sol om sommeren, typisk bading, og aktiviteter som utføres under dårligere lysforhold, slik som skigåing utenfor lysløyper, turgåing om høsten, nærturer ettermiddag/kveld og i særdeleshet stjerneblikking/opplevelsen av mørk natt. Rudolph m.fl. (2017) knytter deler av plagen fra høyintensitets lysmerking til opplevelsen av tap av stedsidentitet og stedstilknytning som følge av tap av mørke.

Negativ opplevelse av hinderlysmerkingen må som nevnt tidligere forventes å strekke seg lenger ut enn både de 10 km som er brukt for konsekvensvurdering friluftsliv og de 20 km som er brukt for konsekvensvurdering landskap.

Siden lysmerkingen ikke er omtalt og må antas å ikke være inkludert i omfangsvurderingen for friluftslivet, og fordi virkningen er mer omfattende i rom og tid enn øvrig visuell påvirkning, vurderes det som rimelig å forsterke samlet konsekvens for friluftslivet av Odal vindkraftverk med kontinuerlig hinderlysmerking til stor negativ.

1.8 Mulig avbøtende tiltak

1. Radar-/transponderstyrt lysmerking snarest vil være det klart beste avbøtende tiltak.
2. Det vil være viktig å gjøre det godt kjent at lysmerkingen så snart som mulig skal bli radarstyrt. Folks negative opplevelse av permanent lysende hinderlys kan forventes å bli noe redusert når de vet at dette er for en periode som vil gå over.
3. Utnytte muligheten i forskriften til å redusere lysstyrken med inntil 25% fra kravet.
4. Velge lys som lyser minst mulig nedover, ev. etterinstallere skjerming som tar bort mest mulig lys under -1 grad siden det ikke er krav om lys lengre ned.
5. Søke Luftfartstilsynet om unntak fra kravet om blinkende lys til fast lys, spesielt om natta.

2 Kilder

Follestad, A. 2014. Effekter av kunstig nattbelysning på naturmangfoldet – en litteraturstudie. NINA Rapport 1081, 89 s.

Fiskevold, M., Bjørnstad, I., Heimstad, R., Løset, F., Mortensen, M., Myrmæl, A., Molin, P., Sandbakk, T. og Seiersted, D. T. 2012. Songkjølen og Engerfjellet vindkraftverk i Nord-Odal og Nes. Konsekvensutredning. Sweco rapport 170832-1/2012. 219 s.

Gehring, J., Kerlinger, P. and Manville II, A. M. 2009. Communication towers, lights, and birds: successful methods of reducing the frequency of avian collisions. *Ecological Applications* Vol 19, s. 505-514.

ILP. 2020. Institute of Lighting Professionals. Guidance Note 01/20. 15 s.

Jakobsen, S, Bølling, J. K. og Bjerkestrand, E. 2018. Nasjonal ramme for vindkraft. Temarapport om nabovirkninger. NVE rapport nr. 72/2018. 43 s.

Lovdata. Forskrift om rapportering, registrering og merking av luftfartshinder.

<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2014-07-15-980>

Lysmerking og effekter på andre interesser

- Luftfartstilsynet. 2021. Konsolidert forskrift om rapportering, registrering og merking av luftfartshinder (BSL E 2-1). Med gjeldende forskrift av 22.7.2014 og ny forskrift som trer i kraft fra 1. juli 2022. Versjon 1.0 23. april 2021. 15 s.
- Miljødirektoratet. 2018. Faggrunnlag flaggermus. Nasjonal ramme for vindkraft 2017-2018. 20 s.
- Miljødirektoratet. 2019. M-1312. Faggrunnlag – Landskap. Underlagsdokument til nasjonal ramme for vindkraft. 25 s.
- NINA. 2020. <https://www.nina.no/Aktuelt/Nyhetsartikkel/ArticleId/5037/S-229-effektive-er-tiltakene-for-fuglevennlig-vindkraft>
- NN. 2019. Clauchrie Windfarm. Environmental Impact Assessment Report. Technical Appendix 6.2. Landscape and Visual Impact – Visual Assessment of Turbine Lighting. Scottish Power Renewables. 24 s. https://www.scottishpowerrenewables.com/userfiles/file/Clauchrie_Volume_4_-_Appendix_6.2_Lighting.pdf
- Nowiki, Steradian: <https://www.nowiki.org/wiki/Steradian>
- NRK/Follestad, A. 2015. <https://www.nrk.no/nordland/lysforurensning-pavirker-alt-fra-encellede-dyr-til-mennesker-1.12208542>
- NRK/Thonhaugen, M. 2021. <https://www.nrk.no/nordland/mdg-mener-vindturbin-i-vindpark-gir-negative-konsekvenser-pa-naturen-pa-grunn-av-lysforurensning-1.15323885>
- NVE. 2012. E.ON Vind Sverige AB – Songkjølen og Engerfjellet vindkraftverk i Nes og Nord-Odal kommuner – Fastsetting av konsekvensutredningsprogram. 11 s.
- NVE. 2014. Bakgrunn for vedtak – Songkjølen og Engerfjellet vindkraftverk. 99 s.
- NVE. 2021. NVE orienterer om behandling av vilkår 24 og ber om tilleggsopplysninger – Odal vindkraftverk. 2 s.
- OED. 2016. E.ON Wind Norway, Branch of E.ON Wind Norway og Eidsiva Nett AS – Songkjølen og Engerfjellet vindkraftverk I Nord-Odal kommune – klagesak. 22 s.
- Orga BV. 2020. L500 white & dual white/red. High intensity LED obstruction light. Brosjyre. 3 s.
- Owens, A. C. S, Cochard, P., Durrant, J., Farnworth, B., Perkin, E. K and Seymoure, B. 2020. Light pollution is a driver of insect declines. Biological Conservation Volume 241.
- Pohl, J., Hübner, G. and Mohs, A. 2012. Acceptance and stress effects of aircraft obstruction markings of wind turbines. Energy Policy Vol. 50, s. 592-600.
- Rich, C. & Longcore, T. 2006. Ecological consequences of artificial night lighting. Island Press, Washington, DC 200909, 458 s.
- Rodriguez, A., Dann, P. and Chiaradia, A. 2017. Reducing light-induced mortality in seabirds: High pressure sodium lights decrease the fatal attraction of shearwaters. Journal for Nature Conservation Vol. 39 s. 68-72.
- Rudolph, D., Kirkegaard, J., Lyhne, I. Clausen, N.-E. and Kørnøv, L. 2017. Spoiled darkness? Sense of place and annoyance over obstruction lights from the worlds largest wind turbine test centre in Denmark. Energy Research & Social Science Vol 25, s. 80-90.
- Rydell, J., Ottvall, R., Pettersson, S. och Green, M. 2017. Vindkraftens påverkan på fåglar och fladdermöss, uppdaterad syntesrapport 2017, Vindval. s.l. : Naturvårdsverket, 2017. Rapport 6740. 130 s.
- Pawson, S. M. and Bader, M. K.-F. 2014. LED lighting increases the ecological impact of light pollution irrespective of color temperature. Ecological Applications Vol. 24, s. 1561-1568.

Lysmerking og effekter på andre interesser

Store norske leksikon. Candela: <https://snl.no/candela> Lumen: https://snl.no/lumen_-_enhet_for_lysstr%C3%B8m Lux: <https://snl.no/lux>

Muntlige kilder

Luftfartstilsynet ved Helene Agersborg Hansen, flyplassinspektør

Luftfartstilsynet ved Lise Johanne Heggstad, flyplassinspektør

Odal vindkraftverk/Stormvind ved Martin Westin

3 VEDLEGG

1. Synlighetskart, beregnet antall synlige hinderlys ut i fra topografi (bakke). Alle boliger og hytter i området inntegnet. Fra Meventus.
2. Synlighetskart, beregnet antall synlige hinderlys ut i fra topografi (bakke) og skog (forskjell mellom overflatemodell og terrengmodell). Alle boliger og hytter i området inntegnet. Fra Meventus.
3. Synlighetskart, beregnet sterkeste lysstyrke fra minst ett hinderlys ut i fra topografi (bakke). Alle boliger og hytter i området inntegnet. Fra Meventus.
4. Fotomontasjer dag og kveld. Fra Norconsult.
5. **MP4-fil** med animasjon av blinkende hinderlys kveld fra fotostandpunkt nr. 4 Bukkeneset. Fra Norconsult.