

# Hinderbelysning – ett hinder för utbyggnaden av vindkraft?

En studie om kraven på högintensiv hinderbelysning på vindkraftverk i Sverige

*Amanda Åkerman*

---

Examensarbete 2021  
Miljö- och Energisystem  
Institutionen för Teknik och samhälle  
Lunds Tekniska Högskola





LUNDS UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

## **Hinderbelysning – ett hinder för utbyggnaden av vindkraft?**

En studie om kraven på högintensiv hinderbelysning på  
vindkraftverk i Sverige

Amanda Åkerman

Examensarbete

November 2021



Dokumentutgivare, Dokumentet kan erhållas från LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA vid Lunds universitet Institutionen för teknik och samhälle Miljö- och energisystem Box 118 221 00 Lund Telefon: 046-222 00 00 Telefax: 046-222 86 44	Dokumentnamn
	Examensarbete
	Utgivningsdatum
	November 2021
	Författare
	Amanda Åkerman

Dokumenttitel och undertitel

Hinderbelysning – ett hinder för utbyggnaden av vindkraft?  
En studie om kraven på högintensiv hinderbelysning på vindkraftverk i Sverige

Sammandrag

Enligt nationella föreskrifter ska vindkraftverk över 150 m i totalhöjd markeras med högintensivt vitt blinkande ljus för att säkerställa att vindkraftverken är synliga för luftfarten. Samtidigt som hinderbelysningen är viktig för flygsäkerheten kan dock ljuset upplevas som störande av närboende. Syfte med denna studie är därför att utreda konflikten mellan vindkraftsetableringar och närboendes hälsa och livsmiljö som kraven på högintensiv hinderbelysning aktualiserar och undersöka vilket hinder detta innebär för en fortsatt vindkraftsutbyggnad i Sverige.

Studien ämnar att genomföra en nulägesanalys, där nationella föreskrifter avseende hindermarkering av vindkraftverk jämförs med internationella rekommendationer samt till andra nordiska länders regelverk. Därtill utreds möjligheterna att tillämpa tekniker för att begränsa störningar s.k. behovsstyrd hinderbelysning samt hur närboende påverkas av hinderbelysningen och hur detta kan bedömas och beskrivas under projektering. För att uppnå syftet och för att besvara studiens frågeställningar har en kombination av en litteraturstudie, intervjustudie och en fallstudie genomförts.

Resultaten av denna studie visar att nationella föreskrifter är, i en internationell jämförelse, strängare och det finns flera aspekter med nuvarande bestämmelser som bör ses över och ändras för att begränsa störningar från hinderbelysningen. Att begränsa störningar från hinderbelysning genom att tillämpa behovsstyrd hinderbelysning bör däremot inte ses som en lösning på konflikten inom en snar framtid. Detta med anledning av att det inte är möjligt att medges dispens från nationella föreskrifter i och med både Transportstyrelsens egna bedömning och Försvarmakten avstyrkan till samtliga behovsstyrda system. Resultaten av denna studie visar även att kunskapsunderlaget kring hur närboende faktiskt upplever hinderbelysningen är väldigt begränsad. Det finns ett påtagligt behov av fler studier som undersöker vilka aspekter som inverkar på närboendes upplevda störning, både hinderbelysningens utformning och placering i landskapet men även hur försiktighetsåtgärder påverkar upplevelsen. Slutligen visar genomförd fallstudie att det är möjligt att använda synbarhetsanalyser som underlag för att beskriva hur hinderbelysningen påverkar omgivningen visuellt och kan användas under projektering för en mer kvantitativ bedömning av hur närboende kan komma att störas av hinderbelysningen.

Nyckelord

Vindkraft, hinderbelysning, högintensivt ljus, behovsstyrd hinderbelysning, störningar, synbarhetsanalys, GIS

Sidomfång	Språk	ISRN
101	Svenska	ISRN LUTFD2/TFEM-22/5175--SE + (1-101)

Organisation, The document can be obtained through LUND UNIVERSITY Department of Technology and Society Environmental and Energy Systems Studies Box 118 SE - 221 00 Lund, Sweden Telephone: int+46 46-222 00 00 Telefax: int+46 46-222 86 44	Type of document
	Master thesis
	Date of issue
	November 2021
	Authors
	Amanda Åkerman

Title and subtitle

Obstacle lighting – an obstacle to the expansion of wind power?  
 A study of the requirements for high-intensity obstacle lighting on wind turbines in Sweden.

Abstract

According to national regulations, wind turbines over 150 m in total height must be marked with high-intensity white flashing light to ensure that the wind turbine is visible to aviation. However, while the obstacle lighting is important for aviation safety it can also be perceived as disturbing to nearby residents. The purpose of this study is therefore to investigate the conflict between wind power establishments and the health and living environment of nearby residents that the requirements for high-intensity obstacle lighting actualize, and to investigate what this means for a continued expansion of wind power in Sweden.

The study intends to analyze the current situation, firstly by comparing national regulations regarding the marking of wind turbines with international recommendations and regulations in other Nordic countries. In addition, the possibilities of applying techniques to limit disturbances from obstacle lighting, i.e. on-demand controlled obstacle lighting is investigated and lastly, how nearby residents are affected by the obstacle lighting and how this can be assessed and described during project development. To achieve the purpose and to answer the research questions, a combination of a literature study, an interview study and a case study was conducted.

The results of this study shows that national regulations are stricter in an international comparison and there are several aspects of current regulations that should be reviewed and adjusted to limit disturbances from obstacle lighting. Limiting disturbances by applying on-demand controlled obstacle lighting should however not be seen as a solution to the conflict in the near future. As it is not possible to be granted an exemption from national regulations due to the Swedish Transport Agency's assessment and the Armed Forces' rejection of all on-demand controlled systems. The results of this study also shows that the knowledge about how nearby residents actually experience the obstacle lighting is very limited. There is a noticeable need for more studies that examine the aspects that affect the perceived disturbance, both the design of the obstacle lighting and the location in the landscape, but also how precautionary measures affect the perceived disturbance. Lastly, the performed case study shows that it is possible to use visibility analyzes for describing how obstacle lighting affects the surroundings and can be used during project development for a more quantitative assessment of how nearby residents may be disturbed by obstacle lighting.

Keywords

Wind power, obstacle lighting, high-intensity light, on-demand controlled obstacle lighting, disturbances, visibility analysis, GIS

Number of pages	Language	ISRN
101	Swedish	ISRN LUTFD2/TFEM-22/5175--SE + (1-101)

## Förord

Detta examensarbete har genomförts under delar av vår- och höstterminen 2021 som den avslutande delen av Civilingenjörsprogrammet i Ekosystemteknik vid Lunds Tekniska Högskola. Examensarbetet har genomförts vid avdelningen Miljö- och Energisystem tillhörande institutionen för Teknik och Samhälle och i samarbete med RWE Renewables Sweden.

Jag vill rikta ett stort tack till alla som har varit med och hjälpt mig under arbetets gång. Först vill jag tacka mina handledare Jamil Khan och Per Svenningsson på avdelningen för Miljö- och Energisystem för stöd och givande diskussioner. Tack också till Bengt Johansson också på avdelningen Miljö- och Energisystem, som varit examinator för arbetet.

Tack även till RWE Renewables för möjligheten att skriva om ett så spännande ämne och för ert varma mottagande och tillgång till er inspirerande arbetsplats. Ett särskilt varmt tack vill jag rikta till mina handledare Frida Godet och Moa Rosén för ert engagemang, uppmuntran och för all kunskap som ni har delat med er utav. Ni har varit stöttande genom hela arbetsprocessen, gett värdefulla synpunkter och bidragit till arbetets ständiga utveckling.

Dessutom vill jag tacka alla som jag intervjuat och som delat med sig av sina erfarenheter, framför allt till Martin Johansson som hjälpt mig med synbarhetsanalysen och GIS-relaterade frågor.

Slutligen vill jag tacka alla mina nära och kära som stöttat mig igenom det här, ni är bäst!

Amanda Åkerman  
Malmö, 26 November 2021

## Ord- och begreppsförklaringar

Belysningsstyrka (E): beskriver ljusflödet är per areaenhet, alltså hur mycket ljus som träffar en yta, i enheten lux (lx). Om ljusflödet 1 lm faller på en yta som är 1 m<sup>2</sup>, blir belysningen på ytan 1 lux (1 lux= lm/m<sup>2</sup>).

Belysningslagen: innebär att ljusstyrkan avtar med kvadraten på avståndet från ljuskällan. Ljuskälla med ljusstyrkan I, skickar inom en rymdvinkel  $\omega$  ut ett ljusflöde  $\phi$  där  $\phi = \omega * I$ . På avståndet r från ljuskällan har ljusflödet en tvärsnittsarea A där  $A = \omega * r^2 \rightarrow E = \frac{\phi}{A} = \frac{I}{r^2}$

LED (Light Emitting Diodes): energieffektiv och långlivad ljuskälla som konverterar direkt elektrisk energi utan värmeförluster till ljus.

Ljusstyrka (I): beskriver hur mycket ljus en ljuskälla avger i en given vinkel (definieras som kvoten mellan ljusflöde och rymdvinkeln). Enheten är candela (cd) där 1 cd motsvarar ungefär ett normalt stearinljus.

Ljusflöde ( $\phi$ ): beskriver den energimängd som lämnar en ljuskälla per tidsenhet. Enheten lumen (lm).

Miljökonsekvensbeskrivning (MKB): för tillståndspliktiga vindkraftsverk ska en specifik miljöbedömning genomföras och en miljökonsekvensbeskrivning (MKB) ska tas fram av verksamhetsutövaren i enlighet med MB 6 kap. 35 § efter ett avgränsningssamråd enligt MB 6 kap. 29 §.

Navhöjd: Vindkraftverket höjd från marken till nacell (maskinhus).

Kommunal tillstyrkan: för att få tillstånd att uppföra tillståndspliktiga vindkraftverk krävs även att den kommun där anläggningen avses att uppföras har tillstyrkt vindkraftsetableringen enligt 16 kap. § 4 MB. Bestämmelsen om kommunal tillstyrkan kallas ofta för det kommunala vetot.

Specifik miljöbedömning: tillståndspliktiga vindkraftverk ska enligt 6 § miljöbedömningsförordningen (2017:966) alltid antas medföra betydande miljöpåverkan och en specifik miljöbedömning, i enlighet med 6 kap. MB, ska därför alltid genomföras.

Tillståndspliktiga vindkraftverk: ett vindkraftverk är genom sin omgivningspåverkan en miljöfarlig verksamhet och beroende på storlek kan vindkraftverket vara anmälnings- eller tillståndspliktigt enligt MB. För att bygga en tillståndspliktig vindkraftspark krävs tillstånd enligt MB och kommunal tillstyrkan enligt 16 kap. § 4 MB. Ansökan om tillstånd prövas vid en länsstyrelse (miljöprövningsdelegation) enligt 1 kap. 6 § miljöprövningsförordningen (2017:966).

Totalhöjd: Vindkraftsverkets navhöjd plus längden på rotorbladet (vindkraftsverkets totala höjd upp till bladspetsen när denna står som högst).



Vindkraftsprojektering: Projekteringsfasen av en vindkraftsetablering, innefattar bl.a. projektutveckling, utredningar, samrådsförfaranden, upprättande av miljökonsekvensbeskrivning och tillståndsansökan.

Xenonlampa: ljuskälla som t.ex. ofta används i fordonsstrålkastare, ljuset skapas i ett urladdningsrör som är fyllt med ädelgasen xenon och en blandning av metallsalter.

## **Hur man upplever ljus?**

En av de viktigaste egenskaperna är att ljuset från en ljuskälla inte syns förrän det träffar en yta, vilket innebär att själva ljuskällan syns och man upplever ljuset som träffar en yta, men själva ljusstrålen där emellan syns inte.

Viktigt att ta hänsyn till är också att belysningsstyrka eller ljusstyrka inte anger hur man upplever ljuskällan utan detta måste ställas i relation till omgivningen. Avståndet till ljuskällan av även betydelse, där ljusstyrkan minskar med avståndet och blir svagare ju längre det färdas i enlighet med belysningslagen (se ovan). Även spridningsvinkeln hos ljuskällan påverkar hur belysningsstyrkan varierar med avståndet från ljuskällan, där ljusbilden blir bredare och mindre intensiv med avståndet.

Man kan beräkna belysningsstyrkan på olika avstånd från ljuskällan utifrån given ljusstyrka och spridningsvinkel. En ljuskälla som avger 100 000 cd (motsvarar högintensiv hinderljus under dagtid) med en spridningsvinkel på  $4^\circ$  ger en belysningsstyrka på 1 lux vid 500 m från ljuskällan. En ljuskälla med samma spridningsvinkel men som däremot bara avger 2 000 cd (motsvarar högintensiv hinderljus under nattetid) ger en belysningsstyrka av 0,01 lux på 500 m och 4 lux på 20 m avstånd från ljuskällan.

# Innehållsförteckning

<b>1 INLEDNING</b> .....	<b>1</b>
1.1 Bakgrund & problembeskrivning.....	1
1.2 Syfte & frågeställningar.....	2
1.3 Avgränsningar.....	3
1.4 Disposition.....	3
<b>2 METOD</b> .....	<b>5</b>
2.1 Litteraturstudie.....	5
2.2 Kompletterande intervjuer & intervjustudie med vindkraftsprojektörer.....	6
2.3 Fallstudie – synbarhetsanalyser på befintliga vindkraftverk.....	7
<b>3 FÖRESKRIFTER AVSEENDE HINDERMARKERING AV VINDKRAFTVERK</b> .....	<b>8</b>
3.1 Generellt om hindermarkering.....	8
3.2 Hindermarkering av vindkraftverk enligt Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd (TSFS 2020:88).....	8
<b>4 HÖGINTENSIV HINDERBELYSNING - ETT HINDER FÖR VINDKRAFTSUTBYGGNADEN?</b> .....	<b>13</b>
4.1. Hinderbelysningens betydelse för tillståndsgivningen.....	13
4.2 Regleringsbrev för Transportstyrelsen och Försvarmakten som avser vindkraft ....	15
<b>5 INTERNATIONELL JÄMFÖRELSE AV BESTÄMMELSERNA I TSFS 2020:88..</b>	<b>17</b>
5.1 Jämförelse med ICAO:s rekommendationer i Annex 14.....	17
5.2 Jämförelse med regelverket i Norge och Finland.....	19
<b>6 TEKNIKER FÖR ATT BEGRÄNSA PÅVERKAN PÅ OMGIVNINGEN: BEHOVSSTYRD HINDERBELYSNING</b> .....	<b>22</b>
6.1 Radarstyrd hinderbelysning.....	22
6.2 Transponderstyrd hinderbelysning.....	23
6.3 Siktstyrd hinderbelysning.....	24
<b>7 TILLÄMPNING AV BEHOVSSTYRD HINDERBELYSNING I SVERIGE</b> .....	<b>25</b>
7.1 Dispensförfarande enligt TSFS 2020:88 och vindkraftsparker som beviljats undantag för tillämpning av behovsstyrd hinderbelysning.....	25
7.2 Dispensansökningar gällande behovsstyrd hinderbelysning – skäl för Transportstyrelsens beslut?.....	27
7.3 Transportstyrelsens ställning till behovsstyrd hinderbelysning.....	32
7.4 Försvarmaktens ställning till behovsstyrd hinderbelysning.....	33
<b>8 HINDERBELYSNINGENS PÅVERKAN PÅ OMGIVNINGEN</b> .....	<b>36</b>
8.1 Påverkan från hinderbelysningen på närboende.....	37
8.2 Vetenskapliga artiklar om hur närboende påverkas av hinderbelysningen - enkätundersökningar genomförda på boende vid vindkraftsparker i Tyskland & Danmark.....	38
8.3 Sammanfattning om hur boende vid vindkraftverk upplever hinderbelysningen och aspekter som inverkar på närboendes upplevda störning.....	42
<b>9 METODER FÖR ATT BEDÖMA OCH BESKRIVA HINDERBELYSNINGENS PÅVERKAN PÅ OMGIVNINGEN</b> .....	<b>44</b>

9.1 Störningar från hinderljus ska tas hänsyn till enligt MB och miljöbedömningsförordningen – riktlinjer eller vägledning saknas .....	44
9.2 Metoder för att bedöma och beskriva hinderljusens visuella påverkan – visualiseringar och synbarhetsanalyser .....	44
<b>10 FALLSTUDIE – SYNBARHETSANALYS PÅ BEFINTLIGA VINDKRAFTSPARKER .....</b>	<b>48</b>
10.1 Vindkraftsparkerna Villköl och Stengårdsholma .....	48
10.2 Synbarhetsanalys - metod.....	51
10.3 Synbarhetsanalys - resultat .....	54
<b>11 DISKUSSION .....</b>	<b>67</b>
11.1 Reglering av nationella föreskrifter – möjligheter för Transportstyrelsen att göra om och göra rätt.....	67
11.2 Behovsstyrd hinderbelysning – ej möjlig lösning och kan hänvisas till intressekonflikten mellan vindkraften och Försvarmakten.....	69
11.3 Kunskapsbrist om hur närboende upplever hinderbelysningen och aspekter som inverkar .....	70
11.4 Synbarhetsanalyser för att bedöma och beskriva visuell påverkan från hinderbelysningen samt lärdomar från genomförd fallstudie.....	71
<b>12 SLUTSATSER.....</b>	<b>75</b>
<b>REFERENSER .....</b>	<b>77</b>
<b>BILAGOR .....</b>	<b>83</b>
Bilaga 1. Intervjufrågor till vindkraftsprojektörer.....	83
Bilaga 2. Vindkraftsparkernas lokalisering och fördelning av låg- respektive högintensivt hinderbelysning .....	83
Bilaga 3. Transportstyrelsens beslut avseende dispensansökningar för tillämpning av behovsstyrd hinderbelysning .....	86

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund & problembeskrivning

Sverige har högt uppsatta klimat- och energimål, däribland det långsiktiga målet om att man senast år 2045 inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären och målet om en 100 procent förnybar elproduktion till år 2040 (Infrastrukturdepartementet, 2020). Vindkraften är viktig för att uppnå dessa mål och för att möta den kraftigt ökade elanvändningen som förväntas, och i rapporten *100 procent förnybar el* bedömer Energimyndigheten att en omfattande vindkraftsutbyggnad är en förutsättning för att uppnå ett helt förnybart elsystem (Energimyndigheten, 2019).

Vindkraften i Sverige bedöms ha goda förutsättningar och har under de senaste åren byggts ut i snabb takt, framförallt tack vare en snabb teknikutveckling mot större och mer effektiva vindkraftverk med kraftigt sjunkande produktionskostnader som följd (Energimyndigheten & Naturvårdsverket, 2021a). År 2020 uppgick den totala elproduktionen från vindkraft i Sverige till 27,5 TWh motsvarande ungefär 16 procent av elproduktionen (Energimyndigheten, 2021a). Den kraftiga utbyggnaden antas dessutom fortsätta. Enligt Energimyndighetens kortsiktprognos ökar den årliga elproduktionen från vindkraft till 46 TWh år 2024 (Energimyndigheten, 2021b) och enligt Energimyndighetens långsiktiga scenarier över Sveriges energisystem förväntas elproduktionen från vindkraften öka till mellan 64 och 156 TWh år 2050 beroende på scenario (Energimyndigheten, 2021c).

En viktig fråga för fortsatt vindkraftsutbyggnad i Sverige är dock att den sker på ett hållbart sätt. Enligt rapporten *Nationell strategi för en hållbar vindkraftsutbyggnad* innebär detta bl.a. att man tar hänsyn till andra samhällsintressen och lokalisering och utformning av vindkraftsparker görs med hänsyn till lokala natur- och kulturvärden samt orsakar minsta intrång och olägenhet för människors hälsa och livsmiljö (Energimyndigheten & Naturvårdsverket, 2021a).

Utöver exempelvis ljud- och skuggstörningar från vindkraftverken är störningar från hinderbelysningen något som ofta diskuteras gällande vindkraftens omgivningspåverkan. Hinderbelysningen är ljuset på vindkraftverkets högsta fasta punkt som ska säkerställa att vindkraftverket är synlig för luftfarten. Enligt *Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om markering av föremål som kan utgöra en fara för luftfarten och om flyghinderanmälan* (TSFS 2020:88) ska alla objekt med viss höjd, även vindkraftverk, hindermarkeras. Vindkraftverk som har en totalhöjd under 150 m ska markeras med medelintensivt rött blinkande ljus medan vindkraftverk med en totalhöjd över 150 m ska markeras med högintensivt vitt blinkande ljus.

Hinderbelysningen på vindkraftverken är viktig för flygsäkerheten men innebär en visuell påverkan och hinderljuset kan uppfattas som störande av närboende till vindkraftverken (Bolin, et al., 2021; Boverket, 2009; Energimyndigheten, 2021d). Särskilt påverkan från högintensiv hinderbelysning och att begränsa eventuella störningar som närboende kan drabbas av har fått mycket uppmärksamhet och tas ofta upp i samband med nya vindkraftsetableringar. Att högintensiv hinderbelysning befaras upplevas som störande har i vissa fall lett till att flera kommuner ger

villkorade tillstyrkansbeslut och inte tillåter vindkraftverk över 150 m i totalhöjd<sup>1</sup>, och enligt branschorganisationerna Svensk Vindenergi och Svensk Vindkraftförening är det de högintensiva hinderljusen som orsakar en betydande del av de kommunala veton som stoppar vindkraftsprojekt (Svensk Vindenergi & Svensk Vindkraftförening, 2019).

Nationella föreskrifter (TSFS 2020:88) har följaktligen mött omfattande kritik av vindkraftsbranschen och i remissynpunkt avseende reglering av föreskrifterna i december 2020 skriver bl.a. branschorganisationen Svensk Vindenergi att bestämmelserna både fördyrar och försvårar vindkraftsutbyggnaden i Sverige (Transportstyrelsen, 2020). TSFS 2020:88 kritiseras framför allt för att i en internationell jämförelse vara strängare och att det i Sverige ställs hårdare krav på användning av högintensivt hinderljus än den internationella organisationen för civil luftfart (ICAO) rekommendationer för hindermarkering av vindkraftverk.

För att hantera ovannämnda konflikt mellan kraven på att vindkraftverken ska markeras med högintensiv hinderbelysning och att begränsa störningar på närboende finns en efterfrågan på att kunna reglera och styra hinderbelysningen. Det finns tekniker för styrning av vindkraftverkens hinderbelysning s.k. behovsstyrd hinderbelysning. Teknikerna bygger på att hinderljusen är nedsläckta och enbart aktiveras vid annalkande luftfartyg alternativt att ljusstyrkan dämpas vid goda siktförhållanden (Bergström, 2014). Tillämpning av behovsstyrda system för att begränsa störningar från högintensiv hinderbelysning har därför blivit en aktuell fråga och något som ofta efterfrågas och även ställs som krav av kommuner och länsstyrelser i flera tillståndsprövningar (Transportstyrelsen, 2020; Unger Larson, 2017).

Samtidigt som det är en väldigt aktuell fråga är kunskapen kring störningar från hinderbelysning på vindkraftverk väldigt begränsad. Det finns väldigt få studier om hur närboende upplever hinderbelysningen och till skillnad från exempelvis ljud- och skuggstörningar saknas det riktlinjer för hur påverkan från hinderbelysningen ska hanteras under projektering av vindkraft. Det finns således ett påtagligt behov av att öka kunskapen om hinderbelysningens omgivningspåverkan och analys av nuvarande föreskrifter och möjligheter att begränsa påverkan från hinderbelysningen är därför av stor betydelse för att kraven på att vindkraftverken ska markeras med högintensiv hinderbelysning inte ska innebära ett hinder för en fortsatt hållbar vindkraftsutbyggnad. Det är mot denna bakgrund som studiens syfte har formulerats.

## **1.2 Syfte & frågeställningar**

Övergripande syfte med denna studie är att utreda den potentiella konflikten mellan vindkraftsetableringar och närboendes hälsa och livsmiljö som kraven på högintensiv hinderbelysning aktualiserar och undersöka vilket hinder detta innebär för fortsatt vindkraftsutbyggnad i Sverige. Syftet är att genomföra en nulägesanalys av konflikten genom att klargöra nationella föreskrifter och möjligheten att tillämpa behovsstyrd

---

<sup>1</sup> Göran Fagerström, Miljöhandläggare vid Länsstyrelsen i Hallands län, videosamtal, 2021.08.21.

hinderbelysning, samt bidra till ökad kunskapsutveckling avseende hur närboende kan komma att påverkas av högintensiv hinderbelysning.

Följande problemställningar har formulerats för att uppnå studiens syfte:

1. Hur förhåller sig nationella föreskrifter avseende hindermarkering av vindkraftverk till ICAO:s rekommendationer i Annex 14 samt till andra nordiska länders regelverk?
2. Hur hanteras systemen för behovsstyrd hinderbelysning enligt nationella föreskrifter och praxis?
3. Hur upplever närboende högintensiv hinderbelysningen på vindkraftverk?
4. Vilka metoder används i dagsläget av vindkraftsprojektörer för att bedöma och beskriva hinderljusens visuella påverkan och hur kan synbarhetsanalyser användas för att kartlägga hur närboende påverkas av hinderbelysningen?

### **1.3 Avgränsningar**

Studien avgränsar sig till landbaserad vindkraft i Sverige då denna, i relation tillhavsbaserad vindkraft, idag utgör en betydligt större del av den totala andelen vindkraft i Sverige. Studien kommer även ha en geografisk avgränsning till Sverige men med en viss jämförelse med regelverket i andra nordiska länder (endast Norge och Finland) samt till internationella rekommendationer avseende hindermarkering av vindkraftverk.

Utöver hinderbelysningens inverkan på luftfarten och Försvarmaktens intressen har denna studie som en förenkling valt att fokusera på hinderbelysningens påverkan på närboende, vilket innefattar ljusets effekter på människors hälsa och livsmiljö. Detta innebär inte att hinderbelysningen ej inverkar på andra intressen och faktorer som kan påverkas av vindkraftsetableringar så som natur- och kulturvärden.

Vidare kommer denna studie behandla behovsstyrd hinderbelysning utifrån de system som finns tillgängliga och som används idag och inte hur eventuell teknikutveckling kan komma att ändra förutsättningarna för att tillåta och tillämpa systemen i Sverige.

### **1.4 Disposition**

Inledning – bakgrund och problembeskrivning för att motivera och visa på studieområdets aktualitet samt presentera studiens syfte, frågeställningar och avgränsningar.

Metod – beskrivning av studiens metod och genomförande, samt metoddiskussion.

Kapitel 3 – genomgång av nationella föreskrifter avseende hindermarkering av vindkraftverk. Syftet är att bidra med bakgrundsinformation på studieområdet samt klargöra kraven om högintensiv hinderbelysning.

Kapitel 4 – beskrivning av hur kraven på högintensiv hinderbelysning påverkar vindkraftsutbyggnaden i Sverige. Vidare presenteras regleringsbrevsuppdrag för Transportstyrelsen och Försvarmakten som avser vindkraft.

Kapitel 5 – en internationell jämförelse som undersöker hur TSFS 2020:88 förhåller sig till ICAO:s rekommendationer samt till regelverket i Norge och Finland avseende hindermarkering av höga vindkraftverk.

Kapitel 6 – introduktion av systemen för behovsstyrd hinderbelysning: radar-, transponder- och siktstyrd hinderbelysning.

Kapitel 7 – beskrivning av hur behovsstyrd hinderbelysning hanteras enligt nationella föreskrifter och praxis. Vidare utreds och sammanfattas Transportstyrelsens och Försvarsmaktens ställning till respektive system.

Kapitel 8 – kunskapssammanställning om hur boende intill vindkraftverk upplever hinderbelysningen och aspekter som inverkar på närboendes upplevda störning.

Kapitel 9 – beskrivning av vilka metoder som kan användas för att bedöma och beskriva hinderbelysningens visuella påverkan och vilka metoder som i dagsläget används av vindkraftsprojektörer under projektering.

Kapitel 10 – fallstudie på två befintliga vindkraftsparker i Nybro kommun hindermarkerade med högintensivt hinderbelysning; Villköl och Stengårdsholma. Syftet är att kartlägga och analysera påverkan från hinderbelysningen med hjälp av synbarhetsanalyser som beräknar varifrån hinderljusen på vindkraftsparkerna är synliga och potentiellt kan upplevas som störande för boende i närområdet.

Diskussion – diskussion kring studiens viktigaste resultat och som sammanlänkar studiens olika delar samt rekommendationer på framtida studier.

Slutsatser – studiens slutsatser presenteras.

## 2 Metod

En kombination av en litteraturstudie, intervjuer och en fallstudie har använts för att besvara studiens frågeställningar. Figur 1 nedan visar schematiskt över vilken metod som används för att besvara respektive frågeställning.



Figur 1. Figuren visar schematiskt över vilken metod som används för att besvara respektive frågeställning.

Nedan redogörs för litteraturstudie, intervjuer och fallstudie som genomförts.

### 2.1 Litteraturstudie

Litteraturstudien syftar till att bidra med bakgrundsinformation och vetenskaplig teori som är relevant för studien samt för att redogöra och sammanställa information om dagens kunskapsläge och situation avseende hinderbelysning på vindkraftverk.

Vetenskapliga och publicerade artiklar som används i litteraturstudien har hittats genom en avgränsad sökning via Lunds universitets databas Lubsearch och Google Scholar, där följande sökord har använts i olika kombinationer samt på både svenska och engelska: *vindkraft*, *hindermarkering*, *hinderbelysning*, *ljus*, *störningar*, *påverkan*. För ökad relevans filterades resultaten och endast europeiska och artiklar publicerade efter 2011 har använts.



I syfte att bidra med ytterligare underlag används även information och rapporter från myndigheter och olika aktörer i vindkraftsbranschen, t.ex. från branschorganisationer, Energimyndigheten, Naturvårdsverket och Vindval. Även snowball-metoden, där referenser i använda referenser följs upp, har används för att hitta mer relevant information inom området.

Avseende regelverk och dispensförfarande för tillämpning av behovsstyrd hinderbelysning har underlag från Transportstyrelsen används, information som är tillgängligt via dess hemsida men även beslut och officiella yttranden som delgetts via mail.

## **2.2 Kompletterande intervjuer & intervjustudie med vindkraftsprojektörer**

För att komplettera genomförd litteraturstudie gällande specifika ämnesområden där kunskapsunderlaget anses begränsat och för ökad förståelse har några intervjuer genomförts. Intervjuerna har genomförts antingen via videosamtal eller via mailkorrespondens med personer med kunskap och erfarenheter inom området, bl.a. inom teknikområdet samt med representanter från norska vindkraftföreningen (NORWEA) och finska vindkraftföreningen (FWPA). Lista över samtliga intervjupersoner finns återgivna under personlig kommunikation i referenser.

I syfte att undersöka hur man hanterar påverkan från hinderbelysningens under projektering och om synbarhetsanalyser eller visualiseringar med avseende på hinderbelysningen används har en intervjustudie genomförts med utvalda vindkraftsprojektörer. Utifrån syftet har fem intervjufrågor formuleras (återfinns i Bilaga 1) och skickats till representanter hos sex vindkraftsprojektörer: Svevind, OX2, Eolus Vind, RES Renewable, Stena Renewable och RWE Renewables.

Urvalet är baserat på statistik från Svensk Vindenergi i vilket publika nya projekt under 2017-2023 och antal MW finns angivet (Svensk Vindenergi, u.å). På respektive bolag identifierades personer med relevant kunskap och erfarenheter inom studieområdet till vilka intervjufrågorna skickades via mail till. Representanterna på bolagen finns återgivna i bilaga 1.

Vindkraftsprojektörerna gavs möjligt att besvara frågorna skriftligt via mail alternativt kunde frågorna besvaras via videosamtal. Skriftliga svar har erhållits av Svevind, Stena Renewable och RWE Renewables och videosamtal utfördes med representanter hos Eolus Vind och OX2.

Svaren som erhållits via mail sammanställdes så troget det skriftliga materialet som möjligt. Intervjuerna via videosamtal utfördes utifrån ett kvalitativ och semi-strukturerat upplägg (Lantz, 2013). Där respondenterna gavs utrymme att fritt utveckla sina tankegångar utifrån de på förhand formulerade intervjufrågorna, men följdfrågor kunde ställas för förtydligande eller för mer specifik information. Intervjuerna som utfördes genom videosamtal spelades inte in utan löpande anteckningar fördes under samtalet som därefter sammanfattades i slutet på intervjun för att kunna komplettera och rätta till eventuella feltolkningar.

## 2.3 Fallstudie – synbarhetsanalyser på befintliga vindkraftverk

En fallstudie har genomförts för att sammanställa erfarenheter från befintliga vindkraftsetableringar markerade med högintensiv hinderbelysning och baseras på två vindkraftsparker i Nybro kommun i Kalmar Län; Stengårdsholma och Villköl vindkraftspark

För generell och teknisk beskrivning av vindkraftsparkerna samt beskrivning om hur man hanterat hinderbelysningens omgivningspåverkan under projektering användes Vindlovs karttjänst Vindbrukskollen (Vindbrukskollen, u.å) samt underlag som t.ex. tillståndsansökan och Samhällsbyggnadsnämnden (SBN) i Nybro kommun beslut för respektive vindkraftspark. Ansökan och kommunens beslut är offentliga handlingar men har varit tillgängligt via RWE Renewables Sweden AB (RWE Renewables) dokumentdatabas. RWE Renewables äger och driver båda vindkraftsparkerna men projekten utvecklades och ägdes tidigare av E.ON Wind Sweden (E.ON). Under 2019 när RWE Renewables förvärvade E.ONs förnybara bolagsdel överfördes all E.ON Wind verksamhet och medarbetare till RWE Renewables (E.ON, 2021).

Syftet med fallstudien är att vidare utreda hur närboende påverkas av högintensiv hinderbelysning på vindkraftverk och för praktiskt tillämpning av att använda synbarhetsanalyser för att bedöma och beskriva hur hinderbelysningen påverkar omgivningen visuellt.

För att kartlägga och analysera i vilken utsträckning som närboende påverkas av hinderbelysningen på de befintliga vindkraftsparkerna genomfördes synbarhetsanalyser med hjälp av GIS (Geografiskt informationssystem) och programvaran QGIS. En synbarhetsanalys tar hänsyn till topografin och annat i terrängen som utgör hinder för siktlinjer och beräknar varifrån byggnader eller andra förändringar i landskapet kommer att synas (Naturvårdsverket, 2020a). Synbarhetsanalyserna i denna studie beräknar varifrån det teoretiskt är möjligt att se hinderbelysningen på de befintliga vindkraftsparkerna Stengårdsholma och Villköl. Därmed kan analyserna användas för att beskriva hur hinderbelysningen kan komma att påverka omgivningen visuellt och för att uppskatta antalet bostadsfastigheter varifrån hinderljusen är synliga och potentiellt kan upplevas som störande. Mer ingående metodbeskrivning för genomförda synbarhetsanalyser följer i kapitel 10.2.

Synbarhetsanalyserna kompletterades dessutom med egna observationer i området, platsbesök genomfördes den 16-17 augusti 2020.

### 3 Föreskrifter avseende hindermarkering av vindkraftverk

Nedan följer en genomgång av nationella föreskrifter avseende hindermarkering av vindkraftverk. Syftet är att bidra med bakgrundsinformation på studieområdet samt klargöra kraven om hur högintensiv hinderbelysning på vindkraftverk ska utformas.

#### 3.1 Generellt om hindermarkering

I syfte att varna annalkande luftfartyg för föremål som kan utgöra en fara ska alla föremål som har en höjd av 45 m eller högre över mark- eller vattenytan och som är belägna utanför en flygplats fastställda hinderbegränsande ytor<sup>2</sup> hindermarkeras i enlighet med *Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om markering av föremål som kan utgöra en fara för luftfarten och om flyghinderanmälan* (TSFS 2020:88). Hur föremålet ska hindermarkeras baseras på dess höjd och utformning där hindermarkeringen utgörs av exempelvis klot, färgmarkeringar, låg-, medel- eller högintensivt ljus.

Den driftsansvariga av föremålet ansvarar för att markeringen uppfyller Transportstyrelsens föreskrifter och ska upprätta anvisningar för kontinuerlig övervakning och kontroll av hindermarkeringarna. Medel- och högintensiv hinderbelysning ska dessutom övervakas så att eventuella fel upptäcks omedelbart och fel och brister på en markering ska åtgärdas snarast. Lika så ska journal över driftavvikelser föras och journalen ska arkiveras under minst två år (TSFS 2020:88).

Enligt 6 kap. 25 § luftfartsförordningen (SFS 2010:770) ska alla föremål över 45 m inom sammanhållen bebyggelse<sup>3</sup> eller 20 m inom annat område anmälas skriftligt till Försvarsmakten minst fyra veckor innan uppförandet. Detta för att registreras i den nationella flyghinderdatabasen och därmed säkerställa flygsäkerheten (Transportstyrelsen, 2016a). Flyghinderdatabasen förvaltas av LFV Flyginfo SE, och informationen används till flygkartor och olika publikationer för såväl militär och civil flygtrafik. För vindkraftverk ska hinderanmälan bl.a. innehålla fastställda koordinater för varje vindkraftverk, rotordiameter, torn-, total- och markhöjd samt vilken typ av hinderljus vindkraftverken är utrustade med (Försvarsmakten, u.å.).

#### 3.2 Hindermarkering av vindkraftverk enligt Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd (TSFS 2020:88)

Vindkraftverk i Sverige ska hindermarkeras i enlighet med TSFS 2020:88. Hur hindermarkeringen utformas och tekniska specifikationer baseras på vindkraftverkets totala höjd över mark- eller vattenytan. Oavsett höjd ska dock vindkraftverken markeras med vit färg enligt 23 § och ett hinderljus ska placeras på vindkraftverkets högsta fasta punkt (nacellen) och så att det blir synligt i alla riktningar för annalkande luftfartyg. Nedan redovisas gällande bestämmelser för hindermarkering av vindkraftverk enligt 14 § TSFS 2020:88.

---

<sup>2</sup> Fastställd yta som finns på och/eller i anslutning till flygplats och som normalt inte får genomträngas av föremål eller delar av föremål som utgör hinder

<sup>3</sup> Tättbebyggt område med minst tvåhundra invånare och där avståndet mellan husen är mindre än 200 m

- Vindkraftverk som har en totalhöjd mellan 45–150 m ska markeras med medelintensivt rött blinkande ljus.
- Vindkraftverk med en totalhöjd över 150 m ska markeras med högintensivt vitt blinkande ljus.
- Vindkraftverk med en totalhöjd mellan 110–150 m kan även markeras med högintensivt vitt blinkande ljus under skymning, gryning och mörker som alternativ till medelintensivt rött blinkande ljus.
- När nacellen har en höjd över 150 m ska tornet dessutom markeras med minst tre stycken lågintensiva fasta ljus (kontinuerligt lysande) på halva tornets höjd, mätt upp till nacellen.
- För vindkraftverk med en totalhöjd över 315 m kan ytterligare markeringar krävas, beslut från Transportstyrelsen ska inhämtas i sådana fall.

Högintensiv hinderbelysning ska utgöras av vitt blinkande ljus med varierande ljusstyrka under dygnet. Ljusstyrkan ska enligt bestämmelserna vara 100 000 cd dagtid och regleras ner under gryning, skymning och nattetid för att begränsa hinderljusens påverkan på omgivningen. Blinkningsintervallet ska vara mellan 40–60 blinkningar per minut (bpm) och enligt allmänna råden i TSFS 2020:88 bör blinkande hinderljus om möjligt synkroniseras med närliggande blinkande föremål för att minska störningar i omgivningen. I Tabell 1 nedan presenteras tekniska specifikationer om högintensivt hinderljus samt låg- och medelintensivt hinderljus för jämförelse.

Tabell 10. Tabell över de olika förekommande typerna av hinderbelysning enligt TSFS 2020:88.

Typ av hinderljus	Färg	Ljusstyrka (cd) *			Signaltyp & intervall
		Dag (bakgrundsluminans >500 cd/m <sup>2</sup> )	Skymning/gryning (bakgrundsluminans 50–500 cd/m <sup>2</sup> )	Natt (bakgrundsluminans <50 cd/m <sup>2</sup> )	
Lågintensivt	Röd	32 **	32	32	Fast sken
Medelintensivt	Röd	2 000 **	2 000	2 000	Blinkande 20-60 bpm
Högintensivt	Vit	100 000	20 000	2 000	Blinkande 40-60 bpm

\* för blinkande ljus gäller effektiv intensitet

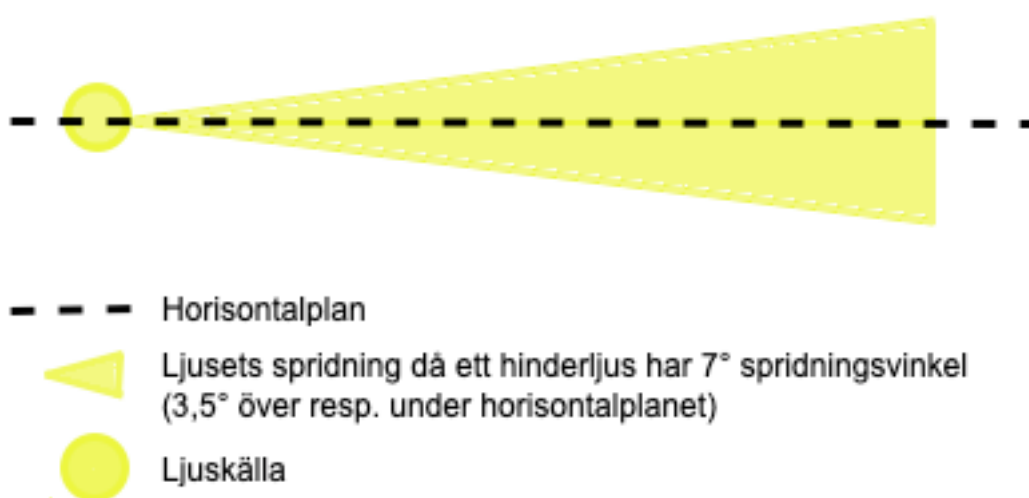
\*\* om föremålet är markerat med färg och framträder tydligt mot omgivningen, behövs inte låg- och medelintensivt ljus vara tända när bakgrundsluminansen överstiger 500 cd/m<sup>2</sup>.

Högintensiv hinderbelysning ska vid placering på 151 m eller lägre över mark- eller vattenytan riktas uppåt för att minska störningar på omgivningen. Beroende på ljusarmaturens placering ska ljusstrålens maximala ljusstyrka vinklas över horisontalplanet enligt Tabell 2 nedan:

Tabell 2. Vinkling av maximal ljusstyrka för högintensivt hinderljus.

Hinderljusets placering över mark- eller vattenytan	Maximala ljusstyrkans vinkel över horisontalplanet
Över 152 m	0°
122-151 m	1°
92 – 122 m	2°
Under 92 m	3°

Figur 2 nedan visar en principskiss över ljusets spridning då ett hinderljus med spridningsvinkel 7° är riktad längs med horisontalplanet. Detta motsvarar alltså maximalt tillåtna spridningsvinkel för ett högintensivt hinderljus som är placerat högre än 151 m över mark- eller vattenytan.



Figur 2. Principskiss över ljusets spridning då ett hinderljus med 7° spridningsvinkel är riktad längs med horisontalplanet.

I Tabell 3 nedan presenteras ljusstyrkan för både medel- och högintensivt hinderljus, där reduktion av ljusstyrkan får utföras i den utsträckning det är möjligt i enlighet med angivna förhållanden. Vertikal höjd vinkel refererar till horisontalplanet när ljusenheten är plant inställd. I Tabell 4 presenteras minsta och maximala vertikala ljusspridningen för högintensiva hinderljus, där vertikala ljusspridningen definieras som vinkeln mellan horisontalplanet och de riktningar för vilka ljusstyrkan överstiger det som nämns i kolumnen "ljusstyrka". Högintensivt hinderljus ska därmed enligt kraven i TSFS 2020:88 ha en vertikal spridningsvinkel inom 3° till 7°, medan det för medelintensivt endast anges ett minsta krav på 3°.

Tabell 3. Tabell över ljusstyrkan för medel- och högintensivt hinderljus under givna vertikala höjdvinklar enligt TSFS 2020:88.

Vertikal höjdvinkel 0°			Vertikal höjdvinkel -1°		Vertikal höjdvinkel -10°
Minsta medel-ljusstyrka (cd)	Minsta ljusstyrka (cd)	Maximal ljusstyrka (cd)	Minsta ljusstyrka (cd) (50% av min ljusstyrka vid 0°)	Maximal ljusstyrka (cd) (75% av min ljusstyrka vid 0°)	Maximal ljusstyrka (cd) (3% av max ljusstyrka vid 0°)
100 000	75 000	125 000	37 500	56 250	3 750
20 000	15 000	25 000	7 500	11 250	750
2 000	1 500	2 500	750	1 125	75

Tabell 4. Tabell över minsta kraven och maximalt värde för vertikal ljusspridning enligt TSFS 2020:88.

Minsta krav		Maximalt värde	
Minsta ljusspridning (grader)	Ljusstyrka (cd)	Maximalt ljusspridning (grader)	Ljusstyrka (cd)
3	37 500	7	37 500
3	7 500	-	-
3	750	-	-

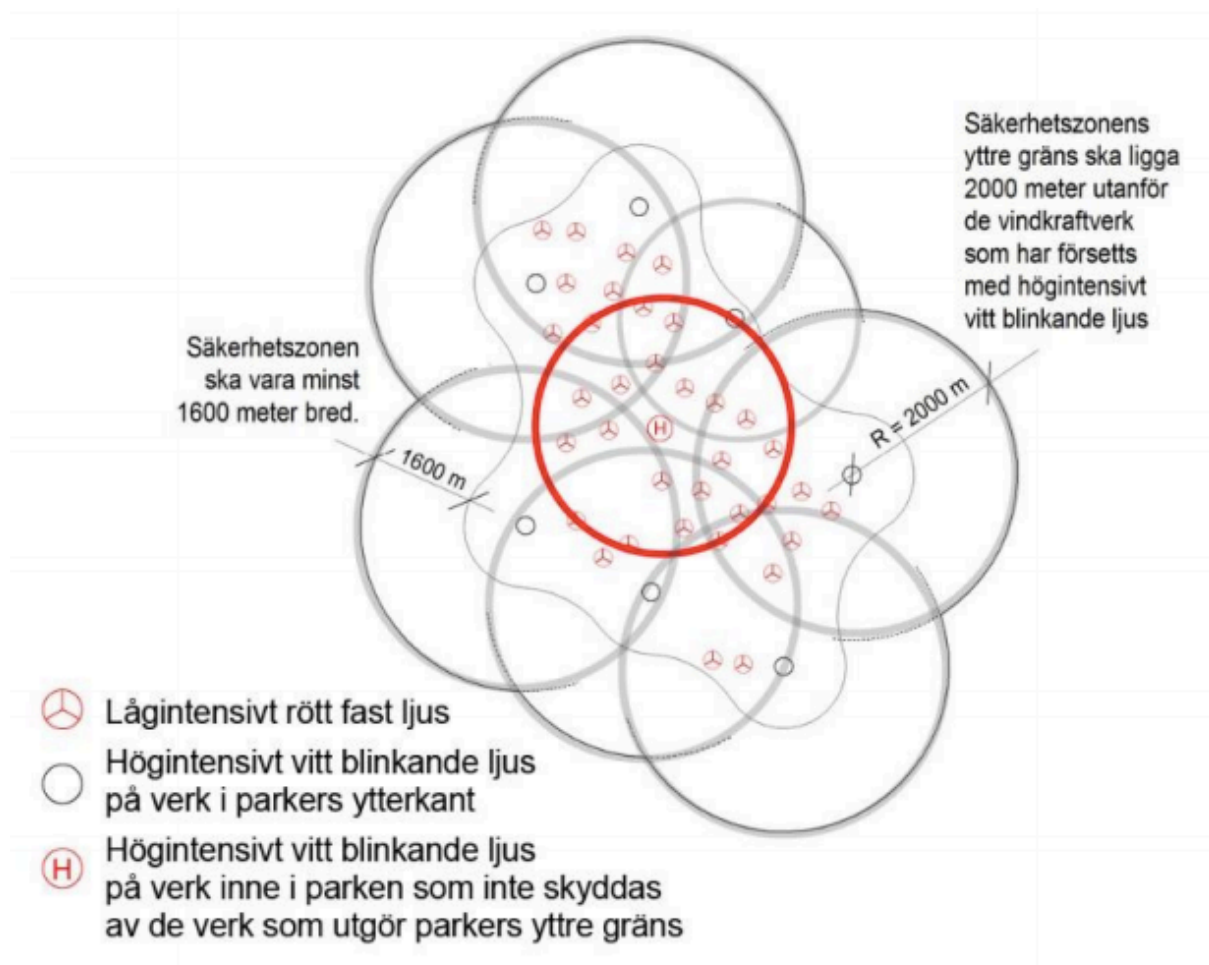
LED är den dominerande ljuskällan för hinderljus och har flera fördelar bl.a. lägre energiförbrukning, längre livslängd och minskat underhållsbehov (Obelux, u.å). Dock är LED-ljus inte synligt för piloter som använder utrustning för mörkerseende (NVD – night vision device). Med anledning av detta finns det enligt 29 § TSFS 2020:88 krav på att hinderljus med LED även ska utstråla IR-ljus (infrarött ljus) inom ett våglängdsområde som är synligt för NVD-utrustning.

För vindkraftsparker, alltså grupp av två eller fler vindkraftverk, gäller särskilda bestämmelser. Enligt 17 § TSFS 2020:88 ska endast de vindkraftverk som utgör parkens yttre gräns markeras enligt ovan beskrivna bestämmelser medan övriga vindkraftverk ska minst markeras med lågintensivt rött fast ljus. För att avgöra vilka verk som utgör parkens yttre gräns används en grafisk metod. I de fall där samtliga vindkraftverk i parken har en totalhöjd som överstiger 150 m gäller följande:

- Cirklar med radien 2 000 m, centrerade på utvalda vindkraftverk i parkens yttre kant, markeras på en skalenlig karta. Dessa verk ska markeras med högintensivt vitt blinkande hinderljus.

- Cirklarna ska genom överlappning skapa en sluten säkerhetszon som uppgår till minst 1 600 m runt vindkraftverksparken.
- Samtliga vindkraftverk ska vara belägna på ett avstånd av minst 1 600 m från säkerhetszonens yttre gräns.
- De verk inne i parken som inte markeras inom cirklarna för de utvalda vindkraftverken i parkens yttre kant, ska markeras med högintensivt vitt blinkande hinderljus.

I Figur 3 nedan visas en möjlig fördelning av låg- och högintensiv hinderbelysning utifrån beskrivna grafiska metod för en vindkraftspark där samtliga verk överstiger en totalhöjd på 150 m.



Figur 3. Metod för hindermarkering av en vindkraftspark med vindkraftverk som har en totalhöjd över 150 m. Bilden är hämtad ur TSFS 2020:88.

Metoden för hindermarkering av en vindkraftspark där samtliga verk har en totalhöjd 150 m eller lägre används samma grafiska metod. Däremot ska radien på cirklarna runt vilka verk som ska markeras med medelintensivt hinderljus vara 450 m, och ska skapa en sluten säkerhetszonen kring parken som uppgår till minst 450 m samt att samtliga vindkraftverk ska vara belägna på ett avstånd av minst 450 m från säkerhetszonens yttre gräns.

## 4 Högintensiv hinderbelysning - ett hinder för vindkraftsutbyggnaden?

I detta kapitel beskrivs hur kraven på högintensiv hinderbelysning påverkar utbyggnaden av vindkraft i Sverige samt eventuella åtgärder som efterfrågas för att underlätta tillståndsgivningen av nya vindkraftsprojekt. Vidare presenteras Regeringens regleringsbrevsuppdrag för Transportstyrelsen och Forsvarsmakten som avser vindkraft.

### 4.1. Hinderbelysningens betydelse för tillståndsgivningen

Enligt rapporten *Nulägesbeskrivning – vindkraftens förutsättningar* är den snabba teknikutvecklingen som skett en viktig förklaring till den kraftiga utbyggnaden av vindkraften i Sverige. Där utvecklingen har gått mot allt effektivare vindkraftverk med kraftigt sjunkande produktionskostnader som följd, framför allt tack vare ökad navhöjd och rotordiameter på vindkraftverken (Energimyndigheten & Naturvårdsverket, 2021b). I Energimyndighetens rapport *100 procent förnybar el* antas denna teknikutveckling dessutom fortsätta. Enligt rapporten är vindkraftverken som planeras idag redan omkring 4 MW och har en rotordiameter på 140 m, om utvecklingen antas fortsätta som under 2008-2016 kommer vindkraftverken som installeras runt år 2040 utgöras av 6 MW och ha rotordiametrar som är större än 200 m. Vilket dessutom anses vara ett konservativt antagande i och med att utvecklingstakten har ökat markant under de senaste åren (Energimyndigheten, 2019). Utbyggnaden av vindkraften i Sverige kommer alltså att fortsätta att utgöras av vindkraftverk långt över 150 m i totalhöjd som enligt TSFS 2020:88 ska markeras med högintensivt vitt blinkande ljus.

Å andra sidan upplever vindkraftsbranschen att den nuvarande tillståndsprocessen hämmar fortsatt vindkraftsutbyggnad och bedömer att det blir allt svårare att få tillstånd för nya vindkraftsprojekt (Energimyndigheten & Naturvårdsverket, 2021b). I rapporten *Nulägesbeskrivning – vindkraftens förutsättningar* redovisas statistik över hur många tillståndsansökningar som fått tillstånd respektive avslag under åren 2014–2019 (Energimyndigheten & Naturvårdsverket, 2021b). Statistiken redovisas dels utifrån antalet tillståndsansökningar och dels utifrån antalet vindkraftverk (tillståndsansökning kan avse allt från ett till flera hundra vindkraftverk). Totalt avlogs 32 procent av alla tillståndsansökningar och 46 procent av alla vindkraftverk under perioden och avsaknaden av kommunal tillstyrkan var den vanligaste anledningen till att tillståndsansökningar för vindkraft avlogs. Kommunal avstyrkan utgjorde 46 procent av avslagna tillståndsansökningar och 20 procent av avslagen för vindkraftverk, vilket innebär att ungefär 9 procent av alla vindkraftverk som genomgick prövning under perioden avlogs p.g.a. det kommunala vetot (Energimyndigheten & Naturvårdsverket, 2021b). Enligt en uppdaterad kartläggning är andelen som avslagits till följd av det kommunala vetot däremot avsevärt mycket högre. Av 244 avgjorda tillståndsansökningar för landbaserad vindkraft med totalt 4 723 vindkraftverk har sammantaget 26 procent av ansökningarna och 24 procent av vindkraftverken inte fått tillstånd p.g.a. det kommunala vetot (Westander & Henryson, 2020). Kartläggningen är baserad på avgjorda tillståndsansökningar mellan 2014 och första halvan av 2020 och gjordes på uppdrag av Energimyndigheten till den statliga utredningen *En rättssäker vindkraftsprövning* (SOU M2020:07).



Avsaknaden av kommunal tillstyrkan har alltså stor betydelse för fortsatt vindkraftsutbyggnad där hindermarkeringen utav vindkraftverken anses spela en stor roll för kommunens beslut. Enligt branschorganisationerna Svensk Vindenergi och Svensk Vindkraftförening orsakar de högintensiva hinderljusen en betydande del av de kommunala veton som stoppar vindkraftsprojekt (Svensk Vindenergi & Svensk Vindkraftförening, 2019).

Samtidigt som tillståndsprocessen och avsaknaden av kommunal tillstyrkan har lyfts fram som ett hinder för vindkraftsutbyggnaden så finns det även ett stort antal beviljade tillstånd som inte utnyttjas. Enligt en enkätundersökning som genomfördes under 2018 av Energimyndigheten i samarbete med Svensk Vindenergi motsvarade outnyttjade tillstånd en årsproduktion på drygt 34 TWh<sup>4</sup> och drygt hälften av dessa bedöms inte vara aktuella att realiseras (Energimyndigheten & Naturvårdsverket, 2021b). Orsakerna till att vindkraftsprojekten inte realiseras varierar, men den näst vanligaste orsaken uppges vara att tillståndet innehöll begränsningar avseende vilken teknik som fick användas och gällde främst begränsningar av vindkraftverkens totalhöjd. Begränsningar som i sin tur innebär att projekten inte bedöms lönsamma att realisera (Energimyndigheten & Naturvårdsverket, 2021b).

Enligt Göran Fagerström, Miljöhandläggare vid Länsstyrelsen i Hallands län, är det i vissa fall just påverkan från högintensiv hinderbelysning som leder till att kommuner ger villkorade tillstyrkansbeslut angående tekniska villkor kring hinderbelysningen eller höjden på vindkraftverken. I vissa fall har även höjdbegränsningar för vindkraft införts i kommuners översiktsplaner eller andra styrande dokument bl.a. med anledning av att vindkraftverkens hinderljus befaras upplevas som störande.<sup>5</sup> Detta uppges även i utredningen *En rättssäker vindkraftsprövning* (SOU M2020:07). Flera kommuner tillåter inte vindkraft över 150 m i totalhöjd och även anger detta i sina planbeskrivningar, och den främsta skälet till detta uppges enligt utredningen vara p.g.a. kraven på högintensiv hinderbelysning. Vindkraftverkens höjd har mycket stor betydelse för produktionen och ekonomiska lönsamheten och i ett debattinlägg i NyTeknik skriver Daniel Badman, vd på Svensk Vindenergi att tillstånd med höjdbegränsningar under 150 m i totalhöjd blir meningslösa eftersom sådana vindkraftverk har så hög produktionskostnad att de inte kan realiseras av ekonomiska skäl (Badman, 2021).

Sammanfattningsvis, utbyggnaden av vindkraft förutsätter större och effektivare vindkraftverk över 150 m i totalhöjd, men kraven på att vindkraftverken ska markeras med högintensivt hinderljus bidrar idag till att vindkraftsprojekt inte kan realiseras. Antingen p.g.a. avsaknaden av kommunal tillstyrkan eller höjdbegränsningar som innebär att lönsamheten begränsas. Nationella föreskrifter för hindermarkering av vindkraftverk (TSFS 2020:88) och kraven på högintensiv hinderbelysning för vindkraftverk över 150 m innebär därmed ett hinder för fortsatt vindkraftsutbyggnad i Sverige.

---

<sup>4</sup> 1 oktober 2020

<sup>5</sup> Göran Fagerström, Miljöhandläggare vid Länsstyrelsen i Hallands län, videosamtal, 2021.08.21.

Bestämmelserna i TSFS 2020:88 har följaktligen mött omfattande kritik av vindkraftsbranschen och i remissynpunkt avseende reglering av föreskrifterna i december 2020 skriver bl.a. branschorganisationen Svensk Vindenergi att bestämmelserna både fördyrar och försvårar vindkraftsutbyggnaden i Sverige (Transportstyrelsen, 2020). Framförallt kritiseras TSFS 2020:88 för att i en internationell jämförelse vara strängare och att det i Sverige ställs hårdare krav på användning av högintensivt hinderljus än den internationella organisationen för civil luftfart (ICAO) rekommendationer för hindermarkering av vindkraftverk. För att underlätta tillståndsgivningen av nya vindkraftsprojekt efterfrågar vindkraftsbranschen att kraven på högintensiv hinderbelysning för vindkraftverk över 150 m ska ändras och även i utredningen *En rättssäker vindkraftsprövning* (SOU M2020:07) bedömer man att nationella föreskrifter bör anpassas till internationella riktlinjer. Med anledning av detta genomförs en internationell jämförelse i kapitel 5 om hur bestämmelserna i TSFS 2020:88 förhåller sig till ICAO:s rekommendationer samt till andra nordiska länders regelverk avseende hindermarkering av höga vindkraftverk.

Utöver att vindkraftsbranschen efterfrågar ändringar i TSFS 2020:88 och att kraven för vindkraftverk över 150 m ska anpassas till internationella riktlinjer så finns det en efterfrågan på att tillåta s.k. behovsstyrd hinderbelysning för att begränsa hinderljusens påverkan på omgivningen och därmed underlätta tillståndsgivningen av nya vindkraftsprojekt. Tillämpning av behovsstyrda system för att reglera vindkraftverkens hinderljus har blivit en aktuell fråga och något som ofta efterfrågas och även ställs som krav av kommuner och länsstyrelser i flera tillståndsprövningar (Transportstyrelsen, 2020; Unger Larson, 2017). Teknikerna är tillgängliga och används i flera andra länder och Daniel Badman, vd på Svensk Vindenergi, uppger i tidigare nämnt debattinlägg att tillåta behovsstyrd hinderbelysning är en utav lösningarna som både enkelt och snabbt kan genomföras (Badman, 2021). Beskrivning av behovsstyrda system samt hur dessa hanteras enligt nationella föreskrifter och praxis följer därför i kapitel 6 och 7.

#### **4.2 Regleringsbrev för Transportstyrelsen och Försvarmakten som avser vindkraft**

Möjligheten att tillämpa behovsstyrd hinderbelysning för vindkraftverk har även lyfts av Regeringen i regleringsbrevet för Transportstyrelsen år 2021. Varje år får samtliga statliga myndigheter ett regleringsbrev från Regeringen. Regleringsbrevet är en årlig styrning av myndigheternas verksamhet och beskriver deras mål och uppdrag samt hur mycket av statens budget myndigheten tilldelas (Regeringskansliet, 2021). Regleringsbreven anger därmed hur verksamheten ska prioriteras och hur resurserna ska fördelas och är följaktligen ett viktigt verktyg för att Regeringen ska kunna genomföra den beslutade politiken (Regeringskansliet, 2021).

Transportstyrelsen har enligt årets regleringsbrev i uppdrag att utreda möjligheterna för att tillämpa behovsstyrd hinderbelysning och myndigheten ska till december 2021 redovisa sitt uppdrag till Infrastrukturdepartementet på Regeringskansliet (Infrastrukturdepartementet, 2021). Transportstyrelsen ska redogöra för hur myndighetens föreskrifter och allmänna råd (TSFS 2010:155)<sup>6</sup> förhåller sig till de

---

<sup>6</sup> Ändrad genom TSFS 2020:88

internationella standarder och rekommendationer som anges i Annex 14 till Chicagokonventionen (Annex 14, Aerodromes — Volume I, Aerodrome Design and Operations) avseende möjligheten att bevilja undantag från reglerna och medge behovsstyrd hinderbelysning på vindkraftverk. Transportstyrelsen ska dessutom redovisa en jämförelse mellan det svenska regelverket och andra relevanta europeiska länders nationella regelverk gällande behovsstyrd hinderbelysning (Infrastrukturdepartementet, 2021).

Även regleringsbrevet för Försvarmakten år 2021 berör vindkraft. Ett av Försvarmaktens uppdrag är gällande förnybar energi där myndigheten ska utveckla förmågan till tidig dialog och samverkan med relevanta aktörer i planerings- och prövningsprocessen för anläggningar för förnybar energiproduktion. Försvarmakten ska i oktober 2021 till Förvarsdepartementet på Regeringskansliet redovisa hur detta fortskrider samt utreda förutsättningar för att använda s.k. villkorade tillstånd, alltså tillstyrkan under förutsättning att vissa villkor uppfylls. Utöver detta har Försvarmakten i uppdrag att till februari 2022 redovisa hur de bidrar till samexistens mellan olika samhällsintressen inom samma geografiska område och samverkar med relevanta myndigheter och organisationer i samhällsplaneringen (Förvarsdepartementet, 2021).

Regleringsbrevsuppdragen till Försvarmakten avser därmed inte vindkraft specifikt. Dock skriver Försvarmakten själva på deras hemsida i samband med att man redovisade ett av regleringsbrevsuppdragen nu i oktober att man fokuserat på vindkraft då det är gällande vindkraften man får överlägset mest förfrågningar och remisser (Försvarmakten, 2021). Dessutom har samexistens mellan vindkraft och försvarsintressen lyfts fram som ett av de största hindren för utbyggnaden av vindkraft. T.ex. i Energimyndighets rapport *100 procent förnybar elproduktion* är konflikter mellan vindkraft och Försvarmaktens intressen en av faktorerna som begränsar möjligheten att bygga ut vindkraften och man skriver i rapporten att *"Försvaret ser idag få möjligheter till samexistens mellan vindkraft och deras intressen och har därför en mycket restriktiv hållning till nya tillstånd"* (Energimyndigheten, 2019).

Enligt rapporten *Nulägesbeskrivning – vindkraftens förutsättningar* angående hur många tillståndsansökningar som fått tillstånd respektive avslag under åren 2014–2019 är intressekonflikter med Försvarmakten den tredje största anledningen till att tillståndsansökningar för vindkraft avslagits (efter avsaknad av kommunal tillstyrkan och artskyddsfrågor). Försvarmakten stod för 7 procent av avslagen för tillståndsansökningar och 39 procent av avslagen för vindkraftverk (Energimyndigheten & Naturvårdsverket, 2021b). Vilket innebär att ungefär 18 procent av alla vindkraftverk som genomgick prövning under perioden avslogs p.g.a. intressekonflikter med Försvarmakten.

## 5 Internationell jämförelse av bestämmelserna i TSFS 2020:88

I detta kapitel redogörs för hur bestämmelserna i TSFS 2020:88 förhåller sig till ICAO:s rekommendationer samt till andra nordiska länders regelverk avseende hindermarkering av vindkraftverk över 150 m i totalhöjd.

Observera att jämförelsen i denna studie endast avser hur bestämmelserna i TSFS 2020:88 skiljer sig från rekommendationerna i Annex 14 och behandlar alltså inte möjligheten att beviljas undantag för tillämpning av behovsstyrd hinderbelysning i enlighet med Transportstyrelsens regleringsbrevsuppdrag (se kapitel 4.2). Avseende jämförelsen med andra relevanta länders regelverk görs i denna studie endast en mindre jämförelse med regelverket i Norge och Finland.

### 5.1 Jämförelse med ICAO:s rekommendationer i Annex 14

Nedan följer en kort beskrivning av ICAO och en genomgång om hur bestämmelserna i TSFS 2020:88 förhåller sig till rekommendationerna i Annex 14 till Chicagokonventionen (*Annex 14, Aerodromes — Volume I, Aerodrome Design and Operations*) avseende hindermarkering av vindkraftverk.

ICAO är ett specialiserat FN-organ som inrättades år 1947 genom Konventionen om internationell civil luftfart (Chicagokonventionen) och består idag av 193 medlemsstater varav Sverige var en av första 52 staterna som initialt ratificerade Chicagokonventionen (ICAO, u.å.a).

ICAO har som mål att främja en hållbar utveckling av den internationella civila luftfarten och har som uppgift att bl.a. främja diplomati och samarbete samt utveckla en mer enhetlig, säker och hållbar internationell civil luftfart (ICAO, u.å.b). Vidare har ICAO som uppgift att ta fram internationella standarder och rekommendationer för den internationella civila luftfarten (s.k. SARP – Standards and Recommended Practices). Fastställda standarder och rekommendationer läggs som bilagor till Chicagokonventionen och berör olika aspekter av luftfart såsom navigering och infrastruktur, flygplatsdesign och luftfarts regler. Medlemsstaterna har åtagit sig att anta och implementera ICAO:s standarder i nationella lagar och förordningar och i Sverige implementeras dessa genom EU-förordningar, luftfartslagen (SFS 2010:500) och luftfartsförordningen (2010:700) samt genom Transportstyrelsens föreskrifter (Transportstyrelsen, 2010). ICAO:s rekommendationer är emellertid endast rekommendationer som eventuellt tas in i nationella lagar och förordningar efter exempelvis avvägning hos Transportstyrelsen.

Annex 14 till Chicagokonventionen behandlar utformning och drift av flygplatser och därmed även standarder och rekommendationer för markering och belysning av flyghinder (ICAO, 2016). I kapitel 6 (*Visual aids for denoting obstacles*) av Annex 14 finns standarder och rekommendationer för markering och belysning av hinder och det finns även separata rekommendationer för markering av vindkraftverk. ICAO:s rekommendationer avseende vindkraftverk är väldigt snarlika bestämmelserna i TSFS 2020:88 där vindkraftverk ska vara markerande med vit färg och hinderbelysningen ska installeras på nacellen på ett sådant sätt så att det blir synligt i alla riktningar för annalkande luftfartyg. En betydande skillnad är dock att hinderbelysningen enligt ICAO:s rekommendationer ska utgöras av medelintensivt

Ljus och detta gäller för vindkraftverk upp till 315 m i totalhöjd. I Annex 14 listas tre typer av medelintensivt ljus, dessa presenteras i Tabell 5 nedan.

Tabell 5. Tabell över de olika förekommande typerna av medelintensiv hinderbelysning enligt ICAO:s rekommendationerna i Annex 14.

Typ av hinderljus	Färg	Ljusstyrka (cd) *			Signaltyp & intervall
		Dag (bakgrundsluminans >500 cd/m <sup>2</sup> )	Skymning/gryning (bakgrundsluminans 50–500 cd/m <sup>2</sup> )	Natt (bakgrundsluminans <50 cd/m <sup>2</sup> )	
Typ A	Vitt	20 000	20 000	2 000	Blinkande 20-60 bpm
Typ B	Röd	-	-	2 000	Blinkande 20-60 bpm
Typ C	Röd	-	-	2 000	Fast

Vilken typ av dessa medelintensiva ljus som vindkraftverk ska markeras framgår inte av rekommendationerna. Då ljusstyrka endast anges vid nattetid (bakgrundsluminans <50 cd/m<sup>2</sup>) för typ B och typ C, samt att en ljusstyrka på 2 000 cd vanligtvis ändå inte är tillräckligt för att övervinna bakgrundsluminansen under dagtid, kan ICAO:s rekommendationer tolkas som att endast vitt blinkande ljus (typ A) ska användas under dagtid, och under nattetid finns ytterligare val mellan rött blinkande ljus (typ B) eller rött fast ljus (typ C).

Enligt ICAO:s rekommendationer ska det för vindkraftverk från 150 till 315 m i totalhöjd även installeras ett extra hinderljus för att kunna användas vid eventuella fel samt minst tre lågintensiva hinderljus ska installeras upp till halva navhöjden. Nationella föreskrifter avviker därmed något, då kravet på markering av mellanliggande nivåer enligt TSFS 2020:88 gäller för vindkraftverk med navhöjd över 150 m över mark- eller vattenytan.

I Annex 14 finns dessutom specifikationer avseende ljusstyrkan och vertikala ljusspridningen för medium- och högintensiv hinderbelysning, dessa är i enlighet med TSFS 2020:88 och det som står angivet i Tabell 4 och Tabell 5. För vindkraftsparker (grupp om två eller fler vindkraftverk) tillåts s.k. *perimeter lighting* som innebär att hinderbelysningen installeras så att vindkraftsparkers yttre gränser kan identifieras samt att avstånden mellan hinderbelysningen inte får överstiga ett visst rekommenderat avstånd. Enligt ICAO är maximalt avstånd mellan medelintensivt hinderljus 900 m, vilket är i enlighet med bestämmelserna i TSFS 2020:88 medan det för högintensivt hinderljus inte specificeras. Samtliga hinderljus i vindkraftsparker ska enligt rekommendationerna även synkroniseras.

Den främsta skillnaden mellan ICAO:s rekommendationer och nationella föreskrifter är sammanfattningsvis att ICAO bedömer att medelintensivt hinderljus är en tillräcklig markering av vindkraftverk ända upp till 315 m i totalhöjd medan det enligt TSFS 2020:88 krävs högintensivt vitt blinkande hinderljus för vindkraftverk över 150 m i totalhöjd.

Rekommendationerna i Annex 14 är dock inte så omfattande och medlemsstaterna är inte heller skyldiga att implementera rekommendationerna i nationella regelverk så följaktligen finns det skillnader i vad som tas in. Exempelvis finns det betydande skillnader mellan det svenska och övriga nordiska länders regelverk avseende hindermarkering av vindkraftverk. Nedan följer en jämförelse med regelverket i Norge och Finland i syfte att lyfta fram dessa skillnader.

## 5.2 Jämförelse med regelverket i Norge och Finland

I Norge regleras hindermarkering enligt *Forskrift om rapportering, registrering og merking av luftfartshinder* FOR-2014-07-15-980 (Lovdata, 2021). Enligt föreskrifterna ska alla vindkraftverk vara markerade med både färg- och hinderbelysning, där två hinderljus ska placeras på toppen av nacellen och vara markerade med en ljus färg. För vindkraftsparker, bestående av fem eller flera vindkraftverk, kan endast de vindkraftverk som utgör vindkraftparkens yttre gränser markeras, om avståndet mellan markerade vindkraftverk inte är större än att flygsäkerheten beaktas. Luftfartstilsynet (Norska Luftfartsstyrelsen) kan även föreskriva att mitten eller högsta vindkraftverket i parken måste vara hindermarkerade. Om blinkande hinderljus används i ett vindkraftspark ska dessa blinka samtidigt (Lovdata, 2021).

Enligt föreskrifterna ska vindkraftverk med en höjd upp till 150 m hindermarkeras med medelintensivt hinderljus, antingen rött blinkande eller rött fast ljus. Vindkraftverk med en höjd på 150 m eller mer ska hindermarkeras med högintensivt vitt blinkande ljus. Specifikationer avseende maximal ljusstyrka, vertikala ljusspridning och blinkningsintervall för medium- och högintensiv hinderbelysning är i enlighet med bestämmelserna i TSFS 2020:88 och det som står angivet i Tabell 4 och Tabell 5. Oavsett höjd på vindkraftverken finns det inget krav på markering av mellanliggande nivåer (Lovdata, 2021).

Därtill anges att högintensiv hinderbelysning ska vara tända hela dygnet, alternativt tändas senast när ett flygplan är på avståndet 1 500 m från hindret. Medelintensivt (rött blinkande eller rött fast ljus) och lågintensivt hinderbelysning ska vara tända hela dygnet, alternativt vara utrustad med ett styrningssystem som tänder hinderljusen nattetid (bakgrundsbelysningen är under 500 cd/m<sup>2</sup>) eller tändas senast när ett flygplan är på avståndet 1 500 m från hindret (Lovdata, 2021). Vilket styrningssystem som avses för att uppfylla att hinderljusen ska tändas när ett flygplan är inom 1500 m från hindret framgår dock inte av föreskrifterna. Enligt Daniel Willoch, Policyrådgivare på norska vindkraftföreningen (NORWEA), har radarstyrd hinderbelysning för att detektera ankommande luftfartyg (beskrivs mer ingående i kapitel 6.1) tillämpats på två vindkraftsparker och det är i dagsläget fortfarande möjligt att medges dispens för tillämpning av radarstyrda system i Norge.<sup>7</sup>

Följande ändring ska dessutom göras avseende medelintensiv hinderbelysning genom föreskrift FOR-2020-10-16-2068 som träder i kraft 1 juli 2022; för hinder som ska markeras med medelintensivt hinderljus (rött blinkande eller rött fast ljus) kan

---

<sup>7</sup> Willoch, Daniel. Policyrådgivare på norska vindkraftföreningen (NORWEA). Videosamtal och mailkontakt, 2021.06.02, 2021.06.09.

Ljusstyrkan dimmas under goda siktförhållanden. Vid sikt bättre än 5 km horisontellt kan ljusintensiteten sänkas till 600 cd, vid sikt bättre än 10 km horisontellt kan ljusintensiteten sänkas till 200 cd (Lovdata, 2020).

I Finland ska vindkraftverk hindermarkeras i enlighet med Transport- och kommunikationsverkets (Traficom) anvisningar i *Anvisning för dagmarkering av vindkraftverk, för flyghinderljus och för gruppering av ljusen* (Traficom, 2020). För vindkraftverk med en totalhöjd mellan 100-150 m krävs markering med medelintensivt rött blinkande ljus under nattetid. För vindkraftverk med en totalhöjd över 150 m krävs högintensivt vitt blinkande ljus, där ljusstyrkan i enlighet med bestämmelserna i TSFS 2020:88 ska vara 100 000 cd under dagtid och regleras ner till 20 000 cd under skymning. Under nattetid finns däremot tre alternativ med samma ljusstyrka (2 000 cd); högintensivt vitt blinkande ljus, medelintensivt rött blinkande ljus, eller medelintensivt rött fast ljus (Traficom, 2020). Utöver denna skillnaden är specifikationer avseende maximal ljusstyrka, vertikala ljusspridning och blinkningsintervall för medium- och högintensiv hinderbelysning i enlighet med bestämmelserna i TSFS 2020:88 och det som står angivet i Tabell 4 och Tabell 5.

Enligt anvisningarna ska dessutom tornet markeras med röda lågintensiva hinderljus med jämna mellanrum om navhöjden är 105 m eller mer. Avståndet mellan tornbelysningen ska vara högst 52 m och det nedersta ljusplanet ska befinna sig ovanför omgivande träd. Hinderljusen ska synkroniseras samt placering och antal ska även planeras så att minst ett på nacelle och två på tornet kan upptäckas oavsett från vilken riktning ett luftfartyg närmar sig och utan hinder av vindkraftverkets konstruktioner. Vidare anges det i anvisningarna att ljusstyrkan för högintensiv hinderljus kan uppfyllas av två lampor i.e. att 2st lampor på 50 000 cd under dagtid och 2st lampor på 10 000 cd i skymning anses uppfylla kravet (Traficom, 2020).<sup>8</sup> Hindermarkering av vindkraftsparker är i enlighet TSFS 2020:88 men antalet vindkraftverk som utgör en vindkraftspark framgår inte av anvisningarna.

I anvisningarna uppges dessutom att hinderbelysningens ljusstyrka kan reduceras under goda siktförhållanden. Den nominella ljusstyrkan kan sänkas till 30 procent när sikten överstiger 5 000 m och till 10 procent när sikten överstiger 10 000 m. Sikten ska bestämmas med en mätutrustning avsedd för siktmätning, som monteras ovanpå nacellen och filtrerar bort ströljuset från flyghinderljusen i samband med siktmätningen. I vindkraftparker får avståndet mellan mätutrustningarna inte vara större än 1 500 m. Vidare ska det svagaste siktvärdet användas och den ska ha en automatisk övervakning av funktionen och kalibreras en gång om året. I en störningssituation eller om resultatet är osäkert, ska ljusstyrkan vara 100 procent. I samband med ansökan om flyghindertillstånd ska uppföraren av vindkraftverket presentera den utrustningen för siktmätning som ska användas och gällande vindkraftsparker ska siktmätarnas placering delas till Trafiksäkerhetsverket i Finland (Trafi). Drifttagning förutsätter dessutom att besiktning är utförd av oberoende institut eller företag och att protokollet delas till Trafiksäkerhetsverket (Traficom, 2020).

I Norge och Finland finns alltså samma krav på att högintensivt hinderljus ska tillämpas på vindkraftverk över 150 m i totalhöjd som i Sverige, men det finns vissa

---

<sup>8</sup> Om två lampor uppfyller kraven på ljusstyrka framgår inte av nuvarande bestämmelser i TSFS 2020:88.

betydande skillnader. I Finland tillåts även medelintensivt rött hinderljus (fast eller blinkande) under nattetid och i Norge behöver både medel- och högintensiv hinderbelysning endast vara tända när ett flygplan är på avståndet 1500 m från hindret.

En betydande skillnad mellan ländernas regelverk är även avseende siktstyrd hinderbelysning. I Finland tillåts siktstyrning av både hög- och medelintensiv hinderljus för att ytterligare reducera ljusstyrkan vid goda siktförhållanden. I Norge kommer man i enlighet med nuvarande finska föreskrifter från juli 2022 tillåta siktstyrning, men endast för medelintensiv hinderbelysning. Dispensförfarande för tillämpning av siktstyrda system (beskrivs i kapitel 7.1) behövs således inte i Finland och kommer inte behövas i Norge för medelintensiv hinderbelysning efter juli 2022.

Ytterligare en skillnad är avseende kravet på tornbelysning, där man i Finland ska markera tornet på vindkraftverk som överstiger navhöjd 105 m medan det i Norge inte finns några krav på tornbelysning. Hinderbelysningen ska i en vindkraftspark även synkroniseras enligt norska och finska regelverket, något som bara rekommenderas i TSFS 2020:88.



## 6 Tekniker för att begränsa påverkan på omgivningen: behovsstyrd hinderbelysning

Utöver relativt enkla åtgärder för att begränsa hinderljusens påverkan på omgivningen som t.ex. vinkling, avskärmning och reglering av ljusstyrkan finns det även kompletterande tekniska system för att reglera och styra vindkraftverkens hinderljus, s.k. behovsstyrd hinderbelysning. Behovsstyrd hinderbelysning bygger på att hinderljuset styrs utifrån behov, vilket kan innebära att hinderljuset hålls nedsläckta och endast tänds när luftfartyg närmar sig alternativt att hinderljusets ljusstyrka regleras ner vid goda siktförhållanden (Bergström, 2014).

Tillgängliga tekniker för styrning av hinderljus kan delas in i tre olika system: radar-, transponder- och siktsystem. Nedan följer en kort beskrivning av teknikerna och utgår från rapporten av Bergström D., Rejlers AB: *Marknadsbeskrivning (2014)*. Rapporten utreder vilka tekniker för styrning av hinderljus som finns och kan tänkas finnas tillgängliga för svenska marknaden och är resultatet av *projektet "Ökad kunskap om tekniska möjligheter att kontrollera hinderbelysning"* som på uppdrag av Svensk Vindenergi och finansierat av Energimyndigheten genomfördes för att kartlägga möjligheter och förutsättningar för att minska påverkan från hinderljuset.

### 6.1 Radarstyrd hinderbelysning

Radarstyrd hinderbelysning innebär att vindkraftverk utrustas med ett radarsystem som kontinuerligt och autonomt övervakar omgivande luftrum och detekterar ankommande luftfartyg. Hinderljuset är nedsläckta och aktiveras endast vid de tillfällen luftfartyg närmar eller passerar vindkraftsverkens definierade säkerhetszon (Bergström, 2014).

Systemet baseras på primärradar vilket innebär att en relativt kraftig radiovåg sänds från en riktantenn som monteras på vindkraftverken, om radiovågen träffar ett objekt, exempelvis ett flygplan, kan en del av radiovågens energin studsas tillbaka och detekteras av samma antenn. Genom att bedöma riktningen och tiden innan denna puls kommer tillbaka, kan objektets avstånd, hastighet och kurs beräknas och därmed kan man avgöra om hinderljuset ska aktiveras eller inte.<sup>9</sup>

Enligt Marknadsbeskrivningen av Bergström (2014) finns flera tillgängliga system för radarstyrd hinderbelysning: OCAS, DeTECT, Laufer Wind, Airspex (Enertrag), Scanter (Terma) och SAAB. OCAS är numera helägt av Vestas och ersättes 2017 av Vestas IntelliLight (Vestas, 2017).

Radarstyrd hinderbelysning har tillämpats på vindkraftsparker i Sverige (beskrivs mer ingående i kapitel 7.1), och har även tillämpats på två vindkraftsparker i Norge<sup>10</sup> och en vindkraftspark i Finland<sup>11</sup>.

---

<sup>9</sup> Engström, Staffan. Ägir konsult AB. Mailkontakt, 2021.08.25, 2021.09.25.

<sup>10</sup> Willoch, Daniel. Policyrådgivare på norska vindkraftsföreningen (NORWEA). Videosamtal och mailkontakt, 2021.06.02, 2021.06.09.

<sup>11</sup> Paalatie, Heidi,, 2021. Operativ chef på finska vindkraftsföreningen (FWPA). Mailkontakt, 2021.10.18.

## 6.2 Transponderstyrd hinderbelysning

Transponderstyrd hinderbelysning innebär liksom radarstyrd hinderbelysning att hinderljusen är nedsläckta och aktiveras endast när luftfartyg detekteras i vindkraftverkets närhet. Istället för ett radarsystem upptäcks eventuella luftfartyg av en mottagare som detekterar signaler från luftfartygets transponder (Bergström, 2014). Där transponder, avser den elektroniska utrustning som mottar och ger svar på förfrågningar som tas emot via radio och används i flygindustrins kollisionsvarningssystem TCAS (Traffic Collision Avoidance System) (Bergström, 2014). Syftet med TCAS-systemet är att förse piloten av luftfartyget med information om andra transponderutrustade luftfartyg som kan utgöra en kollisionsrisk och fungerar oberoende av flygtrafikledning och annan markbaserad utrustning (TSFS 2014:71).

Transponderstyrd hinderbelysning är följaktligen beroende av att det finns en installerad och aktiv transponder på luftfartyget för att systemet på vindkraftverket ska kunna detektera det. Systemet och hinderljusen på vindkraftverken aktiveras alltså inte av andra typer av objekt inom den definierade säkerhetszonen, som inte är utrustade med transponder (Bergström, 2014). Enligt Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om trafikregler för luftfart 9 § TSFS 2020:59 ska ett luftfartyg vid flygning i respektive luftrum vara utrustat med transponder i minst den omfattning som framgår av Tabell 6 nedan. Enligt Bergström (2014) är större delen av de områden som upptas av vindkraftsparker av luftrumsklass G, där krav på transponderutrustning saknas.

Tabell 6. Krav på att luftfartyg ska vara utrustat med transponder i angivet luftrum enligt 9 § TSFS 2020:5.

Luftrum	IFR-flygning <sup>12</sup>	VFR-flygning <sup>13</sup>
Kontrollzon (CTR)	T	T
Terminalområde (TMA)	HT	HT
Kontrollområde (CTA)	HT	HT
Trafikinformationszon (TIZ)	T	—
Trafikinformationsområde (TIA)	HT	—
Luftrumsklass G över den högsta höjden av 3 000 ft/900 m AGL eller 5 000 ft/1 500 m	HT	—
Luftrumsklass G, övrigt luftrum	—	—

T = Transponder

HT = Höjdrapporterande transponder

— = Inget krav på transponder

<sup>12</sup> IFR (Instrument Flight Rules), regler och procedurer som ska följas när ett luftfartyg huvudsakligen flygs med hjälp av instrument för att möjliggöra kontroll av luftfartygets attityd och navigering samt av avstånd från hinder, terräng och i viss utsträckning andra luftfartyg

<sup>13</sup> VFR (Visual Flight Rules), regler som kan följas om väderförhållandena är tillräckligt goda för att luftfartygets pilot visuellt ska kunna kontrollera luftfartygets attityd, navigera och upprätthålla avstånd från hinder, terräng och andra luftfartyg

Enligt Marknadsbeskrivningen av Bergström (2014) finns två tillgängliga system för transponderstyrd hinderbelysning: Lanthan och Cordina.

Transponderstyrd hinderbelysning har ej tillämpats på vindkraftsparker i Sverige eller i våra nordiska grannländer. Däremot tillåts transponderstyrd hinderbelysning i Tyskland, och från årsskiftet 2022/2023 har man infört krav på att hinderbelysningen nattetid på både nya och befintliga vindkraftverk ska styras av system som detekterar ankommande luftfartyg, alltså antingen radar- eller transponderstyrd hinderbelysning. Med anledning av detta har man sedan augusti 2019 infört ett krav på att alla luftfartyg, som flyger nattetid, ska vara utrustade med transponder.<sup>14</sup>

I Norge pågår diskussioner om möjligheterna att tillämpa transponderstyrd hinderbelysning och förslag har lämnats till Stortinget kring möjligt påbud om att alla civila flygplan ska förses med transpondrar innan januari 2022.<sup>15</sup>

### **6.3 Siktstyrd hinderbelysning**

Siktstyrd hinderbelysning innebär att vindkraftverken utrustas med sensorer som mäter rådande siktförhållande vid vindkraftverken och anpassar hinderljusens ljusstyrka utifrån visibilitet (Bergström, 2014). Till skillnad från radar- och transponderstyrd hinderbelysning släcks hinderljuset aldrig utan ljusstyrkan dimmas endast ner vid god sikt. Detta är alltså utöver regleringen i enlighet med bestämmelserna i TSFS 2020:88.

Enligt Marknadsbeskrivningen av Bergström (2014) finns flera tillgängliga system för siktstyrd hinderbelysning, Biral, Campbell scientific, Mierij Meteo och Vaisala.

Siktstyrd hinderbelysning har ej tillämpats på vindkraftsparker i Sverige. Däremot i enlighet med finska regelverket (Traficom, 2020) har siktstyrd hinderbelysning tillåtits för flera vindkraftsprojekt i Finland men om dessa har uppförts ännu är inte känt.<sup>16</sup>

---

<sup>14</sup> Engström, Staffan. Ägir konsult AB. Mailkontakt, 2021.08.25, 2021.09.25.

<sup>15</sup> Willoch, Daniel. Policyrådgivare på norska vindkraftsföreningen (NORWEA). Videosamtal och mailkontakt, 2021.06.02, 2021.06.09.

<sup>16</sup> Paalatie, Heidi,, 2021. Operativ chef på finska vindkraftsföreningen (FWPA). Mailkontakt, 2021.10.18.

## 7 Tillämpning av behovsstyrd hinderbelysning i Sverige

Tillämpning av behovsstyrda system för att reglera vindkraftverkens hinderljus och därmed kunna begränsa påverkan på omgivningen är en av åtgärderna som efterfrågas för att underlätta tillståndsgivningen av nya vindkraftsprojekt (Badman, 2021). Systemen är tillgängliga och används i flera andra länder, och möjligheten att tillämpa behovsstyrd hinderbelysning har även lyfts av Regeringen i regleringsbrevet för Transportstyrelsen (Infrastrukturdepartementet, 2021).

I detta kapitel redogörs hur systemen för behovsstyrd hinderbelysning hanteras enligt nationella föreskrifter och praxis. I syfte att klargöra nuvarande situation och anledningen till att systemen inte medges undantag i Sverige utreds och sammanfattas Transportstyrelsens och Försvarmaktens ställning till respektive system i kapitel 7.3 och 7.4.

### 7.1 Dispensförfarande enligt TSFS 2020:88 och vindkraftsparker som beviljats undantag för tillämpning av behovsstyrd hinderbelysning

Samtliga behovsstyrda system; radar-, transponder- och siktstyrd hinderbelysning innebär avvikelser från bestämmelserna i TSFS 2020:88 och därmed krävs ett medgivande om undantag av Transportstyrelsen i enlighet med 43 §.

För medgivande om undantag krävs att man skickar in en dispensansökan med säkerhetsbeskrivning till Transportstyrelsen Sjö- och luftfart, Sektionen för luftrum och flygplatser. Blankett och viss vägledande information, bl.a. en mall för säkerhetsbevisningen, finns tillgängligt på Transportstyrelsens hemsida (Transportstyrelsen, 2016b).

En förutsättning för att medges undantag är att avvikelserna från föreskrifterna enligt Transportstyrelsen bedöms vara kompenserade på ett tillfredställande sätt eller att en analys visar att den aktuella lösningen är lika säker som att tillfullo uppfylla föreskrifterna. Säkerhetsbevisningen ska därför innehålla en riskanalys och säkerhetsutlåtande av den sökande om att föreslagen lösning håller samma flygsäkerhetsnivå som markering enligt bestämmelserna i TSFS 2020:88 (Transportstyrelsen, 2016b).

Transportstyrelsen beslutar efter intern beredning och efter en samlad bedömning av remissinstansers yttrande. För dispensansökningar gällande hinderbelysning skickas ärendet för remissutlåtande från bl.a. instanser och sektioner internt inom Transportstyrelsen samt från Försvarmakten och andra berörda myndigheter exempelvis Trafikverket, Svenska flygbranschen, Polismyndigheten och Sjöfartsverket.<sup>17</sup>

Det finns inget tillgängligt register för vilka dispensansökningar gällande tillämpning av behovsstyrd hinderbelysning som inkommit till Transportstyrelsen och inte heller

---

<sup>17</sup> Niclas Berling, Transportstyrelsen, Ansvarsområde Flygplatsföreskrifter, certifikat för flygplatser eller tillsyn av flygplatser, Mailkontakt, 2021.06.16, 2021.07.02, 2021.08.24.

utfallet av ansökningarna finns tillgängligt. Istället har ett antal beslut, både beviljade respektive avslagna dispensansökningar, delats av Niclas Berling på Transportstyrelsen. Besluten mottogs via mail och finns sammanställda och redovisade i Tabell 14 i bilaga 3. Utifrån besluten har endast ett fåtal vindkraftsparker i Sverige beviljats undantag av Transportstyrelsen för tillämpning av behovsstyrd hinderbelysning, dessa vindkraftsparker visas i Tabell 7 nedan.

*Tabell 7. Vindkraftsparker i Sverige som beviljats undantag av Transportstyrelsen för tillämpning av behovsstyrd hinderbelysning. Informationen om vindkraftsparkerna är baserat på Transportstyrelsens beslut samt uppgifter från Vindlovs karttjänst Vindbrukskollen (Vindbrukskollen, u.å).*

	<b>Vindkraftspark (kommun)</b>			
	<b>Östra Herrestad</b> (Simrishamn)	<b>Näsudden Gotland</b> Gansparken, Näsudden väst, Stugyl (Gotland)	<b>Jädraås</b> (Ockelbo)	<b>Villköl</b> (Nybro)
<b>Antal verk, modell och totalhöjd (TH)</b>	9 x V90 TH 150m	Gansparken: 6 x V90 TH 125m Näsudden väst: 12 x V90 TH 125m Stugyl: 9 x V90 TH 135m	66 x V112 TH 175m	7 x V112 TH 175m
<b>Driftsättning av vindkraftsparken</b>	Okt 2010	Gansparken: Mar 2009 Näsudden Väst: Okt 2011 Stugyl: Sept 2011	Nov 2012 - Apr 2013	Dec 2012
<b>Hinderbelysnings- typ</b>	Medelintensivt rött blinkande	Medelintensivt rött blinkande	Högintensivt vitt blinkande	Högintensivt vitt blinkande
<b>System för behovsstyrd hinderbelysning</b>	Radarstyrd (OCAS)	Radarstyrd (OCAS)	Radarstyrd (OCAS)	Radarstyrd (OCAS)
<b>Ansökande part</b>	Vattenfall Vindkraft AB – (nuvarande ägare Rabbalshede Vind AB)	Näsudden Väst Administration AB c/o Wickman Wind AB	Jädraås Vindkraft AB/ Arise Windpower AB	E.ON Wind Sweden AB (nuvarande ägare RWE Renewables Sweden AB)
<b>Beteckning &amp; datum för Transport- styrelsens beslut</b>	TSL 2010-4231  2011-03-10	TSL 2011-3573  2012-01-18	TSL 2012-1984  2013-02-15	TSL 2013-2510  2014-03-05

Det är alltså endast radarstyrd hinderbelysning som beviljats undantag av Transportstyrelsen och samtliga avser OCAS-systemet (numera Vestas IntelliLight) för vindkraftsparker utrustade med antingen medel- eller högintensiv hinderbelysning.

P.g.a. oklarheter i ansvarsfrågor, har systemet dock aldrig installeras vid vindkraftsparken Östra Herrestad (Vattenfall, 2013) och radarstyrd hinderbelysning har följaktligen endast tillämpats på tre vindkraftsparker i Sverige; Näsudden Gotland, Jädraås och Villköl vindkraftspark.

Efter att Villköl vindkraftspark beviljats undantag år 2014 har samtliga dispensansökningar som inkommit gällande behovsstyrd hinderbelysning avslagits av Transportstyrelsen.

Sammanfattningsvis, för att vindkraftverk ska utrustas med behovsstyrd hinderbelysning krävs att Transportstyrelsens medger undantag från bestämmelserna i TSFS 2020:88, men inga dispensansökningar beviljas idag och tillämpning av behovsstyrda system är därmed inte möjligt i Sverige.

Nedan följer en genomgång av några relevanta ärenden där skäl för Transportstyrelsens beslut ska framgå. I vissa ärenden har även själva dispensansökan och yttrande från Försvarmakten delgetts och används som underlag för att klargöra Transportstyrelsens beslut i ärendet. Anledningen till att respektive system (radar-, transponder- och siktstyrd) inte medges undantag av Transportstyrelsen sammanfattas därefter i kapitel 7.3.

## **7.2 Dispensansökningar gällande behovsstyrd hinderbelysning – skäl för Transportstyrelsens beslut?**

### **7.2.1 Radarstyrd hinderbelysning**

Tillämpning av radarstyrd hinderbelysning har beviljats undantag av Transportstyrelsen för fyra vindkraftsparker i Sverige (se Tabell 7). Samtliga avser OCAS-systemet (numera Vestas InteliLight) och samtliga har erhållit undantag från då gällande föreskrifter TSFS 2010:155 (ändrad genom TSFS 2013:9 för Villköl vindkraftspark) under åren 2011-2014. Samma skäl för Transportstyrelsens beslut uppges i samtliga ärenden. Ansökande part har redovisat en riskanalys där flygsäkerhetsrelaterade risker kopplat till den specifika anläggningen och OCAS-systemet har analyserat och värderats. Utifrån denna riskanalys bedöms den föreslagna lösningen vara lika säker som markering enligt gällande föreskrifter och Transportstyrelsen har, i samråd med Försvarmakten, inget att erinra mot genomförda riskanalyser.

Trots att flera dispensansökningar gällande tillämpning av radarstyrd hinderbelysning har inkommit efter att vindkraftsparkerna i Tabell 7 har beviljats undantag har Transportstyrelsen avslagit samtliga dispensansökningar sedan Villköl vindkraftspark år 2014. Detta gäller både OCAS (numera Vestas InteliLight) samt andra system för radarstyrd hinderbelysning. Transportstyrelsen har avslagit en dispensansökning för tillämpning av radarsystemet Laufer Winds system för Ava vindkraftspark (TSL 2016-6019 2017-01-25) och avslagit dispensansökningar för tillämpning av radarsystemet DeTect:s system Harrier för vindkraftsparkerna Stamåsen och Mörttjärnberget (TSL 2012-6368 2017-02-02) samt för vindkraftsparkerna Ögonfågeln och Björkhöjden (TSL 2016-8736 2017-02-02).

I vissa ärenden uppges det i beslutet att Transportstyrelsens interna beredning inte har visat några indikationer på att systemet på den aktuella vindkraftsparken skulle innebära negativa konsekvenser för den civila luftfarten. Dock fattar Transportstyrelsen sitt beslut efter en samlad bedömning av remissinstanserna och i juni 2016 lämnade Försvarmakten ett officiellt yttrande till Transportstyrelsen i vilket de avråder från tillämpning av radarstyrd hinderbelysning på vindkraftverk (FM2016-10926:1 (2016-06-23)).

Med anledning av Försvarmaktens ställningstagande har Transportstyrelsen gjort bedömningen att dispensansökningar gällande radarstyrd hinderbelysning inte behöver skickas vidare till remissinstanserna utan samtliga ansökningar kan avslås med hänvisning till Försvarmaktens yttrande från 2016. För senare ärenden (exempelvis TSL 2018-5445; TSL 2018-5702; TSL 2018-5445) anger Transportstyrelsen i samtliga skäl för beslut att de även varit i kontakt med Försvarmakten i augusti 2018 men att Försvarmakten vidhåller sitt ställningstagande samt bedömer att de inte i några fall kommer att avvika från det.

I yttrandet (FM2016-10926:1 (2016-06-23)) avråder Försvarmakten från tillämpning av radarstyrd hinderbelysning med hänvisning till myndighetens bedömning att *"radarstyrd hinderbelysning inte når acceptabel flygsäkerhet så som föreskrivs i Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd"*. Bedömningen baseras på tester av ett väl utvecklat radarstyrt system som Försvarmakten har tagit del av och som myndigheten anser visar en markant lägre säkerhetsnivå. Pågående och förväntad teknikutveckling måste enligt Försvarmakten dessutom vägas in vid bedömningen av förutsättningarna för radarstyrd hinderbelysning. Enligt myndigheten kommer utvecklingen sannolikt innebära en större utmaning för systemen, exempelvis kommer det i framtiden bli allt svårare för ett radarsystem att upptäcka stridsflygplan. Utöver flygsäkerhetsaspekter bedömer Försvarmakten att radarstyrd hinderbelysning *"kan medföra men för rikets säkerhet"* i och med att radarsystemet kan registrera och lagra uppgifter om militär luftoperativ verksamhet. Då det inte går att utesluta att uppgifterna kan omfatta hemliga uppgifter, skulle spridning av information kunna äventyra rikets säkerhet.

Avslutningsvis, skriver Försvarmakten i yttrandet att de är positiva till utbyggnaden av vindkraft men vill poängtera vikten av att Transportstyrelsen i dessa ärenden balanserar nyttan av radarstyrd hinderbelysning mot kraven på acceptabel flygsäkerhet och samhällsintresset att försvara landet. Intresset av att skydda militär flygoperativ verksamhet måste enligt Försvarmakten väga tyngre ur ett nationellt perspektiv än det obehag som hinderbelysningen på vindkraftverk kan medföra. Vidare skriver Försvarmakten att i de fall dispens från Transportstyrelsens föreskrifter är absolut nödvändiga bör andra alternativa lösningar än radarstyrd hinderbelysning användas, något som Försvarmakten även anser är ett område som borde kunna utvecklas. Försvarmakten avslutade yttrandet med att framföra att i den mån radarstyrd hinderbelysning ändå måste förekomma bör verksamhetsutövare informeras om att de uppgifter som samlas in kan utgöra hemliga uppgifter och därmed omfattas av säkerhetsskyddslagens (1996:627) krav på säkerhetsskydd (FM2016-10926:1 (2016-06-23)).

## 7.2.2 Transponderstyrd hinderbelysning

Tillämpning av transponderstyrd hinderbelysning har inte beviljats undantag av Transportstyrelse trots att flera dispensansökningar har inkommit.

I oktober 2012 ansökte Statkraft SCA Vind AB om dispens från Transportstyrelsens föreskrifter (TSFS 2010:155, ändrad genom TSFS 2013:9) för tillämpning av transponderstyrd hinderbelysning för vindkraftsparken Stamåsen. Ansökan gällde ett system från Cordina A/S, OWS600, obstacle warning system (ÅF Infrastructure AB, 2012). I Transportstyrelsens beslut (TSL 2012-5363 2013-09-16) avslås ansökan med hänvisning till säkerhetsbegränsningar och Transportstyrelsens bedömning att det inte finns kompenserade åtgärder för avvikelser från gällande föreskrifter. Den föreslagna lösningen förutsätter att transponderutrustning finns installerat i samtliga luftfartyg som flyger i den aktuella vindkraftsparkens närhet, men enligt nationella föreskrifter finns inget krav på att transponder måste finnas ombord på svenska luftfartyg. I och med att luftfartyg som inte är utrustade med transponder inte kommer att aktivera systemet, bedömer Transportstyrelsen detta som en oacceptabel riskfaktor.

I januari 2017 ansökte Vattenfall Vindkraft Sverige AB om dispens för tillämpning av transponderstyrd hinderbelysning för vindkraftsparken Grönhult (TSL 2017-9181 2018-01-22). Ansökan gällde ett annat system från Scandinavian Avionics/Pondetect<sup>18</sup> men även denna ansökan avslås med hänvisning till tidigare beslut gällande vindkraftsparken Stamåsen (TSL 2012-5363 2013-09-16). Vidare kan Transportstyrelsen efter intern beredning även konstatera att de nationella föreskrifter som anges i Vattenfalls ansökan inte är applicerbara och hänvisar istället till EU-förordningar ((EU) 965/2012 och (EU) 923/2012) där det inte heller finns krav på att alla luftfartyg ska vara utrustade med transponder. Därmed har inte heller Transportstyrelsen möjlighet att ändra kraven i en nationell föreskrift och utvidga de luftrum där transponderkrav gäller då detta regleras av EU-förordningar (TSL 2012-5363).

I februari 2021 ansökte Skellefteå Kraft AB om dispens för tillämpning av transponderstyrd hinderbelysning för vindkraftsparken Uljabuouda (TSL 2021-917 2021-07-02). Den föreslagna lösningen är till skillnad från tidigare dispensansökningar baserat på att en Transponder Mandatory Zone (TMZ)<sup>19</sup> inrättas omkring den aktuella vindkraftsparken inom vilket man förutsätter att transponder är i bruk i samtliga luftfartyg vid VFR-flygning i mörker. Vidare framhåller Skellefteå Kraft AB att kraven på transponder i Sverige genom SERA-förordningen<sup>20</sup> i kombination med de nationella trafikreglerna för luftfart (TSFS 2014:71) medger att Transportstyrelsen utvidgar de luftrum där transponderkrav gäller. Exempelvis kan Transportstyrelsen genom ändringar i TSFS 2014:71 införa ett krav på transponder även i luftrumsklass G (övrigt luftrum) vilket dessutom kan begränsas till att endast

---

<sup>18</sup> Engström, Staffan. Ägir konsult AB, Mailkontakt, 2021.08.25, 2021.09.25.

<sup>19</sup> TMZ, ett luftrumsklass om inte finns i Sverige

<sup>20</sup> Standardiserande europeiska trafikregler (SERA), där genomförandeförordningen (EU) nr 923/2012 fastställer de gemensamma luftfarts- och driftsbestämmelser för tjänster och förfaranden inom flygtrafiken som ska tillämpas på den allmänna flygtrafiken inom det gemensamma europeiska luftrummet.



gälla natttid. Eftersom det redan är krav på transponder inom återstående typer av luftrum skulle kravet omfatta hela landet.

Ärendet har skickats vidare för intern beredning samt till Försvarmakten. Enligt Försvarmakten yttrande i ärendet från maj 2021 (FM2021-8081:4 (2021-05-28)) förtydligar Försvarmakten att SERA-förordningen inte reglerar militär luftfart. Den militära luftfarten har ett annat operativt behov än civil luftfart för att kunna lösa sina uppgifter. Hur detta tillämpas görs på olika sätt i olika europeiska länder givet nationell lagstiftning och vägval. Detta är, enligt Försvarmakten, en viktig aspekt att ta i beaktande då det kompletterande underlaget från Skellefteå Krafts hänvisar till hur andra länder gjort. I trafikreglerna för militär luftfart<sup>21</sup> anges bl.a. att när det föreligger *operativa behov* får den militära luftfarten uppträda på ett annat sätt än vad som anges i SERA. Exempelvis kan detta handla om andra flyghöjder, hastigheter och nyttjande av utrustning på annat sätt än inom civil luftfart. Att operera utan krav på transponder är därmed ett exempel på sådana operativa behov. Försvarmakten skriver i sitt yttrande att de regelbundet opererar utan användning av transponder och har behov att fortsatt kunna göra så, både under övnings- och insatsverksamhet. På Skellefteå Krafts yttranden om att hinderbelysningen skulle kunna aktiveras med fem dagars framförhållning och maximalt tre gånger per år anser Försvarmakten att detta skulle ha en skadlig inverkan på deras verksamhet. Särskilt då acceptans av denna teknislösning med stor sannolikhet hade påverkan betydligt större områden än i ansökan angiven vindkraftspark. Vidare bedömer Försvarmakten att om TMZ skulle införas för den civila trafiken och att man tillämpar transponderstyrd hinderbelysning skulle detta för en inte obetydlig volym militära flygningar innebära att hinderbelysningen inte kommer att tändas, vilket skulle öka risken för kollision till en icke acceptabel nivå.

Enligt Transportstyrelsens beslut (TSL 2021-917 2021-07-02) finns det i Transportstyrelsens författningssamling inte TMZ som definition av luftrum, varken hur det ska konstrueras, av vem det ska konstrueras eller under vilka omständigheter. TMZ finns dock infört i Sverige i kombination med luftrum i andra sammanhang i och med SERA-förordningen, exempelvis i trafikinformationsområde (TIA). SERA-förordningen förbjuder dock inte användningen av ej höjdrapporterande transponder (Mode A) så länge detta inte förekommer inom ett TMZ. Där definitionen av TMZ är just att det ska vara en höjdrapporterande transponder. De delar i Transportstyrelsens författningssamling som inte överensstämmer med SERA-förordningen planerar Transportstyrelsen att omhänderta vid kommande revisioner. Ovan gäller i första hand för civil luftfart, då Försvarmakten enligt luftfartslagen har bemyndigande att besluta om regler för militär luftfart. Grunden i luftrumsklass G (övrigt luftrum) är att det inte råder krav på transponder. Ett TMZ skulle innebära transponderkrav för samtliga luftfartyg, vilket även skulle omfatta exempelvis drönar, segel- och skärmflyg som inte tas upp i ansökan. Enligt Transportstyrelsen är syftet med TMZ i första hand att höja flygsäkerheten för luftfartyg genom att de ska kunna synas på radarn hos flygtrafikledning och för att möjliggöra för olika typer av kollisionsvarningssystem mellan luftfartyg. TMZ bör inte användas som en

---

<sup>21</sup> Sveriges Riksdag och Regering har i Luftfartslagen (2010:500) och genom Luftfartsförordningen (2010:770) gett Försvarmakten bemyndigande att besluta om trafikregler för den militära luftfarten. Detta görs genom Försvarmaktens föreskrifter om militär luftfart (FFS 2019:10) och Försvarmaktens föreskrifter om Trafikregler för militär luftfart (FFS 2020:4)

kompenaserade åtgärd för att i andra änden sänka flygsäkerheten, som släcka hinderljusen permanent innebär. Transportstyrelsen anser att TMZ endast bör användas när inget annat alternativ finns tillgängligt.

Med hänvisning till nämnda skäl samt Försvarmaktens avstyrkan bedömer Transportstyrelsen att ansökan om undantag för tillämpning av transponderstyrd hinderbelysning inte kan beviljas och Skellefteå Kraft AB dispensansökning avslogs i juli 2021.

### **7.2.3 Siktstyrd hinderbelysning**

Tillämpning av siktstyrd hinderbelysning har inte beviljats undantag av Transportstyrelse trots att flera dispensansökningar har inkommit.

I 2018 avslog Transportstyrelsen två dispensansökningar för vindkraftsparkerna Jenåsen (TSL 2018-1419 2018-04-01) och Bröcklingsberget (TSL 2018-2974 2018-07-10). Ansökningarna gällde dispens för att dimma hinderbelysningen vid god sikt till lägre ljusstyrka än vad som anges i TSFS 2010:155 (ändrad genom 2013:9 och TSFS 2016:95). Båda ärenden har endast behandlats internt och samma skäl för Transportstyrelsens beslut uppges. Möjligheten att reglera ner ljusstyrkan har förts in i Transportstyrelsens föreskrifter för att ta hänsyn till den påverkan hinderljusen kan ha på närboende men samtidigt upprätthålla flygsäkerheten. Transportstyrelsen bedömer att en ytterligare sänkning av ljusstyrkan enligt ansökningarna skulle medföra en sänkning av flygsäkerheten. Då inga kompenaserade åtgärder är redovisade kan ansökningarna om att använda siktsystem inte beviljas.

För senare ärenden (TSL 2019-7972, TSL 2020-5326, TSL 2021-1216) avslås samtliga dispensansökningar med hänvisning till Försvarmaktens yttrande från 2016 (FM2016-10926:1 (2016-06-23)) och att Försvarmaktens inte heller kan tillstyrka att hinderbelysning utrustas med s.k. siktsystem som innebär att hinderbelysningen kan dimmas vid god sikt. Med anledning av Försvarmakten yttrande, som de vid kontakt med Transportstyrelsen i augusti 2018 dessutom anser sig vidhålla och bedömer att de inte i några fall kommer att avvika ifrån, har Transportstyrelsen beslutat att inte längre skicka ansökningar om att få tillämpa siktstyrd hinderbelysning på remiss, utan bedömer att samtliga ansökningar om att använda siktbaserade system inte kan beviljas med hänsyn till Försvarmaktens avstyrkan.

I maj 2021 avslog Transportstyrelsen dessutom en dispensansökning för Tomaslidens vindkraftspark (TSL 2021-1633 2021-05-18) om att få dimma vid god sikt till lägre ljusstyrka än vad bestämmelserna i TSFS 2020:88. Samma skäl för beslutet som tidigare ärenden uppges men Transportstyrelsen har utvecklat sitt svar något. Transportstyrelsen framhåller att ett objekt inte blir mindre farligt vid bra sikt, genom att minska ljusstyrkan på hinderljusen minskas även den tid en pilot har möjlighet att genomföra en undanmanöver. Transportstyrelsen utvecklar resonemanget med att vilken typ av hinderljus ett objekt ska markeras med avgörs till övervägande del av dess höjd över marken och det är den fara som objektet utgör för luftfarten som är avgörande i markeringshänseende. Ett objekt som utgör liten fara har därför ett lägre krav på markering än ett objekt som utgör stor fara. Ett högt objekt utgör vanligtvis en större fara för luftfarten eftersom sannolikheten för att ett luftfartyg ska kollidera med objektet ökar med objektets höjd över marken.

Sammantaget innebär det att riskområdet för kollision ökar ju högre ett objekt är. Genom att använda olika typer av hinderljus får piloten information om vilken risk ett annalkande objekt utgör. För de objekt som utgör hög risk, så som vindkraftparker, behöver piloten i ett så tidigt skede som möjligt, kunna genomföra en undanmanöver för att minska sannolikheten för en kollision. Med anledning av detta är de objekt som utgör högst risk markerade med hinderljus vars konfiguration gör dem lätta att upptäcka på stora avstånd. De tekniska kraven på hinderbelysning som återfinns i TSFS 2020:88 är framtagna utifrån detta resonemang. Att frångå dessa krav innebär att tiden för piloten att genomföra en säker undanmanöver kommer att minska.

Med hänsyn till Transportstyrelsens bedömning ovan, bl.a. med hänsyn till vindkraftsverkens höjd och den stora risk detta innebär för luftfarten samt med beaktande till Försvarmaktens ställning och avstyrkan till siktstyrd hinderbelysning bedömer Transportstyrelsen att dispensansökan inte kan beviljas (TSL 2021-1633 2021-05-18).

### 7.3 Transportstyrelsens ställning till behovsstyrd hinderbelysning

Sammanfattningsvis, undantag för tillämpning av samtliga behovsstyrda system; radar-, transponder- och siktstyrd hinderbelysning avslås av Transportstyrelsen och anledningen till att systemen avslås sammanfattas i Tabell 8 nedan.

*Tabell 8. Anledningen till att undantag för tillämpning av respektive behovsstyrda system (radar-, transponder- och siktstyrd hinderbelysning) avslås av Transportstyrelsen.*

<b>Radarstyrd</b>	<b>Transponderstyrd</b>	<b>Siktstyrd</b>
Avslås med hänvisning till Försvarmaktens yttrande (FM2016-10926:1 (2016-06-23))	Avslås med hänvisning till Transportstyrelsens egna bedömning att systemet medför en sänkning av flygsäkerheten och att utvidga kraven på transponder eller införa TMZ inte är möjligt att införa i Sveriges luftrum.  Samt med hänvisning till Försvarmakten yttrande (FM2021-8081:4 (2021-05-28))	Avslås med hänvisning till Transportstyrelsens egna bedömning att ytterligare sänkning av ljusstyrkan utöver bestämmelserna i TSFS 2020:188 medför en sänkning av flygsäkerheten.  Samt med hänvisning till Försvarmaktens yttrande (FM2016-10926:1 (2016-06-23))

Följaktligen kan Transportstyrelsen, utan intern bedömning eller att ärendet skickas vidare till remissinstanserna, avslå samtliga dispensansökningar avseende behovsstyrd hinderbelysning med hänvisning till Försvarmaktens yttranden. Därmed finns det även ett behov av att förtydliga och utveckla Försvarmaktens ställning till respektive system, vilket även Transportstyrelsen har efterfrågat. I kapitel 7.4 nedan

sammanfattas Försvarmaktens ställning till systemen utifrån det senaste yttrandet som myndigheten lämnade i juli 2021.

#### **7.4 Försvarmaktens ställning till behovsstyrd hinderbelysning**

Med anledning av Transportstyrelsens begäran lämnade Försvarmakten i juli 2021 ett uppdaterat ställningstagande avseende behovsstyrd hindbelysning (FM2021-15034:3 (2021-06-28)). I vilket Försvarmaktens uppfattning kvarstår; i avvägningen mellan det minskade obehag som behovsstyrd hinderbelysning skulle kunna innebära för närboende och intresset av att skydda Sverige genom militär flygoperativ verksamhet, måste Försvarmaktens intressen väga tyngre ur ett nationell perspektiv. Försvarmakten avråder därför från tillämpningen av behovsstyrd hinderbelysning och har utgått från följande aspekter vid genomförd analys;

- Risk för spridning av information rörande Sveriges säkerhet
- Flygsäkerhetsmässiga och operativa skäl
- Potentiell påverkan på riksintressen för totalförsvarets militära del

Nedan redogörs Försvarmaktens ställning till respektive behovsstyrda system utifrån dessa tre aspekter och yttrandet från juli 2021 (FM2021-15034:3 (2021-06-28));

##### **7.4.1 Risk för spridning av information rörande Sveriges säkerhet**

Enligt Försvarmaktens analys kan tillämpningen av radar- och transponderstyrda system för detektering av luftfartyg beroende på teknikval innebära att luftoperativ verksamhet vid Försvarmakten kan komma att registreras. Försvarmakten avråder från tillämpning av dessa system då det inte kan uteslutas att registreringen därmed kan omfatta hemliga uppgifter vars röjande kan medföra men för Sveriges säkerhet. Detta är således i enlighet med tidigare yttrande från Försvarmakten ((FM2016-10926:1 (2016-06-23)) men omfattar nu både radar- och transponderstyrd hinderbelysning.

##### **7.4.2 Flygsäkerhetsmässiga och operativa skäl**

Försvarmakten beskriver den militära flygverksamheten kortfattat och att de regler och operationella manualer som skapats för den militära flygverksamheten har utformats för att möjliggöra denna verksamheten. Radarstyrd hinderbelysning måste ha sådan kapacitet och täckning att Försvarmaktens flygoperativa verksamhet kan fortsätta utan att systemet begränsar handlingsfriheten. Likt Försvarmaktens tidigare yttrande i frågan (FM2016-10926:1 (2016-06-23)), anser Försvarmakten att den pågående och förväntade teknikutvecklingen måste vägas in i bedömningen och att denna förväntas innebära större utmaningar för både flygande system och andra system som använder sådan radartechnik. Enligt Försvarmaktens bedömning innebär detta att flygsäkerheten, på ett markant sätt nedgår med en ökad risk som följd och Försvarmakten avråder därav från tillämpning av radarstyrd hinderbelysning.

Gällande transponderstyrd hinderbelysning så hänvisar Försvarmakten till tidigare yttrande i frågan (FM2021-8081:4 (2021-05-28))<sup>22</sup> men skriver att SERA inte reglerar militär luftfart och att Försvarmakten har beslutat om särskilda bestämmelser för militära luftfarten<sup>23</sup>. Den militära luftfarten uppträder när så är möjligt på samma sätt som den civila flygtrafiken för att gagna militär och civil flygsäkerhet. Försvarmakten och militära luftfartyg får dock enligt bestämmelserna för militära luftfarten uppträda på andra sätt när *operativa behov* föreligger och att ha möjlighet att operera utan krav på transponder är ett exempel på ett sådant operativt behov. Både Försvarmaktens övnings- och insatsverksamhet är av sådan natur att krav på transponder begränsar myndighetens förmåga att genomföra verksamheten och kunna lösa uppgifter lämnade i lag och förordning. Vidare understryker Försvarmakten att om TMZ skulle införas för den civila trafiken och att man tillämpar transponderstyrd hinderbelysning skulle detta för en inte obetydlig volym militära flygningar troligen innebära att hinderbelysningen inte kommer att tändas. Något som med stor sannolikhet skulle resultera i en icke acceptabel risk för kollisioner mellan militära luftfartyg och hinder.

Gällande siktstyrd hinderbelysning finns det enligt Försvarmaktens analys aspekter som rent flygsäkerhetsmässigt och operativt inte är klarlagda. Detta handlar bl.a. om tillförlitligheten hos sensorerna, reservsystem, reservnivåer etc.

#### **7.4.3 Potentiell påverkan på riksintressen för totalförsvarets militära del**

Försvarmakten ansvarar för att peka ut och informera om områden som utgör riksintressen och områden av betydelse för totalförsvarets militära del. Enligt MB (3 kap 9 §) ska mark- och vattenområden som har betydelse för totalförsvaret så långt som möjligt skyddas mot åtgärder som påtagligt kan motverka totalförsvarets intressen. Försvarmakten skriver i yttrandet att höga objekt kan beroende av dess placering, utformning och tekniska egenskaper medföra påtaglig skada på riksintressen eller områden av betydelse för totalförsvarets militära del. Tillämpningen av behovsstyrd hinderbelysning och nya typer av teknisk utrustning riskerar enligt Försvarmaktens analys medföra negativ påverkan på riksintressen för totalförsvarets militära del. För en analys avseende hinderbelysningssystem påverkan, som är helt beroende av teknikens olika egenskaper och hur denna påverkar värdet av potentiellt berörda riksintressen och områden av betydelse, krävs en analys från berörda delar av Försvarmakten samt övriga potentiellt berörda myndigheter. En sådan analys skulle enligt Försvarmakten troligen förutsätta utförlig information om systemets tekniska egenskaper och potentiella omgivningspåverkan, och nämner som exempel elektromagnetisk emission och hänvisar till en utredning framtagen av Försvarmakten och Elsäkerhetsverket (FM2020-22728:17).

Om man antar att system för hinderbelysning kan ge upphov till påtaglig skada på t.ex. tekniska system som utgör riksintresse för totalförsvarets militära del skulle det

---

<sup>22</sup> Försvarmakten yttrande avseende Skellefteå Kraft AB ansökan om undantag för tillämpning av transponderstyrd hinderbelysning för vindkraftsparken Uljabuouda.

<sup>23</sup> Sveriges Riksdag och Regering har i Luftfartslagen (2010:500) och genom Luftfartsförordningen (2010:770) gett Försvarmakten bemyndigande att besluta om trafikregler för den militära luftfarten. Detta görs genom Försvarmaktens föreskrifter om militär luftfart (FFS 2019:10) och Försvarmaktens föreskrifter om Trafikregler för militär luftfart (FFS 2020:4)

ur Försvarmaktens perspektiv vara önskvärt att någon form av standardisering införs avseende vilken typ av teknik som tillåts, hur den dimensioneras och installeras. Försvarmaktens analys vid granskning av remisser avseende uppförande av höga objekt skulle då potentiellt kunna utgå från att system för hinderbelysning följer gällande svensk standard.

Gällande siktstyrd hinderbelysning anser Försvarmakten att det finns aspekter med potentiell påverkan på riksintressen på totalförsvarets militära del om inte är klarlagda, bl.a. om elektromagnetisk emission, eventuell standardisering etc.

Radar-, transponder- och siktstyrd hinderbelysning kan mot bakgrund av ovan, medföra potentiell påverkan på riksintressen för totalförsvarets militära del varav Försvarmakten avråder från tillämpning av samtliga system.

Sammanfattningsvis avråder Försvarmakten från tillämpning av samtliga behovsstyrda system och anledningen till att systemen avstyrks sammanfattas i Tabell 9 nedan.

*Tabell 9. Anledningen till att respektive behovsstyrda system (radar-, transponder-och siktstyrd hinderbelysning) avstyrks av Försvarmakten enligt yttrandet från juli 2021 (FM2021-15034:3 (2021-06-28)).*

<b>Radarstyrd</b>	<b>Transponderstyrd</b>	<b>Siktstyrd</b>
avstyrks p.g.a. flygsäkerhetsmässiga och operativa skäl, att beroende på teknikval kan uppgifter som är föremål för sekretess riskera att röjas vid användning av radarstyrda system samt potentiell påverkan på riksintressen för totalförsvarets militära del.	avstyrks p.g.a. flygsäkerhetsmässiga och operativa skäl mot bakgrund av att transponderstyrda system sannolikt kan komma att resultera i en högre grad av luftfartsolyckor, att beroende på teknikval kan uppgifter som är föremål för sekretess riskera att röjas vid användning av transponderstyrda system samt potentiell påverkan på riksintressen för totalförsvarets militära del.	avstyrks p.g.a. att det för närvarande finns för stora tekniska och funktionella frågetecken av flygsäkerhetsmässiga och operativa skäl samt potentiell påverkan på riksintressen för totalförsvarets militära del.

Avslutningsvis föreslår Försvarmakten i yttrandet från juli 2021 (FM2021-15034:3 (2021-06-28)) att en dialog mellan myndigheterna (Försvarmakten och Transportstyrelsen) ska inledas för att undersöka en harmonisering gentemot ICAO:s lägre krav på hinderbelysning på vindkraftverk över 150 m i syfte att utröna om det skulle kunna vara något att gå vidare med i svenskt luftrum. Detta skulle i förlängningen enligt Försvarmakten eventuellt kunna innebära att behovsstyrd hinderbelysning på vindkraftverk inte behöver införas överhuvudtaget.

## 8 Hinderbelysningens påverkan på omgivningen

Påverkan av vindkraftsetableringar innefattar en rad olika intressen och faktorer exempelvis buller, skuggor och reflexer som närboende kan drabbas av men även påverkan på natur- och kulturvärden samt på andra intressen såsom rennäringen och friluftsliv (Energimyndigheten & Naturvårdsverket, 2021a). I Figur 4 nedan visas en översikt av olika intressen och faktorer som kan påverkas av en vindkraftsetablering.



Figur 4. Översikt över olika intressen och faktorer som kan påverkas av en vindkraftsetablering. Bilden är hämtad ur Nationell strategi för en hållbar vindkraftsutbyggnad (Energimyndigheten & Naturvårdsverket, 2021a).

Hinderbelysningen på vindkraftverken inverkar på flera av dessa intressen och faktorer. Som tidigare beskrivits i kapitel 7 finns en tydlig koppling mellan hinderbelysningen och vindkraftens påverkan på luftfartens och försvarets intressen. Utöver detta har hinderljusen även en betydelse för påverkan på exempelvis djurlivet, i och med insekters, och därmed även fladdermöss, attraktion till färger och hinderbelysning på vindkraftverk (Naturvårdsverket, 2020b). Hinderbelysningen kan dessutom ses som en betydande del av vindkraftverkens visuella påverkan, så utöver att hinderbelysningen kan ge upphov till störningar på närboende inverkar hinderbelysningen på en rad andra intressen och faktorer som på exempelvis

kulturmiljön, landskapet och friluftsliv.

I följande kapitel beskrivs hur hinderbelysningen påverkar närboende, vilket innefattar ljusets effekter på människors hälsa och livsmiljö, detta innebär alltså inte att hinderbelysningen inte inverkar på andra intressen och faktorer.

### 8.1 Påverkan från hinderbelysningen på närboende

Hinderbelysningen på vindkraftverken innebär en visuell påverkan som kan orsaka intrång och olägenhet för människors hälsa och livsmiljö men kunskapsunderlaget kring hur närboende påverkas av hinderljuset väldigt begränsad.

I rapporten *Vindkraftens påverkan på människors intressen* från kunskapsprogrammet Vindval har man sammanställt, analyserat och värderat både nationell och internationell forskning om vindkraftens påverkan på människors intressen (Bolin, et al., 2021). En av rapportens fördjupningsområden är *Hälsa och ohälsa* vilket innefattar besvärsupplevelser eller störningar från bl.a. buller, skuggor och ljus. I denna omfattande rapport omnämns endast kort att hinderljuset på vindkraftverken kan uppfattas som störande av närboende när det är mörkt och att både högintensivt vitt ljus och medelintensivt rött ljus kan upplevas som ett störande inslag i landskapsbilden (Bolin, et al., 2021). På Vindlov.se, en webbplats om tillståndsfrågor för vindkraft som tagits fram på uppdrag av regeringen och i samarbete med omkring 20 offentliga myndigheter och organisationer, beskrivs i avsnittet *Hälsa och säkerhet* att hinderljuset kan verka störande närboende och att det blinkande ljuset från höga vindkraftverk kan störa boende både kvälls- och nattetid (Energimyndigheten, 2021d). Likaså i Boverkets rapport *Vindkraften och landskapet – att analysera förutsättningar och utforma anläggningar* nämns att hindermarkering på vindkraftverken kan störa boende i närheten både dag- och nattetid och att vindkraftverkens storlek och synbarhet gör att påverkan på landskapet är långt större än bara den plats där vindkraftverken ska placeras (Boverket, 2009a).

Det finns endast två svenska studier som undersöker hur närboende vid befintliga vindkraftsparker upplever och eventuellt störs av hinderbelysningen; en enkätundersökning på boende vid vindkraftsparken Dragaliden i Piteå kommun och en intervjustudie på boende vid vindkraftsparken Jädraås i Ockelbo kommun.

Enkätundersökningen på närboende vid Dragaliden vindkraftsparken genomfördes i syfte att utreda hinderbelysningens påverkan och möjligheter till förbättring där resultaten publicerades i en rapport av Svevind och Energimyndigheten (Svevind & Energimyndigheten, 2011). Dragaliden vindkraftsparken består av 12 vindkraftverk, där två verk har en totalhöjd på 149 m och resterande har en totalhöjd på 179 m och är därmed markerade med antingen medel- eller högintensivt hinderbelysning. Enkäten skickades ut till 34 boende inom ett avstånd på ca 9 km från vindkraftsparken, varav 13 besvarade enkäten. Enligt undersökningen upplever flera av de boende att hinderbelysningen är ett störande inslag i den annars mörka närmiljön och hinderbelysningen uppges bidra till en mer negativ inställning till vindkraft. Det vita högintensiva hinderljuset uppges vara mycket störande och majoriteten av de tillfrågade upplever att det högintensiva ljuset syns betydligt mer än det röda medelintensiva ljuset som även uppges vara lättare att acceptera. Enkäten



undersöker även utifall specifika väderförhållanden påverkar boendes upplevelse av hinderljusen, där majoriteten av de tillfrågade upplever att hinderljusen är mer synliga vid klart väder och mindre synliga vid snöfall och dimma.

I Olsson (2013) genomfördes intervjuer med elva personer i närheten av Jädraås vindkraftspark som består av 66 vindkraftverk med en totalhöjd på 175 m, där vissa verk i parkens yttre gränser är försedda med vitt blinkande högintensivt hinderljus och resterande med rött fast lågintensivt hinderljus. Syftet med intervjustudien var att undersöka hur närboende vid en nyetablerad stor vindkraftspark i skogsområde upplever ljudet och andra förändringar i miljön. Intervjustudien visar att de som uppgav sig störas av buller irriterades också av vindkraftverkens hinderbelysning och under mörker uppfattades de vita högintensiva hinderljusen som särskilt störande. Hinderljusen anses utgöra ett intrång i den privata sfären och vara en stor kontrast till omgivande miljön. Två av de intervjuande uppgav att de var tvungna att använda rullgardiner för att inte störas av det högintensiva hinderljuset. Dock betraktade flera av de intervjuande att hinderljusen endast var en tillfällig störning och därmed lättare att acceptera. De intervjuande nämnde att det fanns planer för att hinderljusen bara ska tändas när flygtrafik närmar sig vindkraftsparken. När denna teknik skulle tas i bruk har dock de intervjuande inte blivit informerade om Olsson (2013).<sup>24</sup>

Enligt ovan ger hinderbelysningen på vindkraftverken upphov till störningar på närboende och särskilt det högintensiva ljuset upplevs som störande. Underlaget är dock väldigt begränsat och vetenskapliga artiklar om hur närboende vid befintliga vindkraftsparker i Sverige upplever och eventuellt störs av hinderljusen saknas helt. Nedan följer en genomgång av två artiklar som mer systematiskt och utförligt behandlar påverkan från hinderbelysning och baseras på enkätundersökningar genomförda på boende intill vindkraftverk i Tyskland respektive Danmark.

## **8.2 Vetenskapliga artiklar om hur närboende påverkas av hinderbelysningen - enkätundersökningar genomförda på boende vid vindkraftsparker i Tyskland & Danmark**

### **8.2.1 “Acceptance and stress effects of aircraft obstruction markings of wind turbines” av Pohl, et al. (2012)**

Enligt Pohl, et al. (2012) är det inte kartlagt om hinderbelysning på vindkraftverk verkligen orsakar störningar på närboende och syftet är därför att presentera data på hur hinderbelysning uppfattas samt hur hinderljusen påverkar de boendes acceptans till lokala vindkraftsparker. Studien använder miljö- och stresspsykologiska metoder för att systematiskt analysera stress effekterna från hinderljusen och baseras på en enkätundersökning som utfördes år 2009 på över 400 boende vid 13 olika vindkraftsparker i Tyskland. Endast boende inom 8 km från parkerna och där vindkraftverken är direkt synliga inkluderades i enkätundersökningen. Parkerna består av mellan 5-18 vindkraftverk med en totalhöjd av 110-150 m och hindermarkeras med olika sorters belysning (vit xenon-belysning, vit LED-belysning,

---

<sup>24</sup> Enligt Bergström (2014) har vindkraftsparken Jädraås beviljas dispens för radarstyrd hinderbelysning och OCAS-system har installerats i vindkraftsparken, om systemet redan var installerat när intervjuerna i Olsson (2013) genomfördes är däremot oklart.

färgmarkeringar på bladen), tillämpar olika försiktighetsåtgärder (synkronisering eller reglering av ljusstyrkan utifrån siktförhållanden) samt representerar olika typer av landskap, både enkelt landskap (platt mark, landsbygd med låg byggnadstäthet) och komplext landskap (kuperad mark, förortsområde med hög byggnadstäthet).

Observera att bestämmelserna för hindermarkering i Tyskland skiljer sig från de svenska, och att det i Tyskland, till skillnad från i Sverige, inte används vitt högintensivt hinderljus under nattetid oavsett höjd, utan endast röda ljus ska tillämpas nattetid. I studien framgår inte vilken ljusstyrka hinderbelysningen på vindkraftsparkerna i fråga har, varken dag- eller nattetid, eller hur hinderljusens ljusstyrka regleras utifrån siktförhållanden.<sup>25</sup>

Resultaten i Pohl, et al. (2012) visar att hinderbelysningen inte kan anses orsaka betydande eller skadlig störningar på närboende men det finns signifikanta skillnader mellan olika typer av markeringar i relation till störningars omfattning, egenskaper och eventuella hanteringsstrategier. Resultaten visar att den övergripande störningsgraden från hindermarkeringar under dagtid endast upplevs som lätt störande medan störningen bedöms vara betydligt större från hindermarkeringar under nattetid.

Synkronisering och reglering av ljusstyrkan utifrån rådande siktförhållanden (i.e. lägre ljusstyrka vid klar sikt och högre ljusstyrka vid oklar sikt) bedöms inte ha en betydande påverkan på den övergripande störningsgraden från hinderbelysningar men synkroniserade ljus upplevs som mindre störande under vissa väderförhållande och reglering av ljusstyrkan anses vara fördelaktigt. Där LED-belysning som synkroniseras anses mindre störande än xenon-belysning och osynkroniserad hinderbelysning. Störningsgraden, både dag- och nattetid, är trots detta lägre för vindkraftsparker utan reglering av ljusstyrkan. Vilket anses kunna bero på att när det saknas möjlighet att reglera ljusstyrkan förses boende med andra åtgärder för att hantera ljudstörningar som exempelvis persienner. Dessa förmildrande åtgärder var mindre vanligt för vindkraftsparker som reglerade ljusstyrkan.

De boende ombads dessutom att bedöma vilka specifika egenskaper eller funktioner på hindermarkeringar de föredrar. Där boende efterfrågar framförallt behovsstyrd hinderbelysning, trots att ingen av de studerade vindkraftsparkerna är utrustade med sådant system, samt att längre blinkningsintervall, svagare ljusstyrka och synkroniserade lampor efterfrågas.

Resultaten visar även att den övergripande störningsgraden från hindermarkeringar är oberoende av landskapet, men att väderförhållanden och hinderljusens synlighet

---

<sup>25</sup> Enligt nuvarande bestämmelser i Tyskland ska vindkraftverken under nattetid markeras med rött ljus på 100 cd. Under dagtid anses vindkraftverken synlighet vara tillräckligt i sig och tillämpningen av hinderljus är inget krav. Det bör dock noteras att kraven på färgmarkering är striktare i Tyskland, utöver vit färg krävs orange eller rött band på blad, mast och nacellen (Die Bundesregierung, 2020). Vilken typ av hinderljus och dess ljusstyrka som avses i Pohl, et al. (2012) under dagtid är därmed oklart.

spelar större roll för de boendes upplevelse och att hinderljusen upplevs som mer störande på molnfria nätter än på regniga och dimmiga dagar.

I studien undersöks även hur de boende upplever andra störningar från vindkraftverken. Störningar orsakade av hinderbelysningen, både dag- och nattetid, bedöms i jämförelse med andra orsaker vara betydligt mindre störande. Mest störande anser respondenterna är förändringar i landskapet följt av ljud från vindkraftverken. Störningar från hindermarkeringar under nattetid, upplevde de boende var jämförbart med både själva rotationen och skuggorna från rotorbladen. Detta tas även upp i en annan studie av delvis samma författare, Pohl, et al. (2018). I denna studie har intervjuer genomförts med boende vid en vindkraftspark i Tyskland bestående av nio vindkraftsverk med en totalhöjd på 150 m i syfte att undersöka orsaker och effekter av buller och ljudstörningar från vindkraftverken, men respondenterna ombads dessutom att utvärdera andra störningar, bl.a. från hindermarkeringarna. Likt Pohl, et al. (2012) visar resultaten i Pohl, et al. (2018) att landskapsförändringar och ljud från vindkraftverken upplevs som mest störande, och hindermarkeringarna bedöms i Pohl, et al. (2018) endast som något störande. Störningar orsakade av hindermarkering nattetid, bedöms som låga men betydligt mer störande än hindermarkering under dagtid. Störningar orsakade av rotationen, reflektionen eller skuggorna från rotorbladen bedöms av respondenterna som betydligt mindre störande än hindermarkering nattetid. Resultaten i studierna stämmer således väl överens med varandra men att störningsgraden var generellt lägre för alla de undersökta orsakerna i intervjustudien Pohl, et al. (2018).

### **8.2.2 “Spoiled darkness? Sense of place and annoyance over obstruction lights from the world’s largest wind turbine test centre in Denmark” av Rudolph, et al. (2017):**

Lika så anser Rudolph et al., (2017) att det finns begränsad kunskap om i vilken utsträckning närboende störs av hinderbelysning på vindkraftverk. Studiens syfte är därför att undersöka och dokumentera egenskaper och omfattningen av människors upplevda störning under olika förhållande samt både hur och om olika hanteringsstrategier kan begränsa den upplevda störningen. Studien fokuserar särskilt på hinderbelysningens påverkan nattetid och på sambandet mellan upplevd störning och boendes känsla och koppling till platsen.

Studien baseras på både kvantitativ och kvalitativ data som samlades in år 2015 via en webbaserad enkätundersökning och semistrukturerade intervjuer med utvalda invånare vid den nationella testanläggningen Østerlid i Danmark. Testanläggningen, som ligger på landsbygden i norra Jylland, är avsedd för att testa olika prototyper av höga landbaserade vindkraftverk. P.g.a. dess syfte har man fått dispens från kraven på hindermarkering och istället för individuella röda hinderljus installerade på varje vindkraftverk har man i vardera ände av testanläggningen installerat två 250 m höga gittermaster. Masterna är försedda med tre nivåer av högintensivt vitt blinkande ljus. Hinderljusen är synkroniserade och har tre olika nivåer för ljusstyrkan: dagtid (högt), dimma (medium) och nattetid (lågt). Dessutom är de utrustade med en sikt-sensor som automatiskt ökar ljusstyrkan vid dålig sikt (t.ex. vid dimma).

Resultaten i Rudolph, et al. (2017) visar att den upplevda störningen från hinderbelysningen varierar med årstid, tid på dygnet och beror på väderförhållanden,

mikrogeografin och på de boendes aktiviteter i området. Störningen från hinderbelysningen uppfattades av respondenterna vara som lägst i dagsljus och som högst under nattetid och framförallt skymning (34 % ansåg sig väldigt störda och 18 % ganska störda vid skymning).

Påverkan av väderförhållande visade sig ha stor påverkan på de boendes upplevelse och störningen upplevdes t.ex. högre vid klar himmel. Enligt intervjuerna upplevde dock vissa respondenter att dimmiga väderförhållanden leder till ökad störning. Så trots att det råder sämre sikt vid dessa väderförhållande och ljuset inte heller färdas lika långt, upplevs ljuset av vissa som mer störande. Anledningen till detta framgår inte av studien. Att man ökar ljusstyrkan vid dålig sikt kan ha viss inverkan men det kan även bero på att ljuset upplevs annorlunda under dessa väderförhållanden i och med att ljusbilden förändras. Själva ljusstrålen kan bli synbar och en viss "gloria-effekt" kan uppstå runt vindkraftverken när ljuset från hinderbelysningen träffar materia i luften så som damm, dimma eller regn (något som därmed är svårt att undvika om ljusstyrkan behövs öka för att upprätthålla flygsäkerheten vid sämre sikt).

Respondenter som upprepade gånger har märkt hinderljusen uppgav också att de är väldigt störda av dem, särskilt under natten och under skymningen. Vilket indikerar att exponering för hinderljus är en avgörande faktor för upplevd störning, dock fanns vissa avvikelser vilket betonar komplexitet i människors uppfattning av hinderljus.

Mikrogeografin, som exempelvis skymmande träd, om huset eller sovrummet vetter mot testanläggningen eller närheten till vattnet, visade sig ha en betydande påverkan på de boendes upplevda störning. Enligt resultaten verkade även vissa respondenter som bor närmare hinderljusen vara mindre störda. (En intervjuad presenterade en hypotes om mikrogeografins påverkan: "*Människor i Østerild märker dem inte eftersom de bor för nära. Jag tror att det finns ett visst avstånd från var det blir riktigt dåligt*"). En indikation på att avståndet inte är en tillräcklig förklaring till i vilken utsträckning boende störs av hinderljusen, att människors uppfattning av hinderljusen, och exponering för, påverkas mer av mikrogeografin och väderförhållanden.

Studien jämförde dessutom andra störningar, både landskapsförändringar och andra ljuskällor från exempelvis andra vindkraftverk, gatubelysning eller trafik. Resultaten visar att boende i området upplevde att störningen från de blinkande hinderljusen i nattetid är jämförbar med störningen från landskapsförändringar orsakade av testanläggningen.

De flesta av respondenterna har vidtagit mindre åtgärder för att hantera hinderljusen, exempelvis var de mest nämna strategierna att prata med andra om effekterna, använda persienner eller gardiner och att gå med i protestgrupper. I vilken utsträckning olika hanteringsstrategier påverkar de boendes uppfattning av hinderljusen varierar men har generellt endast en begränsad effekt på den upplevda störningen. Hanteringsstrategier med störst effekt är fysiska förändringar så som att ändra platsen för utomhusaktiviteter, montering av persienner, skymma sikten med hjälp av byggnader, träd eller att ändra möbelarrangemanget. Klagomål till myndigheter eller deltagande i protestgrupper ansågs däremot ha ingen effekt på respondenternas upplevda störning.

P.g.a. områdets unika och särskiljande drag har studien fokuserat särskilt på uppfattningen och förändringen av platsrelaterade värden orsakade av hinderljusen. Resultaten visar att den upplevda störningen av hinderljusen påverkas av känsla och koppling till platsen och att det finns ett samband mellan respondenternas upplevda störning och hur de upplever att områdets kvalitet har försämrats. Enligt de flesta boende är de mest attraktiva kvalitéerna i området förknippat med naturen, landskapet och stillheten. Dessa kategorier är också de som ansågs påverkats mest av förändringarna i och med testanläggningen. Likaså visar resultaten i studien att respondenter som ansåg att deras koppling till området försämrats generellt även var mycket störda av hinderljusen. De som inte ansågs sig störda, eller bara lite störda, ansåg sig inte upplevt någon förändring av deras koppling och endast ett fåtal uppgav en starkare koppling till området. Även mörkret visar sig ha en stor betydelse för de boende i området. Landsbygden i Østerild, som tidigare präglas av en oförstörd och mörk natthimmel anses vara en exceptionell egenskap som exemplifierar områdets tystnad och stillhet. Enligt resultaten har hinderljusens effekt på natthimmeln och förlusten av det unika mörkret en betydande påverkan på känslan av plats och lyfts fram som en avgörande aspekt för i vilken utsträckning boende störs. Och studiens resultat visar det finns ett samband mellan upplevd störning och upplevd förändring av mörkret, där boende som ansåg att deras upplevelse av mörkret försämrades var även de som blev störda av ljusen nattetid och under skymningen.

Boendes upplevelse av hinderbelysningen anses i Rudolph, et al. (2017) även påverkas av planerings- och byggprocessen. Att hinderbelysningens effekter på omgivningen, både på boende och i landskapet, inte har bedömts eller beskrivits i detalj i miljökonsekvensbeskrivningen (MKB) kritiserar av respondenterna. Dessutom anses problemen med regleringen av ljusstyrkan under de första månaderna i drift har påverkat respondenternas upplevda störning.

### **8.3 Sammanfattning om hur boende vid vindkraftverk upplever hinderbelysningen och aspekter som inverkar på närboendes upplevda störning**

Sammanfattningsvis, trots vissa begränsningar i båda studiernas generella tillämplighet och brister i exempelvis urvalet, som kan antas domineras av särskilt drabbade eller kritiska boende, kan man utifrån Pohl, et al. (2012) och Rudolph, et al. (2017) dra vissa slutsatser om hur boende upplever hinderbelysningen. Båda studierna visar att boende intill vindkraftsparkerna upplever hinderbelysningen som störande. Pohl, et al. (2012) presenterar inga bevis på att hinderbelysningen orsakar betydande eller skadlig störningar på närboende men visar däremot på signifikanta skillnader mellan olika typer av markeringar i relation till störningars omfattning, egenskaper och eventuella hanteringsstrategier. Likaså visar Rudolph, et al. (2017) att egenskaper och omfattningen av boendes upplevda störning varierar under olika förhållande. Båda studierna visar att hinderbelysningen upplevs som särskilt störande under nattetid (i enlighet med erfarenheter från vindkraftsparker i Sverige). Med hänsyn till att kontrasten till omgivningens ljusförhållande är som störst nattetid är det inte förvånande att hinderbelysningen upplevs som särskilt störande under denna tid på dygnet, men detta är trots att man tillämpar åtgärder för att begränsa påverkan på omgivningen. Som att man på den danska testanläggningen reglerar ner ljusstyrkan eller att man på tyska vindkraftsparker endast tillämpar lågintensivt

rött ljus under nattetid. I Rudolph, et al. (2017) upplever de boende dessutom att hinderbelysningen som särskilt störande under skymning, vilken belyser betydelsen av att reglera ner ljusstyrkan även under denna tid på dygnet vilket är även ett krav i nationella föreskrifter (TSFS 2020:88).

Enligt båda studierna spelar väderförhållande och hinderbelysningens synlighet stor roll för de boendes upplevelse och boende upplever hinderljuset som mer störande vid klar himmel. Synkronisering och reglering av ljusstyrkan utifrån rådande siktförhållande bedöms enligt resultaten i Pohl, et al. (2012) inte ha en betydande inverkan på upplevda störningen men trots detta efterfrågar de boende, utöver behovsstyrd hinderbelysning, att ljuset ska synkroniseras och att en svagare ljusstyrka ska tillämpas. Hur åtgärder som synkronisering och reglering av ljusstyrkan påverkar boendes upplevelse av hinderljuset framgår emellertid inte av Rudolph, et al. (2017).

En betydande skillnad mellan studierna är även hur själva omgivningen inverkar på de boendes upplevelse. I Pohl, et al. (2012) är boendes uppfattning av hinderbelysningen oberoende av landskapet, dock har man endast jämfört två alternativ; hindermarkeringar i enkelt landskap (platt mark, landsbygd med låg byggnadstäthet) jämfört med komplext landskap (kuperad mark, förortsområde med hög byggnadstäthet). I Rudolph, et al. (2017) har man däremot mer ingående undersökt sambandet mellan upplevd störning och omgivningen kring vindkraftverken och resultaten visar att platsrelaterade aspekter har stor inverkan på de boendes upplevelse av hinderljuset. Både mikrogeografin och specifika egenskaper av området inverkar, men även deras känsla och koppling till platsen är av stor betydelse för i vilken utsträckning boende både störs och olika hanteringsstrategier effektivitet. Där förlusten av mörker är en avgörande aspekt för boendes upplevelse av hinderbelysningen.

## **9 Metoder för att bedöma och beskriva hinderbelysningens påverkan på omgivningen**

I följande kapitel beskrivs vilka metoder som kan användas för att bedöma och beskriva hinderbelysningens visuella påverkan och vilka metoder som i dagsläget används av vindkraftsprojektörer under projektering.

### **9.1 Störningar från hinderljus ska tas hänsyn till enligt MB och miljöbedömningsförordningen – riktlinjer eller vägledning saknas**

Då hinderbelysningen kan ge upphov till störningar bör det också vara en viktig fråga att ta hänsyn till så att lokalisering och utformning av vindkraften orsakar minsta intrång och olägenhet för människors hälsa och livsmiljö. Detta framgår även av nationell lagstiftning enligt miljöbalken (MB 1998:808) samt miljöbedömningsförordningen (2017:966). För tillståndspliktiga vindkraftsverk ska en specifik miljöbedömning genomföras och en miljökonsekvensbeskrivning (MKB) ska tas fram i enlighet med 6 kap. 35 § MB. MKB ska bl.a. innehålla identifiering, beskrivning och bedömning av de miljöeffekter som verksamheten kan antas medföra och ska enligt miljöbedömningsförordningen omfatta sådana miljöeffekter som kan förväntas uppkomma bl.a. till följd av störningar, däribland störningar från ljus. Enligt den svenska lagstiftningen ska alltså hinderbelysningens effekter utredas, beskrivas och bedömas och ska tas hänsyn till i utformningen av MKB efter avgränsningssamrådet (enligt 6 kap. 29-32 § MB) för att utgöra ett tillräckligt beslutsunderlag för tillståndsprövningen av vindkraft.

Trots att störningar från hinderbelysningen är något som ofta diskuteras gällande vindkraftens omgivningspåverkan och att effekterna enligt nationell lagstiftning ska behandlas finns det inga riktlinjer eller vägledning för hur man under projektering eller vid tillståndsprövningen av vindkraft bör utreda, bedöma och beskriva påverkan från hinderbelysningen. Exempelvis i avsnittet *Hälsa och säkerhet* på [Vindlov.se](http://Vindlov.se) uppges att hinderljuset kan verka störande på närboende, att det därför är viktigt att beskriva och redovisa ljusets effekter både så korrekt som möjligt och på ett tidigt stadium i tillståndsprocessen, men att det saknas riktlinjer för hur (Energimyndigheten, 2021d). Likaså i Boverkets rapport *Vindkraftshandboken – Planering och prövning av vindkraftverk på land och i kustnära vattenområden* omnämns störningar från hinderbelysning endast kort men att det är viktigt att i t.ex. visualiseringar beskriva ljuset så riktig som möjligt (Boverket, 2009b).

### **9.2 Metoder för att bedöma och beskriva hinderljusens visuella påverkan – visualiseringar och synbarhetsanalyser**

Det finns flera metoder för att bedöma och beskriva visuell påverkan, för att exempelvis beskriva vindkraftens påverkan på landskapet kan visualiseringar så som bilder, filmer eller digitala modeller användas (Boverket, 2009b). Ofta används fotomontage för att visa hur planerade vindkraftsetableringar kan komma att synas (Olsson, 2014) där fotomontage utgår från ett fotografi från en bestämd punkt i omgivningen i vilket man därefter digitalt applicerar vindkraftverket i. Dessutom skriver man i Boverkets rapport att en av de viktigaste aspekterna för att avgöra hur en vindkraftsetablering kommer att tas emot är att undersöka hur synliga vindkraftverken är i omgivningen, vilket man kan använda synbarhetsanalyser till

(Boverket, 2009b). En synbarhetsanalys (även kallad siktanalys eller ZVI – Zones of Visual Influence) tar hänsyn till topografin och annat i terrängen som utgör hinder för siktlinjer och beräknar varifrån byggnader eller andra förändringar i landskapet kommer att synas. Analysen kan därmed användas, som komplement till fotomontage, för att beskriva hur vindkraftsparker kan komma att påverka omgivningen visuellt (Naturvårdsverket, 2020a).

Följaktligen, liksom vindkraftens visuella påverkan bör man kunna använda visualiseringar samt synbarhetsanalyser för att bedöma och beskriva även hinderbelysningens visuella påverkan på omgivningen.

### 9.2.1 Vilka metoder används under projektering?

I syfte att undersöka hur vindkraftsprojektörer i dagsläget hanterar påverkan från hinderbelysningens under projektering och om synbarhetsanalyser eller visualiseringar med avseende på hinderbelysningen används har intervjufrågor skickats till utvalda vindkraftsprojektörer. Intervjufrågorna återfinns i bilaga 1 och nedan sammanställs svaren som har erhållits från representanter på följande vindkraftsprojektörer; Svevind, OX2, Eolus Vind (Eolus), Stena Renewable (Stena) och RWE Renewables (RWE).

Vindkraftsprojektörer har enligt svaren som erhållits olika tillvägagångssätt för att hantera påverkan från hinderbelysningen under projektering. Utöver hänvisning till bestämmelserna i TSFS 2020:88 och att t.ex. beskriva hinderbelysningen i text i samrådsunderlaget och i tillståndsansökan finns det vissa intressanta skillnader i vilka metoder som används för att bedöma och beskriva hinderljusens visuella påverkan.

Exempelvis skriver både Svevind och Stena att man endast redovisar vilka vindkraftverk som utrustas med högintensivt respektive lågintensivt hinderljus i en exempellayout (karta) i MKB till tillståndsansökan. Utöver detta uppger Stena att man vid samråd visar en film av Energimyndigheten inom *Nätverket för vindbruk*<sup>26</sup> med intervjuer kring upplevelsen av hinderljus i vilket de filmat vindkraftverks hinderljus både dag- och nattetid. Svevind har även i några fall, när det under handläggning av tillståndsansökan framförts önskemål om en tydligare förklaring av hur hinderbelysningen kommer att se ut, genomfört platsbesök i några av deras befintliga vindkraftsanläggningar. Gällande vilka specifika metoder som används för att bedöma och redovisa visuell påverkan uppger både Svevind och Stena att de har använt både fotomontage och synbarhetsanalyser under projektering men inte med avseende på hinderljusen. Svevind skriver att de inte har sett något behov av att visualisera hinderbelysningen på annat sätt i och med att de har kunnat visa hur det ser ut i verkligheten genom platsbesök. Svevind bedömer att det ger en betydligt bättre förståelse för hur hinderbelysningen upplevs genom platsbesök och i de fall det har uppkommit funderingar har platsbesök varit en framgångsrik metod.

---

<sup>26</sup> Nätverket för vindbruk var en del av Energimyndighetens arbete med att främja vindkraftsutbyggnaden men har avslutats p.g.a ändrade satsningar hos Energimyndigheten. Filmen är tillgänglig via: <https://vimeo.com/270615246>



Däremot har de övriga projektörerna använt visualiseringsmetoder för att bedöma och beskriva hinderbelysningens påverkan under projektering. RWE uppger att man inför samråd för att visualisera hur hinderljusen kommer synas tar fram fotomontage från specifika platser i omgivningen och utifrån dessa fotomontage även kan ta fram hinderljusanimeringar<sup>27</sup>. Fotomontage och animeringar med hänsyn till hinderljusen används dock inte i alla projekt. Vad som används skiljer sig åt från projekt till projekt eftersom kraven inte tydliga men även p.g.a. att användningen av visualiseringsmetoderna avgörs med hänsyn till vilket värde det anses ge mottagaren, vilket det inte finns en enhetlig uppfattning om. De skriver även att det inom RWE finns en uppfattning om att fotomontage och animeringar egentligen inte ger en realistisk uppfattning för åskådaren och därmed inte tillför något värde för utredningen.

Även Eolus och OX2 uppger att man använder fotomontage och animeringar för bedöma och beskriva hinderbelysningens påverkan under projektering men likt RWE görs detta endast för vissa projekt. Enligt Eolus tas fotomontage och animeringar med hänsyn till hinderbelysningen fram på begäran och används i de fall där oro eller önskemål från allmänheten har framförts och fångats upp av kommunen eller Länsstyrelsen.

Samtliga av projektörerna använder synbarhetsanalyser under projektering för att beräkna från vilka platser i omgivningen hela eller delar av en vindkraftspark är synliga men inte med avseende på hinderljusen. Både OX2 och Eolus uppger att synbarhetsanalyser genomförs i samtliga av deras projekt men OX2 poängterade att analyserna dock inte alltid används i samrådsunderlaget eller i tillståndsansökan utan endast internt för att t.ex. välja fotomontagepunkter där vindkraftverken syns och som är representativa av området.

Sammanfattningsvis, utifrån svaren som erhållits finns det ingen tydlig konsensus i vilka metoder som vindkraftprojektörer använder för att bedöma och beskriva hinderljusens visuella påverkan. Vilka metoder som används under projektering skiljer sig åt emellan bolagen och även från projekt till projekt och vissa av projektörerna påpekar dessutom att det inte finns något egentligt behov av att visualisera hinderbelysningen med fotomontage eller animeringar. Vidare har samtliga av projektörerna använt synbarhetsanalyser under projektering men inte med avseende på hinderljusen på vindkraftverken.

Något som även lyftes av projektörerna var gällande kraven på högintensiv hinderbelysning som bl.a. kritiserats för att vara strängare än ICAO:s rekommendationer i Annex 14. RWE skriver att man precis som branschorganisationen Svensk Vindenergi anser att nationella föreskrifter ska spegla den internationella från ICAO och inte kräva högintensiv hinderbelysning på totalhöjder under 315 m. Att tillämpa medelintensivt hinderljus upp till 315 m i totalhöjd i enlighet med ICAO:s rekommendationer efterfrågades också av OX2 och Eolus. Dessutom skriver RWE att kraven på tornbelysning som tillförts i den senaste versionen av föreskrifterna riskerar att orsaka störande stroboskopiska effekter på närboende om tornlampan sitter högre upp än punkten där nedre vingpetsen

---

<sup>27</sup> Animering (film) av hur hinderbelysningen kan komma att synas och utgår från fotomontage, kallas även nattvisualisering.

passerar<sup>28</sup>. Att störande stroboskopiska effekter kan uppkomma har uppmärksammats av kollegor i Frankrike och RWE skriver att samma problematik kan med stor sannolikhet uppstå även i Sverige. Även OX2 påpekade att kraven på tornlampor är otydligt formulerade i nuvarande föreskrifter.

---

<sup>28</sup> Att vindkraftsverkets rotorblad passerar framför hinderljusen medför att ljuset "bryts" mot en betraktare vilket kan ge upphov till blinkande/flimrande ljuseffekter (s.k. stroboskopiska effekter) som kan uppfattas som störande.

## 10 Fallstudie – synbarhetsanalys på befintliga vindkraftsparker

En fallstudie har genomförts för att sammanställa erfarenheter från befintliga vindkraftsetableringar och för att vidare utreda hur hinderbelysningen på vindkraftverk påverkar närboende. Fallstudien baseras på vindkraftsparkerna Stengårdsholma och Villköl och beskrivning av vindkraftsparkerna och hur man hanterat hinderbelysningens omgivningspåverkan under projektering följer i kapitel 10.1.

För att kartlägga och analysera i hur stor utsträckning som närboende påverkas av hinderbelysningen på vindkraftsparkerna genomförs en synbarhetsanalys. Enligt svaren som erhållits av vindkraftsprojektörerna i kapitel 9.2 är synbarhetsanalyser en etablerad metod för att under projektering beskriva hur vindkraftsparker kan komma att påverka omgivningen visuellt men inte med avseende på hinderljusen. Därmed används fallstudien för praktiskt tillämpning och för att lyfta både möjligheter och utmaningar med att använda synbarhetsanalys som metod för bedöma och beskriva hur hinderbelysningen påverkar omgivningen visuellt.

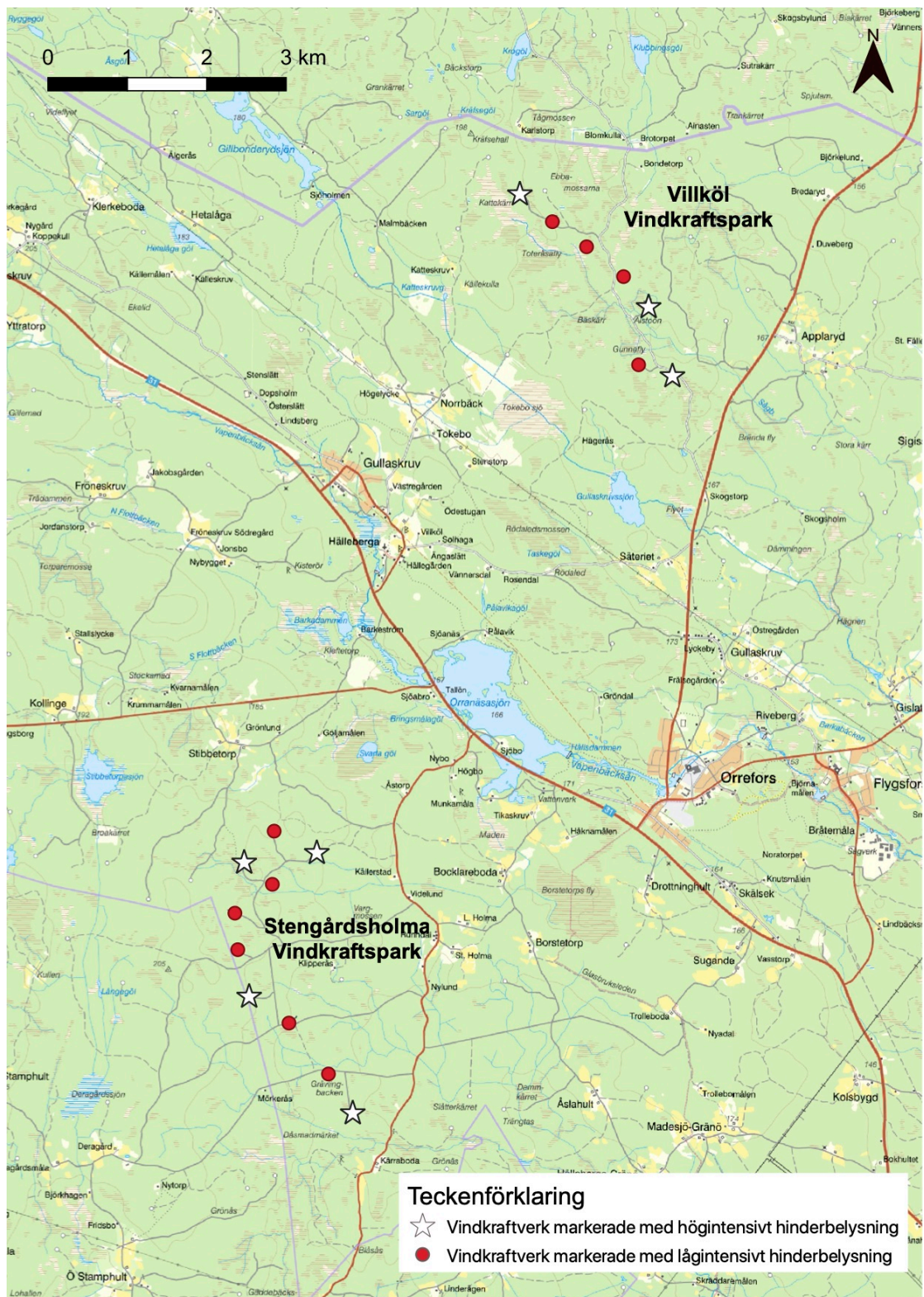
Enligt både Pohl, et al. (2012) och Rudolph, et al. (2017) har synligheten stor betydelse för hur närboende påverkas och exponering för hinderljusen anses vara en avgörande faktor för de boendes upplevda störning. Synbarhetsanalyser som beräknar varifrån hinderbelysningen är teoretiskt synliga antas därför kunna användas som en mer kvantitativ bedömning av hur närboende påverkas av hinderbelysningen. Resultaten av synbarhetsanalysen ska därför användas för att uppskatta antalet berörda bostäder i.e. bostadsfastigheter som ligger inom områden där hinderbelysningen är synliga och potentiellt kan upplevas som störande samt för att undersöka skillnaden utifall vindkraftsparkerna istället för högintensivt hinderljus är markerade med medelintensivt hinderljus. Jämförelsen görs med hänsyn till eventuell reglering av nuvarande föreskrifter och att man i enlighet med ICAO:s Annex 14 ska tillämpa medelintensivt hinderljus på vindkraftverk upp till 315 m i totalhöjd även i Sverige.

Metodbeskrivning för synbarhetsanalysen följer i kapitel 10.2 och resultaten följer i 10.3.

### 10.1 Vindkraftsparkerna Villköl och Stengårdsholma

Enligt Vindlovs karttjänst Vindbrukskollen (Vindbrukskollen, u.å) uppfördes Stengårdsholma vindkraftspark i september 2011 och består av 10 vindkraftverk av modell Vestas V90 2 MW med en navhöjd på 125 m. Villköl vindkraftspark uppfördes i december 2012 och består av 7 vindkraftverk av modell Vestas V112 3MW med en navhöjd på 119 m. Vindkraftsparkerna ligger båda i Nybro kommun i Kalmar Län och en översikt över området visas i Figur 5 nedan. Avståndet mellan vindkraftsparkerna är ungefär 7 km och utöver dessa parker ligger det närmaste vindkraftverket ungefär 18 km nordväst om Villköl vindkraftspark. Omgivningen kring parkerna utgörs till stor del av flackt landskap med skog och är relativt glesbefolkat. Närmaste tätort (5 km från vindkraftsparkerna) är Orrefors som år 2019 hade 766 invånare enligt SCB (2021).

Vindkraftverkens placering och dess hindermarkering är enligt Tabell 12 och Tabell 13 i bilaga 2, där endast verken i parkernas yttre gräns är markerade med högintensivt hinderljus och resterande verk markerade med lågintensivt hinderljus.



Figur 5. Översiktlig karta över området kring vindkraftsparkerna Villköl och Stengårdsholma. Bakgrundskartan är rasterkarta 1:50 000 © Lantmäteriet (2021) och placering av vindkraftverken och hinderljusstyp är baserat på Tabell 12 och Tabell 13 i bilaga 2.

Vindkraftsparkerna är inte tillståndsprövade enligt nuvarande prövningsprocess för vindkraftsetableringar utan E.ON Vind AB (E.ON) skickade i april 2009 in anmälan om miljöfarlig verksamhet enligt förordning (1998:899) *om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd för uppförande och drift m.m av en gruppstation för vindkraft (kod 40.100)*. Beslut i ärendena togs av Samhällsbyggnadsnämnden (SBN) i Nybro kommun i maj 2009 och finns angivet i Sammanträdesprotokollet från 2009-05-13 (Nybro kommun 2009-05-13 §41 Dnr 2008.1404; Nybro kommun, 2009-05-13 §43 Dnr 2008.1405).

I både E.ONs anmälan och i kommunens beslut uppges att i miljöer med få befintliga ljuskällor, som det aktuella området, kan det högintensiva hinderbelysningen få en betydande inverkan på närmiljön runt vindkraftverken och kan uppfattas som störande. E.ON har identiska formuleringar gällande hinderbelysningen i anmälan för både Stengårdsholma och Villköl vindkraftspark och uppger som förslag på försiktighetsmått att vindkraftverken ska förses med hinderbelysning enligt anvisningar från Transportstyrelsen samt så långt det är möjligt utformas så att eventuella olägenheter kan undvikas för närboende. I anmälan för båda vindkraftsparkerna har fotomontage utförts från punkter som Nybro kommun har ansett relevanta och innefattar både närliggande bostäder samt ett par punkter där vindkraftverken ska framträda. Från merparten av positionerna kommer vindkraftverken inte att synas och med hänsyn till att området utgörs av skog anser E.ON att vindkraftverken inte kommer få en betydande inverkan på landskapsbilden. Man har emellertid inte tagit hänsyn till hinderbelysningen i fotomontagen och en synbarhetsanalys har inte genomförts.

Det är även identiska formuleringar gällande hinderbelysningen i kommunens beslut för Stengårdsholma och Villköl vindkraftspark. SBN uppger att det inte finns vedertagna riktlinjer för störningar när det gäller belysning men bedömer att det är av största vikt att man vidtar alla de försiktighetsåtgärder som är möjliga för att undvika olägenheter från hinderbelysningen. Enligt föreskrifterna som gällde vid kommunens beslut (TSFS 2010:155) ska det högintensiva hinderljuset regleras ner under nattetid. Ljusstyrkan ska dimmas till 1/50 av maximal ljusstyrka och det är endast under dagtid samt gryning/skymning som det högintensiva ljuset på 100 000 cd kommer nyttjas. Ljusstrålen ska dessutom skärmars av så att den inte träffar marken inom en radie av 5 km från parken.<sup>29</sup>

Kommunens beslut avseende både Stengårdsholma och Villköl vindkraftspark överklagades av fastighetsägare till Länsstyrelsen i Kalmar och även till Miljödomstolen i Växjö Tingsrätt. Skäl till överklagan var bl.a. gällande visuell påverkan och hänvisar till påverkan från ljud, skuggor och reflexer men även belysningen nattetid och att vindkraftverken är synliga från fastigheten eller vid vissa specifika platser i området. Samtliga överklaganden avslogs men för Villköl vindkraftspark beslutade Miljödomstolen (2010-02-24 mål nr M 3427-09) att upphäva tidigare beslut och att ärendet skulle omprövas av SBN (med hänvisning till att anmälan inte var tillräcklig preciserad vad det gällde utformningen av vindkraftverken). Efter kompletteringar från E.ON beviljas även Villköl vindkraftspark

---

<sup>29</sup> Detta är i enlighet med dåvarande föreskrifter: TSFS 2010:155 32 § Om det finns bostadsbebyggelse inom en radie på 5 km från ett föremål, ska högintensiva ljus avskärmars så att direkt ljus inte träffar markytan på närmare avstånd än 5 km från föremålet

tillstånd (Nybro kommun, 2012-01-18 §11 Dnr 2008.1405) men i detta slutgiltiga beslut förelägger kommunen E.ON att installera radarstyrd hinderbelysning på vindkraftsparken. Föreläggandet gäller under förutsättning att man medges undantag från föreskrifterna av Transportstyrelsen. När det gäller hinderbelysning i övrigt samt övriga försiktighetsmått, begränsningar och skyddsåtgärder hänvisas till kommunens tidigare beslut (Nybro kommun, 2009-05-13 §43 Dnr 2008.1405). I mars 2014 beviljades Villköl vindkraftspark dispens av Transportstyrelsen för tillämpning av radarstyrd hinderbelysning (TSL 2013-2510) och systemet installerades efter driftsättning av vindkraftsparken. Radarstyrd hinderbelysning och dispensförfarande beskrivs mer ingående i kapitel 6.1 och 7.1.

## 10.2 Synbarhetsanalys - metod

Syftet med denna synbarhetsanalys är att beräkna varifrån en betraktare från en viss höjd över marken teoretiskt kan se ett eller flera hinderljus på de befintliga vindkraftsparkerna Stengårdsholma och Villköl. Resultaten ska således visa specifika platser i omgivningen runt vindkraftsparkerna där hinderljusen är synbara men anger inte hur väl synliga hinderljusen är från dessa platser eller hur boende upplever hinderljusen. Synbarhetsanalysen beräknar endast om hinderbelysningen på vindkraftverken syns från en specifik punkt och utgår från specifik data för vindkraftsparken och om kringliggande omgivning.

För att genomföra synbarhetsanalysen samt för att bearbeta och visualisera data används programvaran QGIS som är ett *open source GIS (Geografiskt informationssystem)*. Synbarhetsanalysen utgår från ett område på 30 km runt vindkraftsparkerna och beräkningen görs utifrån från en modell över topografin och vegetationen i området. Den terrängmodell som används är baserad på © Lantmäteriets GSD-höjddata, grid 50+. Höjddatan, som finns tillgänglig på Lantmäteriets Öppna data, innehåller höjdvärden för marken i ett rasterformat (gridform) med 50 m upplösning (Lantmäteriet, 2021a). För vegetationen i området används © Skogsstyrelsens Skogliga grunddata som innehåller data för trädhöjden, från 3 till 45 m, i rasterformat med 12,5 m upplösning (Skogsstyrelsen, 2021a). Skogsstyrelsens Skogliga grunddata tar hänsyn till avverkning, både utförda avverkningar och områden som anmälts för avverkning eller där man ansökt om tillstånd till avverkning (Skogsstyrelsen, 2021b).

Andra parametrar som används i synbarhetsanalysen är lokaliseringen av vindkraftverken och hinderbelysningens placering över markytan. Koordinater finns givet i bilaga 2 Tabell 12 och Tabell 13 och höjden över marken för hinderbelysningen antas vara navhöjden, alltså 125 m för Stengårdsholma och 119 m för Villköl. Avseende hinderbelysningen tas även hänsyn till hinderljusens spridningsvinkeln och riktning från horisontalplanet (se Tabell 10 nedan). Enligt bestämmelserna i TSFS 2020:88 ska högintensivt hinderljus ha en vertikal spridningsvinkel mellan 3° till 7°, därför antas en vertikal spridningsvinkel på 5° för hinderljusen på både Stengårdsholma och Villköl. Enligt TSFS 2020:88 ska dessutom det högintensiva hinderljuset riktas uppåt vid en placering på 150 m eller lägre över mark- eller vattenytan. För Villköl, med en navhöjd på 119 m, innebär detta att ljusstrålens maximala ljusstyrka ska riktas 2° över horisontalplanet. För Stengårdsholma, med en navhöjd på 125 m, innebär detta att ljusstrålen maximala ljusstyrka ska riktas 1° över horisontalplanet. I synbarhetsanalysen antas det

högintensiva ljuset därmed riktas  $\pm 1.5^\circ$  från horisontalplanet för Stengårdsholma vindkraftspark och  $\pm 0.5^\circ$  från horisontalplanet för Villköl vindkraftspark.

Synbarhetsanalysen utförs endast baserat på de vindkraftverk som är markerade med högintensivt hinderbelysning, de vindkraftverk som är utrustade med lågintensivt hinderljus tas inte med i analysen. Då syftet med synbarhetsanalysen även är att undersöka skillnaden i synbarhet mellan hög- och medelintensivt hinderljus, utförs synbarhetsanalysen dessutom för ett teoretiskt fall där samtliga högintensiva hinderljus är utbytta till medelintensiva hinderljus. De enda parametrarna som ändras mellan fallet hög- respektive medelintensiv hinderbelysning är spridningsvinkeln och riktning från horisontalplanet. Enligt nuvarande bestämmelser i TSFS 2020:88 finns inget krav på att medelintensiv hinderljus ska vinklas uppåt över horisontalplanet och det finns inte heller angivet maximal vertikal spridningsvinkel för medelintensivt hinderljus. Spridningsvinkeln antas därför vara något större för medel- än högintensivt och en vertikal spridningsvinkel på  $10^\circ$  för medelintensivt hinderljus antas. Detta innebär att det medelintensiva ljuset riktas  $\pm 5^\circ$  från horisontalplanet för både Stengårdsholma och Villköl vindkraftspark (se Tabell 10 nedan).

Tabell 10. Tabell över vinkel över horisontalplanet och vertikal ljusspridning för medel- och högintensivt hinderljus för Stengårdsholma och Villköl vindkraftspark.

		Stengårdsholma	Villköl
<b>Högintensivt hinderljus</b>	Maximala ljusstyrkans vinkel över horisontalplanet enligt TSFS 2020:88	$1^\circ$	$2^\circ$
	Antagen vertikal spridningsvinkel enligt TSFS 2020:88	$5^\circ$	$5^\circ$
	Vinkel från horisontalplanet i synbarhetsanalysen	$1.5^\circ$	$0.5^\circ$
<b>Medelintensivt hinderljus</b>	Maximala ljusstyrkans vinkel över horisontalplanet enligt TSFS 2020:88	$0^\circ$	$0^\circ$
	Antagen vertikal spridningsvinkel enligt TSFS 2020:88	$10^\circ$	$10^\circ$
	Vinkel från horisontalplanet i synbarhetsanalysen	$5^\circ$	$5^\circ$

För att synbarhetsanalysen ska visa synbarhet vid betraktarens ögonhöjd istället för marknivå har det antagits att betraktarens höjd över marken är 1.6 m. Synbarhetsanalysen tar dessutom hänsyn till jordens krökning.

Utifrån ovan data och parametrar utförs en synbarhetsanalys (GIS-modul GRASS r.viewshed)<sup>30</sup> som beräknar i rasterformat med 12,5 m upplösning varifrån hinderljusen är synliga respektive icke synliga. Rasterceller där siktlinjen mellan hinderljus och betraktaren inte bryts, får ett specifikt värde och kan markeras med rött. Om betraktaren kan se ett eller flera hinderljus, tas ej hänsyn till. När betraktaren står bakom ett hinder, alltså när siktlinjen bryts p.g.a. topografin eller skogen, får rastercellen ett annat värde och görs istället genomskinlig. Resultaten från synbarhetsanalysen kan således användas som ett skiktlager i QGIS för att markera ut synbara områden på en bakgrundskarta, i detta fall används Lantmäteriets rasterkarta 1:50 000 © Lantmäteriet (2021).

För att beräkna antalet berörda bostäder som resultaten från synbarhetsanalysen omfattar inhämtas samtliga bostadsfastigheter inom 7 km från vindkraftverken. Uppgifter om fastigheterna i området är tillgängligt via © Lantmäteriets GSD-Fastighetskartan (Lantmäteriet, 2021b). Fastighetskartan, i vektorformat, är väldigt detaljerad och innehåller bl.a. fastighetsindelning med fastighetsgränser och byggnadsändamål finns angivet för samtliga byggnader. Därmed kan ett urval i vektorlagret Fastighetskartan göras i QGIS på samtliga bostadsfastigheter<sup>31</sup> och som ligger inom 7 km från vindkraftverken hjälp av verktyget ”skärning”.

Därefter kan ett nytt urval göras på de bostadsfastigheter som ligger inom områden som har teoretisk möjlighet att se hinderbelysningen enligt synbarhetsanalysen. För att ta hänsyn till osäkerheter och skapa en viss marginal inkluderas dock en buffert på 300 m runt dessa synbara områden. Resultaten från synbarhetsanalysen måste därför omvandlas från raster- till vektorformat för att därefter med hjälp av verktyget ”buffert” i QGIS skapa ett nytt vektorlager som då representerar synbara områden inklusive 300m buffert. Utifrån detta vektorlager kan ett nytt urval av bostadsfastigheter göras med hjälp av verktyget ”skärning” där samtliga bostadsfastigheter inom 7 km och som ligger innanför vektorlagret kan väljas ut och visas.

---

<sup>30</sup> Beräkningen är utförd av Martin Johansson på Falovind.

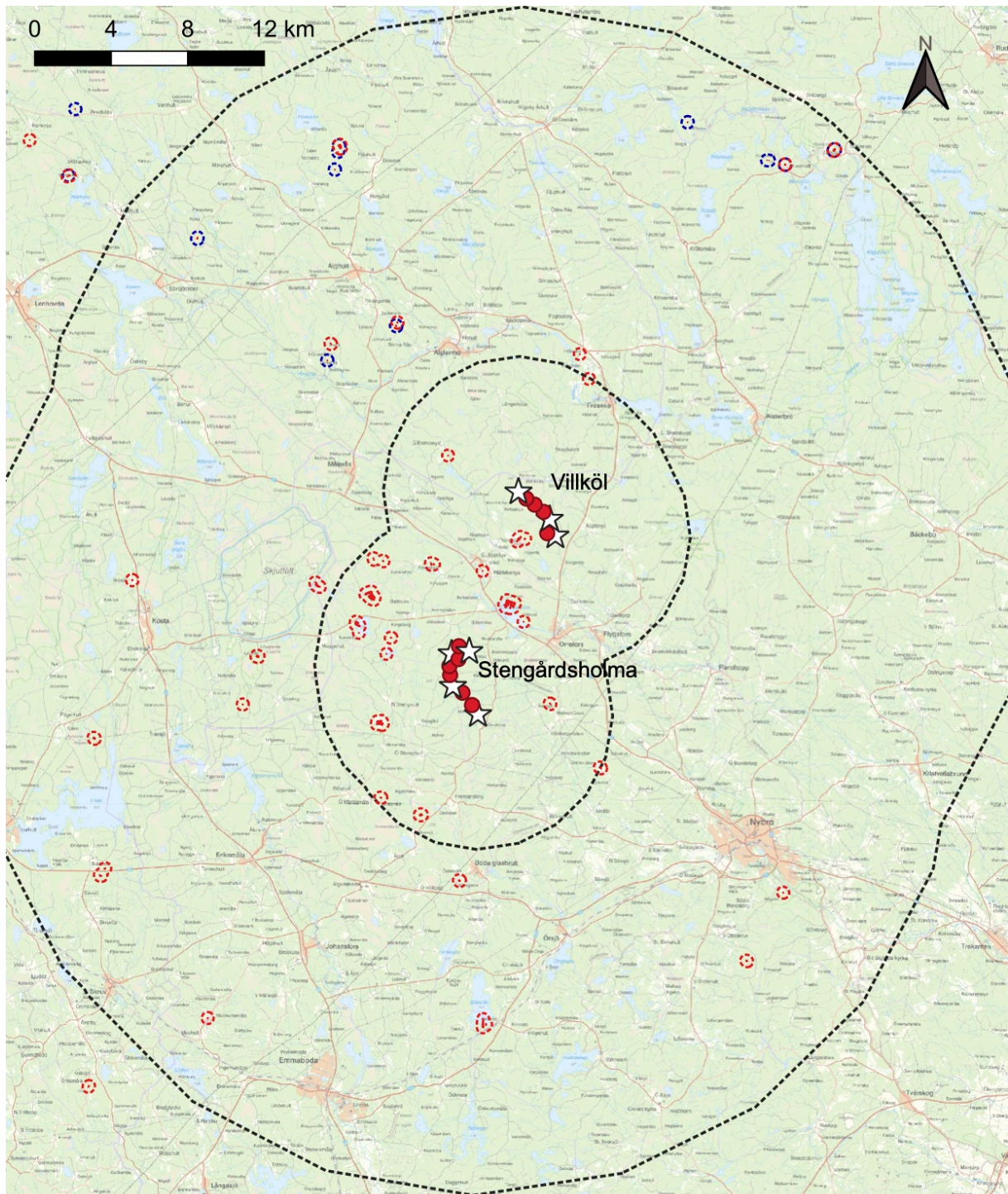
<sup>31</sup> Enligt Lantmäteriets definition är bostad en byggnad som till övervägande del används för permanent- eller fritidsboende och innefattar småhus (friliggande, kedjehus, radhus), flerfamiljshus, småhus med flera lägenheter samt ospecificerad.



### **10.3 Synbarhetsanalys - resultat**

Nedan presenteras resultatet från genomförd synbarhetsanalys för de befintliga vindkraftsparkerna Stengårdsholma och Villköl uppdelat på följande fall; vindkraftverk markerade med högintensivt hinderbelysning, vindkraftverk markerade med högintensiv hinderbelysning utan hänsyn till vegetation, samt vindkraftverk markerade med medelintensiv hinderbelysning.

#### **10.3.1 Synbarhetsanalys baserat på vindkraftverk markerade med högintensiv hinderbelysning**

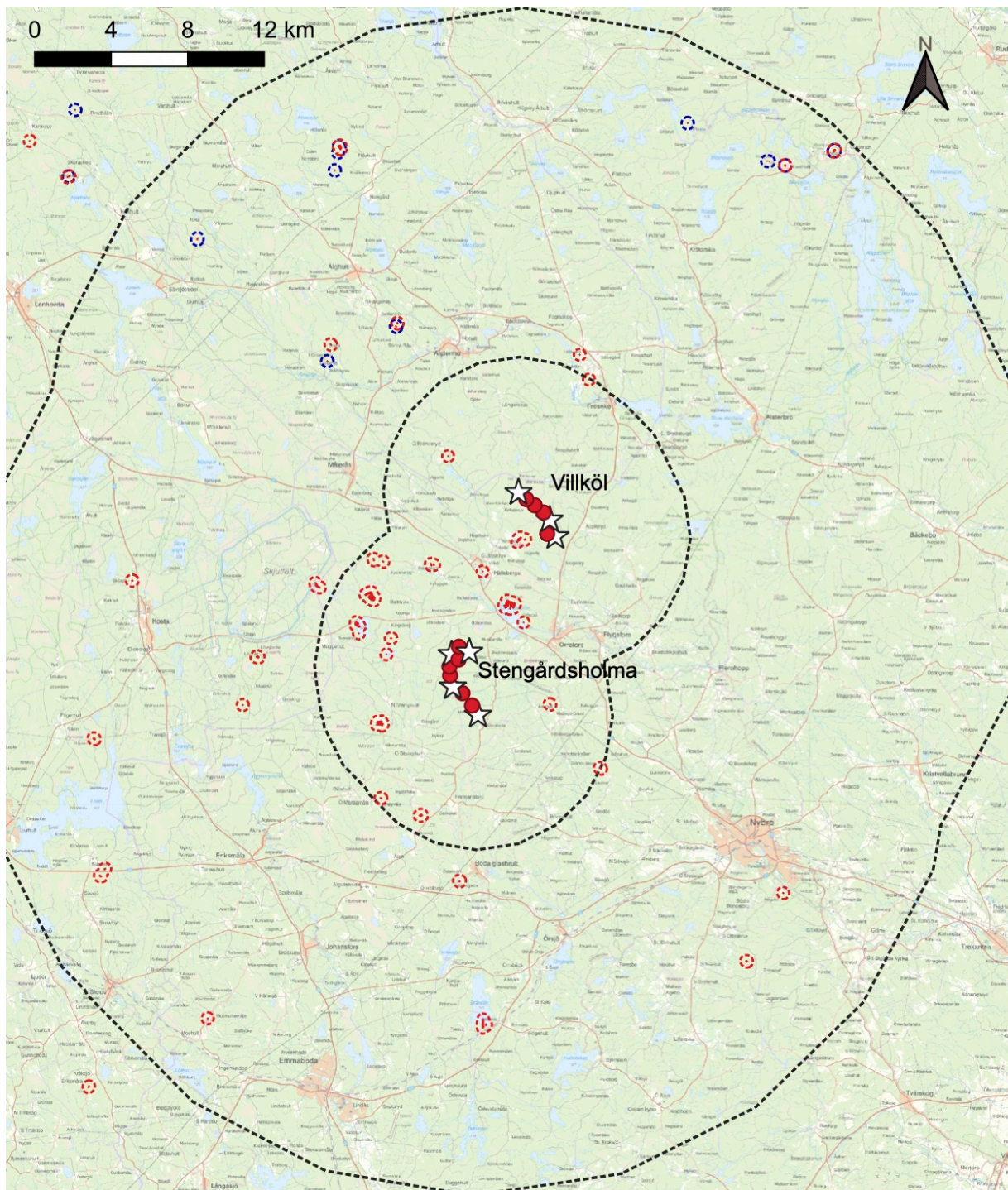


### Teckenförklaring

- ☆ Vindkraftverk markerade med högintensivt hinderljus
- Vindkraftverk markerade med lågintensivt hinderljus
- Avstånd från vindkraftverken (7 & 25km)
- Områden där hinderbelysningen är synliga
- Stengårdsholma vindkraftspark
- Villköl vindkraftspark

Figur 6 visar genomförd synbarhetsanalys för vindkraftverken hindermarkerade med högintensiv hinderbelysning. De områden där en betraktare enligt synbarhetsanalys kan se ett eller flera högintensiva hinderljus är markerade med rött i kartan. För att

förtydliga och även särskilja vindkraftsparkerna har dessa synbara områden markerats med streckad linje i rött för Stengårdsholma och i blått för Villköl.



#### Teckenförklaring

- ☆ Vindkraftverk markerade med högintensivt hinderljus
- Vindkraftverk markerade med lågintensivt hinderljus
- Avstånd från vindkraftverken (7 & 25km)
- Områden där hinderbelysningen är synliga
- Stengårdsholma vindkraftspark
- Villköl vindkraftspark

Figur 6. Karta över vindkraftsparkerna Stengårdsholma och Villköl och som visar resultaten från synbarhetsanalysen för vindkraftverk markerade med högintensiv hinderbelysning. Bakgrundskartan är rasterkarta 1:50 000 © Lantmäteriet (2021) och rödmarkerade områden visar varifrån en betraktare teoretiskt kan se ett eller flera högintensiva hinderljus.

Enligt resultaten är hinderbelysningens synbarhet väldigt begränsad i.e. det finns väldigt få platser i vindkraftsparkernas omgivning där en betraktare kan se det högintensiva hinderljuset på Stengårdsholma och Villköl vindkraftspark. Framförallt finns det väldigt få platser där man kan se hinderbelysningen på Villköl och endast hinderbelysningen på Stengårdsholma ska vara synliga inom ett avstånd på 7 km från vindkraftverken. Dock visar resultaten att hinderbelysningen är synliga på väldigt långa avstånd och det finns flera platser som ligger över 25 km från vindkraftverken där man kan se ett eller flera högintensiva hinderljus.

De få platser där en betraktare enligt analysen kan se det högintensiva hinderljuset är vid öppna områden så som sjöar eller där skogen är avverkad, exempelvis ska hinderbelysningen på Stengårdsholma vara synliga vid Orranäsasjöns norrsida. Vid platsbesöket bekräftades att hinderbelysningen syns härifrån, där samtliga verk med högintensivt hinderljus var väl synliga vid en rastplats på sjöns norrsida. Enligt synbarhetsanalysen ska dessutom hinderbelysningen på Stengårdsholma vara synliga i närheten av Gullaskröv och Hälleberga vilket utifrån egna observationer i området inte stämde, utan hinderbelysningen skymdes av höga skogspartier. Hur synliga hinderbelysningen är ifrån andra platser var däremot inte möjligt att avgöra med egna observationer då nästan samtliga synbara områden var otillgängliga och låg t.ex. inne i täta skogsområden.

Både utifrån egna observationer i området och utifrån resultaten från synbarhetsanalysen finns väldigt få öppna områden och att kringliggande omgivning, som är flackt och nästan uteslutande består av hög skog, begränsar hinderbelysningens synbarhet från de flesta platser. För att förtydliga effekterna av skuggande skog kan man genom enkel trigonometri beräkna betraktarens teoretiskt minsta avstånd till ett skuggande skogsparti för att hinderljuset på vindkraftverken ska bli synligt i ett helt flackt landskap. Avståndet mellan vindkraftverk och betraktaren  $x$  kan beräknas enligt:

$x = \frac{h}{\tan(\alpha)}$  där  $h$  är hinderljusets höjd över marken och  $\alpha$  är ljusets riktning under horisontalplanet.

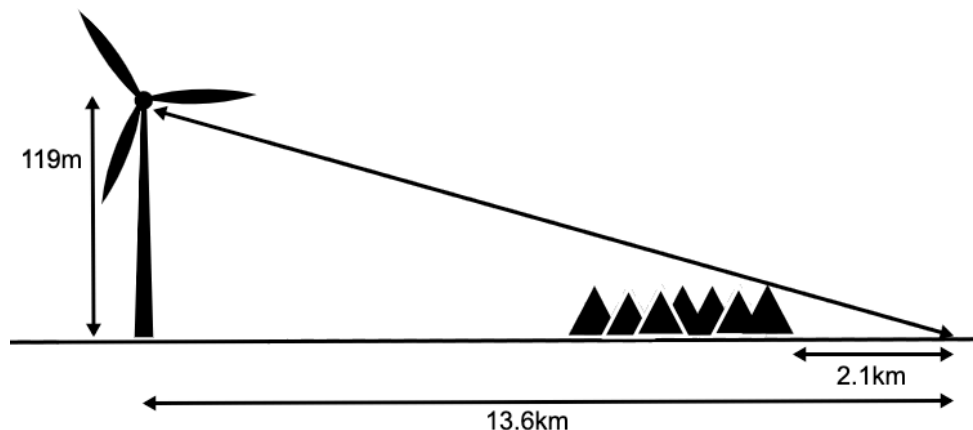
Om hinderljuset antas vara 119 m över marken och har en spridning på  $0.5^\circ$  nedåt från horisontalplanet (motsvarar högintensiv hinderbelysning på vindkraftverk Villköl) "slår ljuset ner" i marknivån drygt 13.6 km bort från vindkraftverket:

$$x = \frac{119 \text{ m}}{\tan(0.5^\circ)} = 13636 \text{ m}$$

För att inte skuggas av ett skogsparti, alltså att siktlinjen mellan hinderljus och betraktaren inte bryts, krävs ett visst avstånd från skogen. Teoretiskt minsta avstånd till skogspartiet är där skuggan av skogen är som kortast i.e. där ljuset slår ner i marknivån. Utifall man antar en skogshöjd på 20 m och att betraktarens ögonhöjd är 1.6 m krävs ett avstånd på 2.1 km för att inte skuggas av skogspartiet:

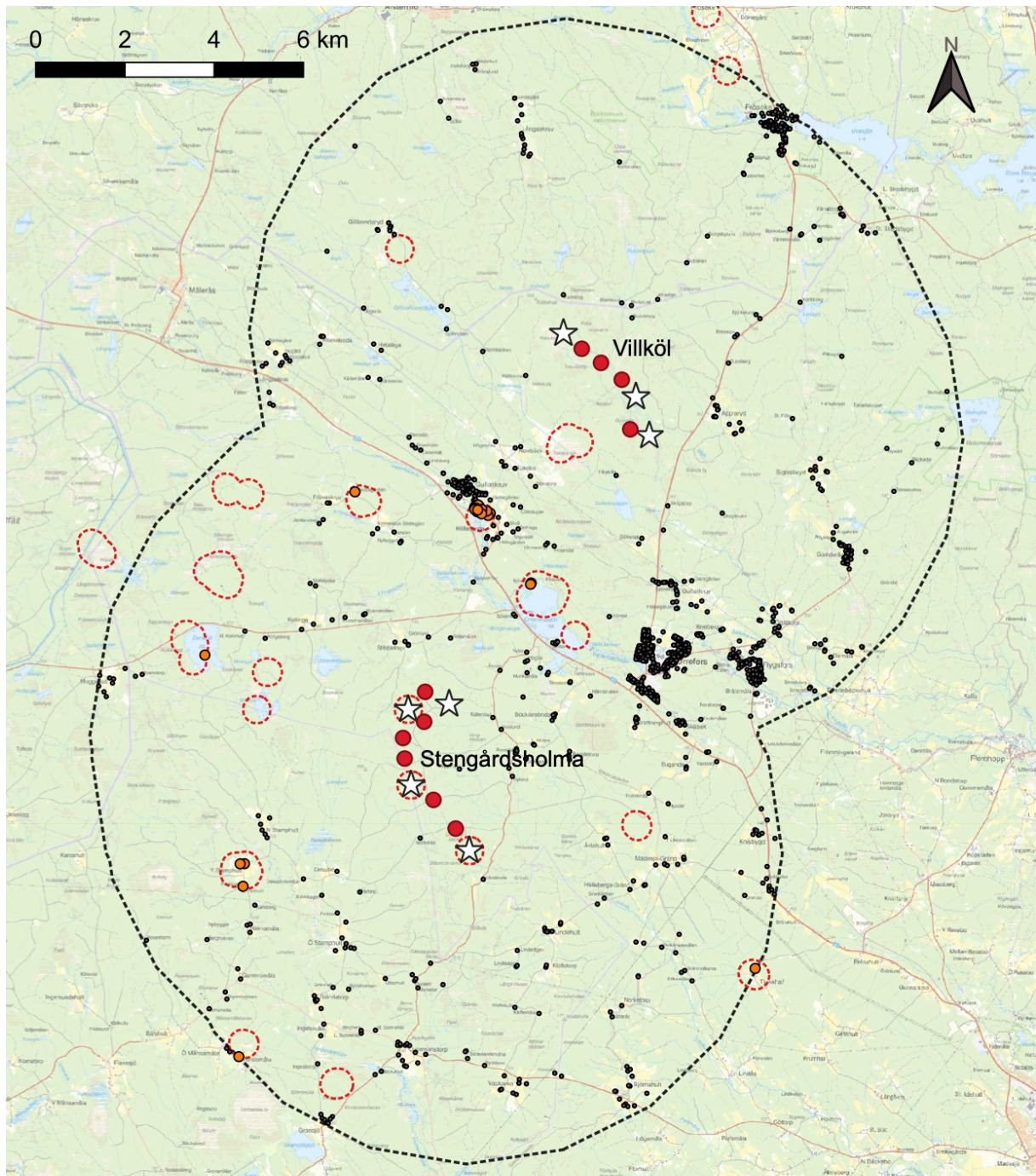
$$\frac{20-1.6 \text{ m}}{\tan(0.5^\circ)} = 2108 \text{ m}$$

Figur 7 visar en principskiss över hinderljusens synbarhet i ett skogsområde och visar, utifrån ovan antaganden, teoretisk minsta avstånd till ett skogsparti för att hinderljusen på en viss höjd över marken ska bli synligt i ett helt flackt landskap.



Figur 7. Principskiss över vindkraftverkens synbarhet i skogsområde i ett flackt landskap.

Enligt uppgifter från © Lantmäteriets GSD-Fastighetskarta finns totalt 1199 bostadsfastigheter inom 7 km från vindkraftverken. Utifrån synbarhetsanalysens resultat avseende högintensiv hinderbelysning ligger endast 24 av dessa bostadsfastigheter inom synbara områden (inklusive 300 m buffert). Resultaten kan ses i Figur 8, som visar samtliga bostadsfastigheter inom ett avstånd av 7 km från vindkraftverken samt vilka bostadsfastigheter som enligt synbarhetsanalysen har teoretisk möjlighet att se högintensiva hinderbelysningen.



### Teckenförklaring

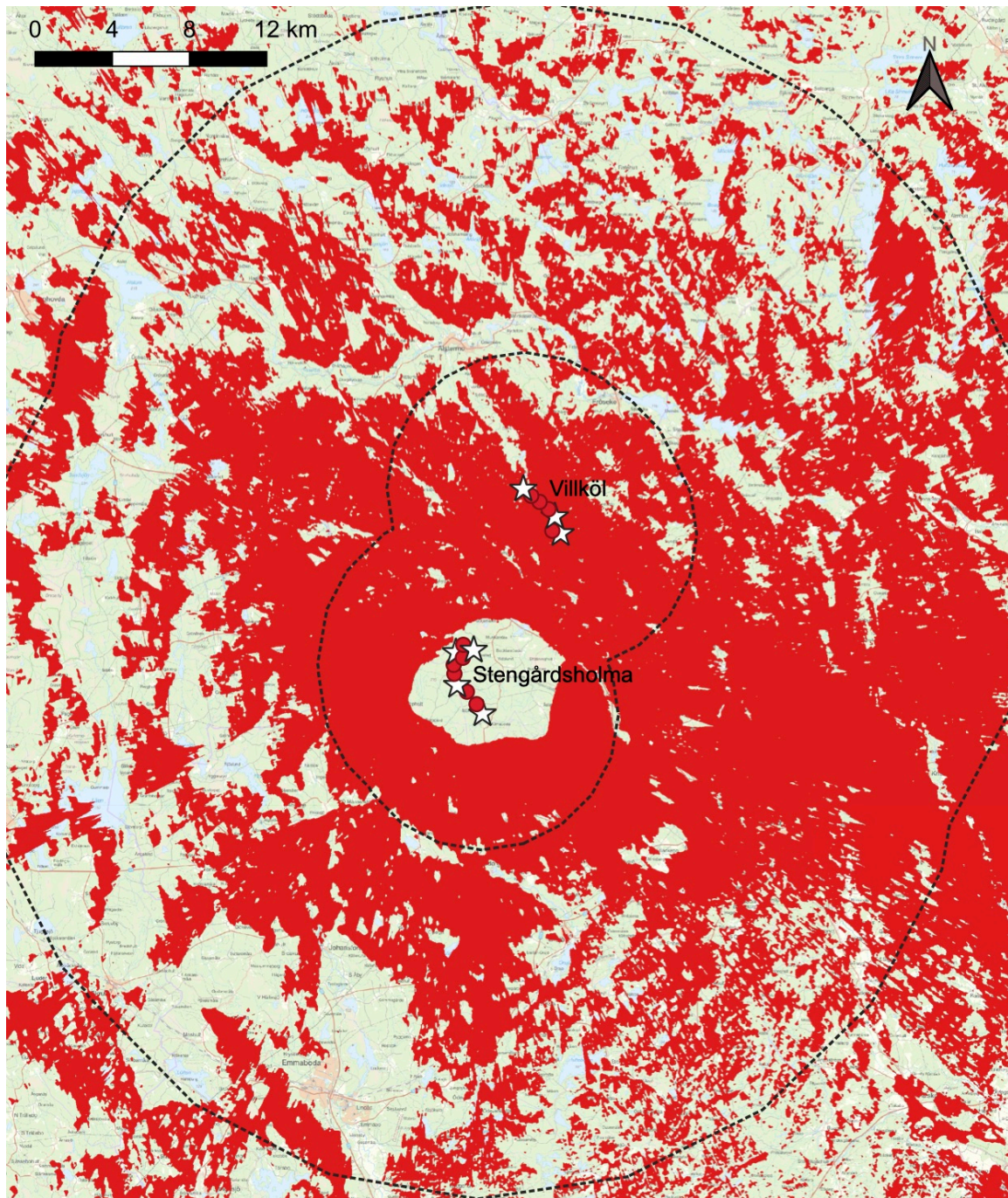
- ☆ Vindkraftverk markerade med högintensivt hinderljus
- Vindkraftverk markerade med lågintensivt hinderljus
- Avstånd från vindkraftverken (7km)
- - - Synbara områden för Stengårdsholma (inkl. 300 m buffert)
- Bostäder inom ett avstånd av 7 km [1199]
- Bostäder inom ett avstånd av 7 km och inom synbara områden för Stengårdsholma [24]

Figur 8. Karta över vindkraftsparkerna Stengårdsholma och Villköl och som visar samtliga bostadsfastigheter inom ett avstånd av 7 km från vindkraftverken samt vilka bostadsfastigheter som enligt synbarhetsanalysen har teoretisk möjlighet att se högintensiva hinderbelysningen. Bakgrundskartan är rasterkarta 1:50 000 © Lantmäteriet (2021).

Analysen visar således att inom ett avstånd på 7 km från vindkraftverken ligger endast 2 procent av bostadsfastigheterna inom områden där man teoretiskt ska kunna se det högintensiva hinderljuset på ett eller flera vindkraftverk. Dessutom visar analysen att samtliga av dessa bostadsfastigheter avser hinderljuset på Stengårdsholma vindkraftspark. Det finns alltså inga bostadsfastigheter inom 7 km och inom områden där man teoretiskt ska kunna se de högintensiva hinderljuset på Villköl vindkraftspark.

### **10.3.2 Synbarhetsanalysen baserat på vindkraftverk markerade med högintensiv hinderbelysning utan hänsyn till vegetation**

Kartorna i Figur 9 och Figur 10 visar genomförd synbarhetsanalys för vindkraftverk som är markerade med högintensiv hinderbelysning för Stengårdsholma respektive Villköl, men utan hänsyn till vegetationen i området. Skogsstyrelsens data för trädhöjden har därmed exkluderats från modellen för att beskriva hur hinderljuset kan komma att påverka omgivning i ett "värsta möjliga scenario" utan skog, där siktlinjer endast bryts p.g.a. av terrängens höjdskillnader.

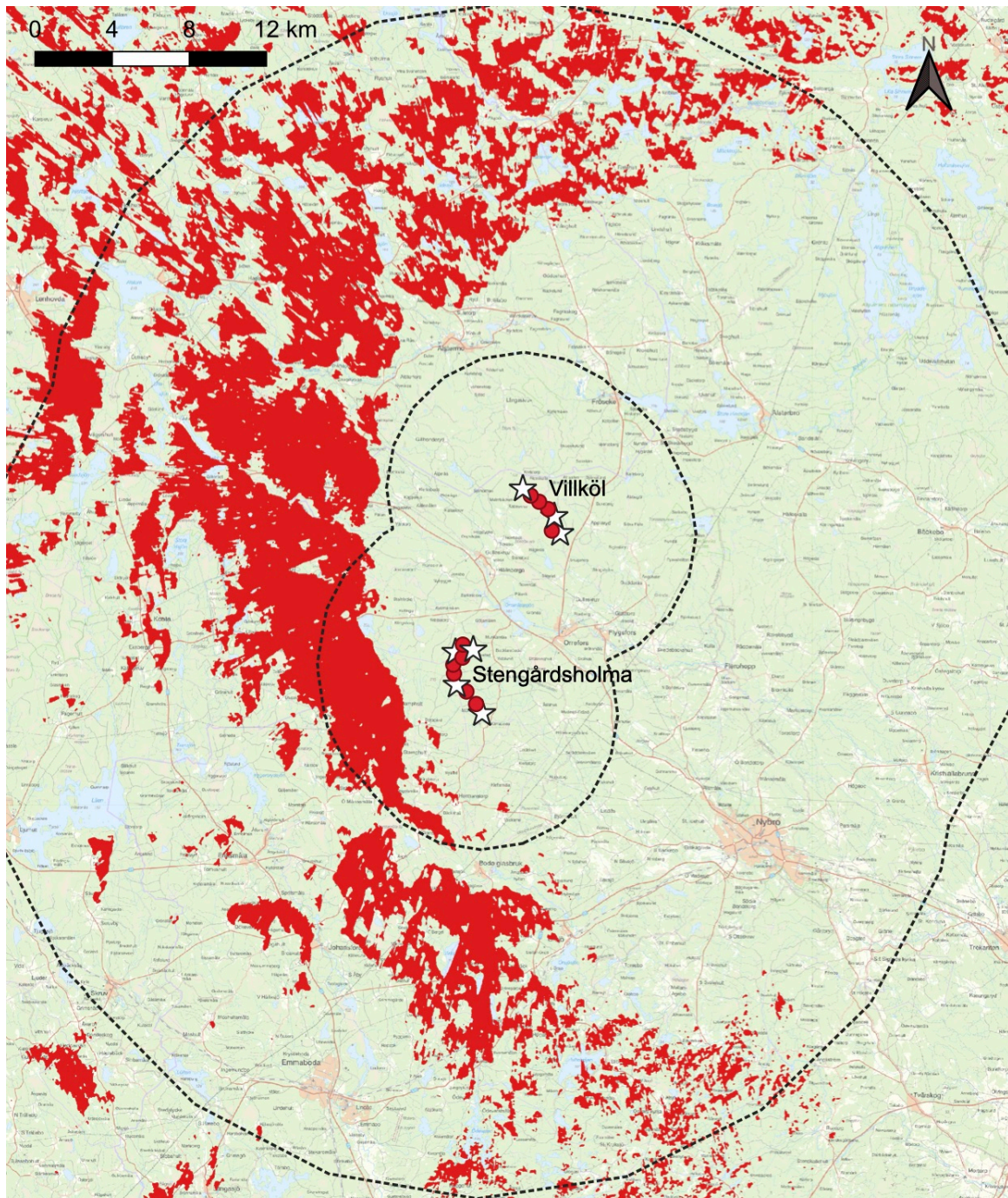


#### Teckenförklaring

- ☆ Vindkraftverk markerade med högintensivt hinderbelysning
- Vindkraftverk markerade med lågintensivt hinderbelysning
- Avstånd från vindkraftverken (7 & 25km)
- Områden där hinderbelysningen är synliga

Figur 9. Karta över vindkraftsparkerna och som visar resultaten från synbarhetsanalysen för vindkraftverk markerade med högintensiv hinderbelysning för Stengårdsholma, men utan hänsyn till skog. Bakgrundskartan är rasterkarta 1:50 000 © Lantmäteriet (2021).





#### Teckenförklaring

- ☆ Vindkraftverk markerade med högintensivt hinderbelysning
- Vindkraftverk markerade med lågintensivt hinderbelysning
- Avstånd från vindkraftverken (7 & 25km)
- Områden där hinderbelysningen är synliga

Figur 10. Karta över vindkraftsparkerna och som visar resultaten från synbarhetsanalysen för vindkraftverk markerade med högintensiv hinderbelysning för Villköl, men utan hänsyn till skog. Bakgrundskartan är rasterkarta 1:50 000 © Lantmäteriet (2021).

Enligt resultaten är synbarheten i området som förväntat avsevärt mycket större utan hänsyn till skogen som annars skymmer sikten på många platser. Synbarhetsanalysen visar att hinderbelysningen på Stengårdsholma är synbar både närmare och mer koncentrerat runt själva vindkraftsparken i jämförelse med

hinderbelysningen på Villköl. Vindkraftverkens placering och omgivningens topografi påverkar men skillnaden i synbarhet beror även på att vindkraftverken i Villköl har en lägre navhöjd och att hinderljusen därmed riktas mer uppåt. Synbarhetsanalysen visar därmed betydelsen av hinderbelysningens spridningsvinkel och vilken vinkel ljuset riktas över horisontalplanet.

Betydelsens av spridningsvinkeln kan dessutom visas genom enkel trigonometri, där man utan hänsyn till skog och helt flack mark, kan beräkna avståndet till betraktaren  $x$  enligt:

$x = \frac{h}{\tan(\alpha)}$  där  $h$  är hinderljusets höjd över marken och  $\alpha$  är ljusets riktning under horisontalplanet.

För de högintensiva hinderljusen på Stengårdholma som riktas  $1^\circ$  uppåt från horisontalplanet och antas ha en spridningsvinkel på  $5^\circ$  beräknas avståndet till betraktaren till 4,8 km enligt:

$$x = \frac{125 \text{ m}}{\tan(1.5^\circ)} = 4,8 \text{ km}$$

Om hinderljusen ej skulle riktas uppåt, alltså att ljusets vinkel under horisontalplanet  $\alpha$  ökar, minskar avståndet till betraktaren till 2,9 km enligt:

$$x = \frac{125 \text{ m}}{\tan(2.5^\circ)} = 2,9 \text{ km}$$

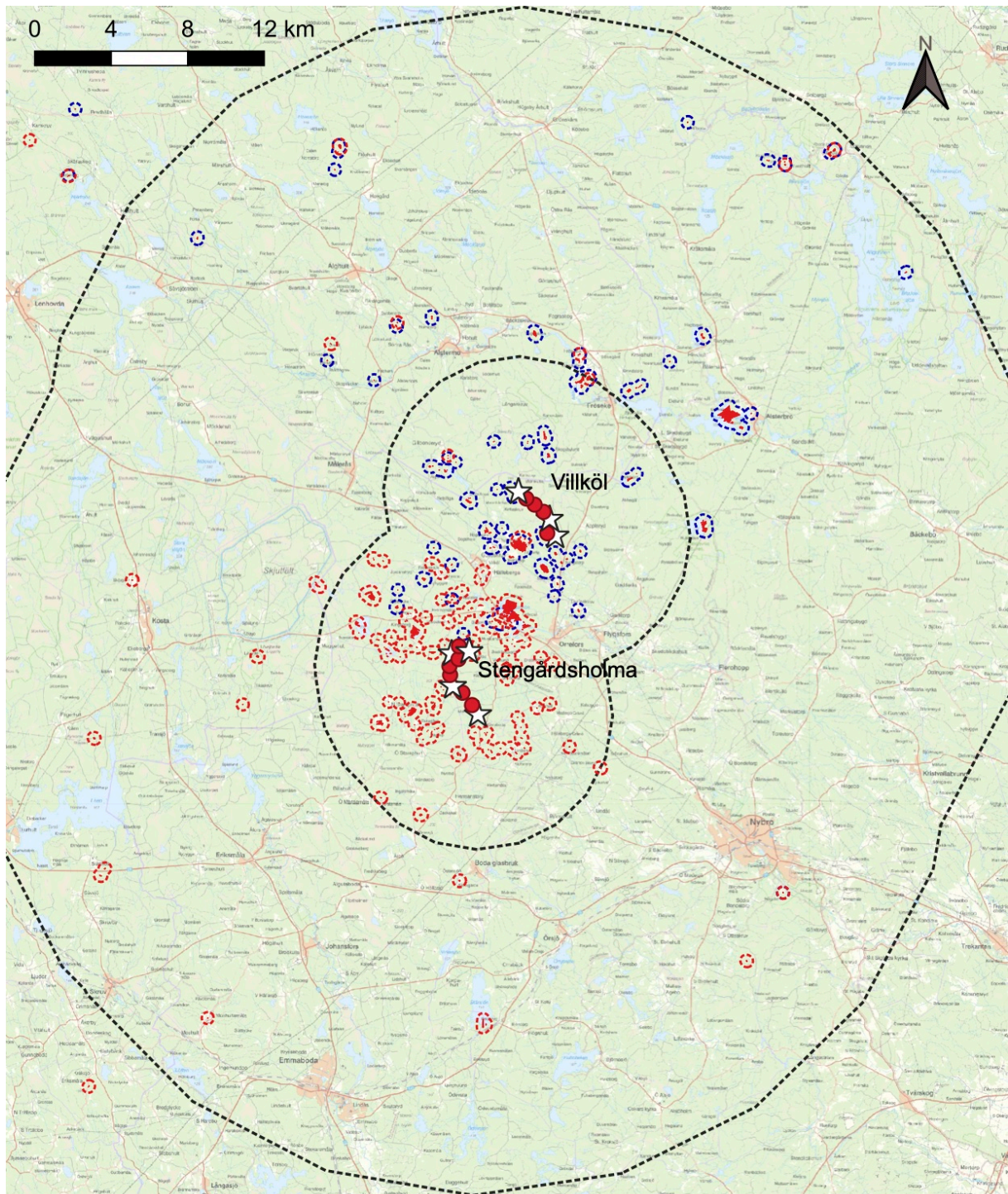
För de högintensiva hinderljusen på Villköl som riktas  $2^\circ$  uppåt från horisontalplanet och också antas ha en spridningsvinkel på  $5^\circ$  beräknas avståndet till betraktaren till 13,6 km enligt:

$$x = \frac{119 \text{ m}}{\tan(0.5^\circ)} = 13,6 \text{ km}$$

Om hinderljusen ej skulle riktas uppåt, alltså att ljusets vinkel under horisontalplanet  $\alpha$  ökar, minskar avståndet till betraktaren till 2,7 km enligt:

$$x = \frac{119 \text{ m}}{\tan(2.5^\circ)} = 2,7 \text{ km}$$

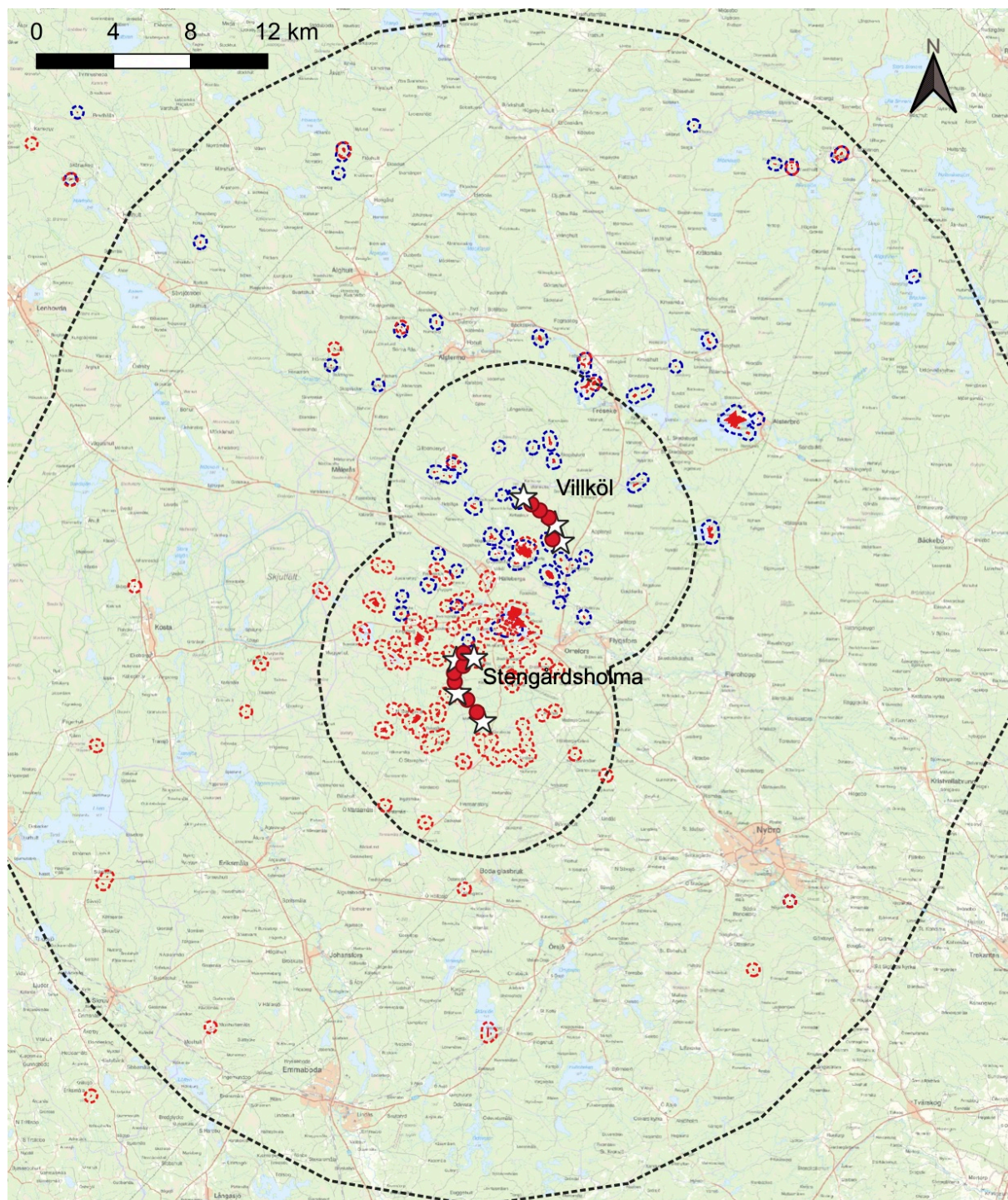
### **10.3.3 Synbarhetsanalys baserat på vindkraftverk markerade med medelintensiv hinderbelysning**



### Teckenförklaring

- ☆ Vindkraftverk markerade med högintensivt hinderljus
- Vindkraftverk markerade med lågintensivt hinderljus
- Avstånd från vindkraftverken (7 & 25km)
- Områden där hinderbelysningen är synliga
- Stengårdsholma vindkraftspark
- Villköl vindkraftspark

Figur 11 visar genomförd synbarhetsanalys för fallet där vindkraftverken istället för högintensiv hinderbelysning är markerade med medelintensiv hinderbelysning. För att förtydliga och även särskilja vindkraftsparkerna har dessa synbara områden markerats med streckad linje i rött för Stengårdsholma och i blått för Villköl.



### Teckenförklaring

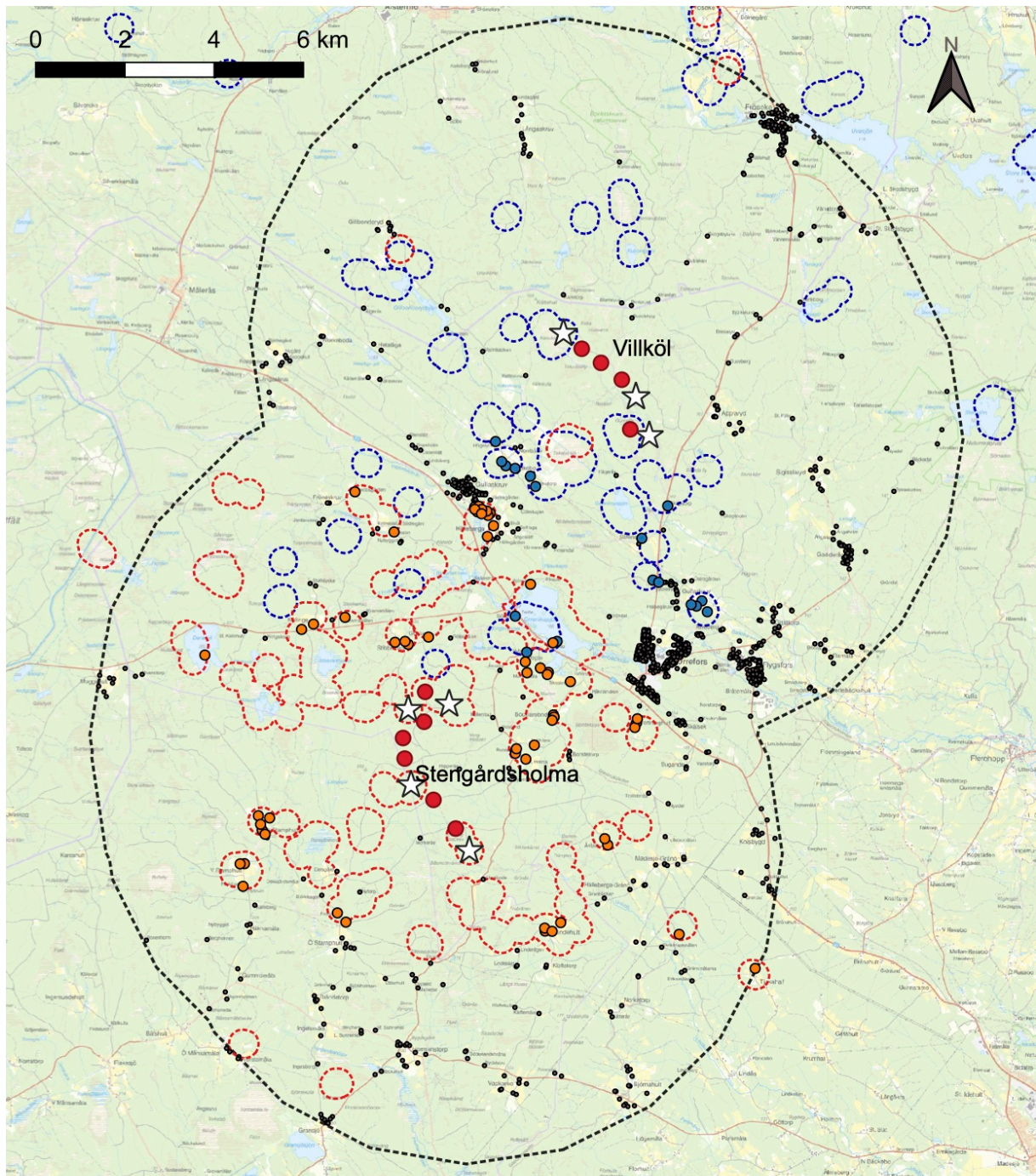
- ☆ Vindkraftverk markerade med högintensivt hinderljus
- Vindkraftverk markerade med lågintensivt hinderljus
- Avstånd från vindkraftverken (7 & 25km)
- Områden där hinderbelysningen är synliga
- Stengårdsholma vindkraftspark
- Villköl vindkraftspark

Figur 11. Karta över vindkraftsparkerna Stengårdsholma och Villköl och som visar resultaten från synbarhetsanalysen för vindkraftverk markerade med medelintensiv hinderbelysning.

Bakgrundskartan är rasterkarta 1:50 000 © Lantmäteriet (2021) och rödmarkerade områden visar varifrån en betraktare teoretiskt kan se ett eller flera medelintensiva hinderljus.

Den enda parametrarna som ändras mellan fallet hög- respektive medelintensiv hinderbelysning är ljusets riktning från horisontalplanet. Enligt synbarhetsanalysen resulterar detta i att synbarheten i området ökar något, i.e. det finns fler platser i omgivningen runt vindkraftsparkerna där man teoretiskt kan se de medelintensiva hinderljusen och resultaten visar dessutom att dessa platser ligger närmare själva vindkraftsverken. Detta gäller för hinderljusen på både Stengårdsholma och Villköl vindkraftspark.

Utifrån resultaten avseende medelintensiv hinderbelysning ligger 121 av totalt 1199 bostadsfastigheter inom 7 km och inom synbara områden (inklusive 300 m buffert). Resultaten kan ses i

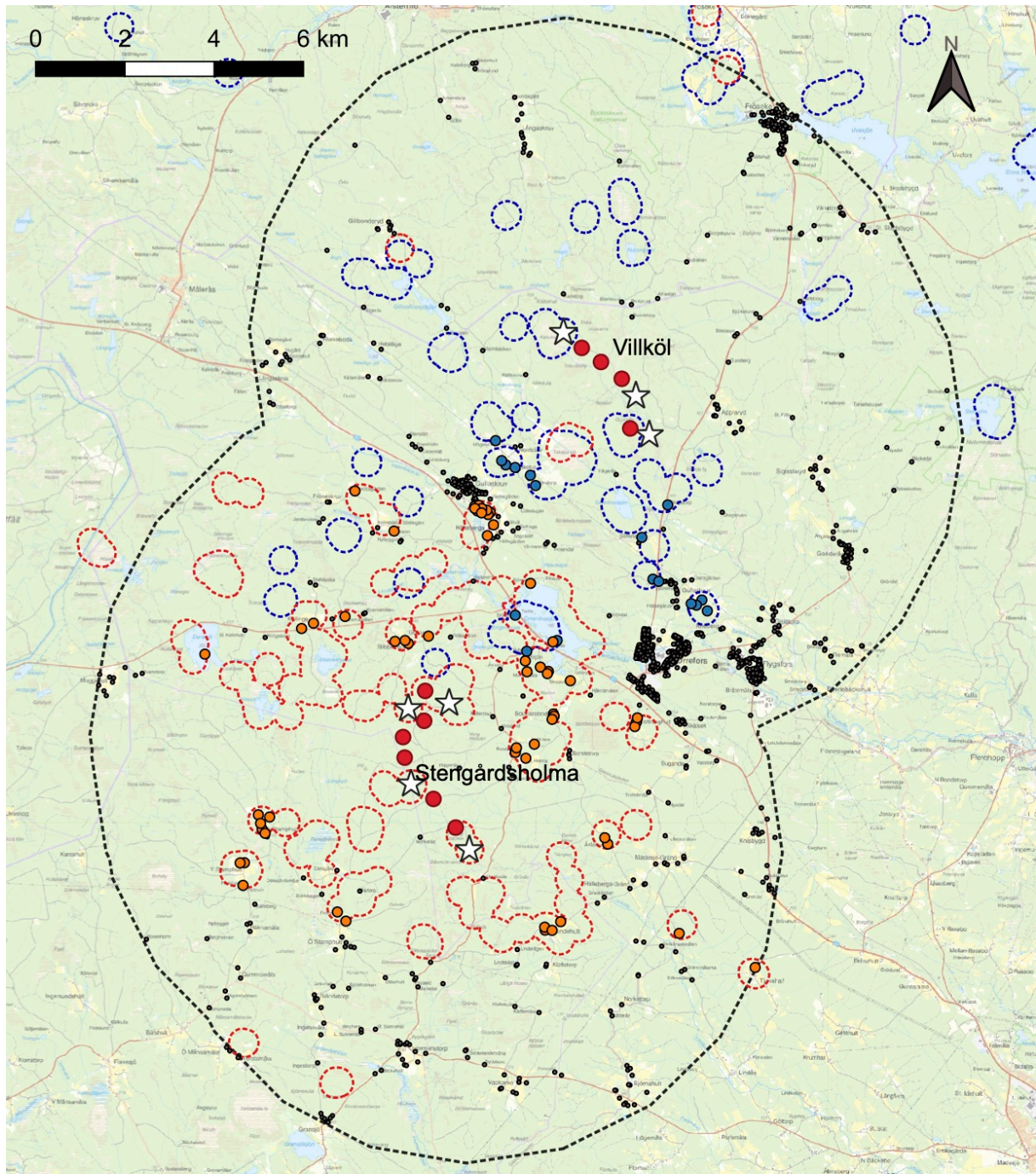


### Teckenförklaring

- ☆ Vindkraftverk markerade med högintensivt hinderljus
- Vindkraftverk markerade med lågintensivt hinderljus
- Avstånd från vindkraftverken (7km)
- Synbara områden för Stengårdsholma (inkl. 300 m buffert)
- Synbara områden för Villköl (inkl. 300 m buffert)
- Bostäder inom ett avstånd av 7 km [1199]
- Bostäder inom ett avstånd av 7 km och inom synbara områden för Stengårdsholma [94]
- Bostäder inom ett avstånd av 7 km och inom synbara områden för Villköl [27]

Figur 12, som visar samtliga bostadsfastigheter inom ett avstånd av 7 km från vindkraftverken samt vilka bostadsfastigheter som enligt synbarhetsanalysen har teoretisk möjlighet att se medelintensiva hinderbelysningen på ett eller flera

vindkraftverk. Av de totalt 121 bostadsfastigheterna, avser 94 stycken hinderljusen på Stengårdsholma och 27 stycken avser hinderljusen på Villköl.



#### Teckenförklaring

- ☆ Vindkraftverk markerade med högintensivt hinderljus
- Vindkraftverk markerade med lågintensivt hinderljus
- Avstånd från vindkraftverken (7km)
- Synbara områden för Stengårdsholma (inkl. 300 m buffert)
- Synbara områden för Villköl (inkl. 300 m buffert)
- Bostäder inom ett avstånd av 7 km [1199]
- Bostäder inom ett avstånd av 7 km och inom synbara områden för Stengårdsholma [94]
- Bostäder inom ett avstånd av 7 km och inom synbara områden för Villköl [27]

Figur 12. Karta över omgivningen runt vindkraftsparkerna Stengårdsholma och Villköl och

*som visar samtliga bostadsfastigheter inom ett avstånd av 7 km från vindkraftverken samt vilka bostadsfastigheter som enligt synbarhetsanalysen har teoretisk möjlighet att se medelintensiv hinderbelysningen.*

Synbarhetsanalysen visar således att inom ett avstånd på 7 km från vindkraftverken ligger 10 procent av bostadsfastigheterna inom områden där man teoretiskt ska kunna se det medelintensiva hinderljuset på ett eller flera vindkraftverk. Att vindkraftverken istället för högintensiva markeras med medelintensiva hinderljus medför sammanfattningsvis att antalet berörda bostadsfastigheter ökar något, där andelen bostadsfastigheterna som ligger inom synbara områden ökar från ungefär 2 till 10 procent.



## 11 Diskussion

### 11.1 Reglering av nationella föreskrifter – möjligheter för Transportstyrelsen att göra om och göra rätt

Transportstyrelsens föreskrifter avseende hindermarkering reviderades i December 2020 med syftet att bl.a. uppnå en mer enhetlig kravbild mellan Transportstyrelsens föreskrifter och ICAO:s Annex 14. I konsekvensutredningen (Transportstyrelsen, 2019) uppger Transportstyrelsen själva att är det ett problem att föreskrifterna inte stämmer överens med internationella samt andra nationella regelverk. Trots detta syfte och att vindkraftsbranschen har uppmärksammat Transportstyrelsen om att kraven på högintensiv hinderbelysning bidrar till att försvåra för en fortsatt vindkraftsutbyggnad har Transportstyrelsen inte tagit hänsyn till detta i regleringen. Att nationella föreskrifter avviker från ICAO:s Annex 14 avseende hindermarkering av vindkraftverk över 150 m nämns inte ens i konsekvensutredningen.

I remissyttrande gällande regleringen av föreskrifterna påpekar vindkraftbranschen återigen att föreskrifterna avseende hindermarkering av vindkraftverk bör ses över och att man i enlighet med ICAO:s Annex 14 bör tillämpa medelintensivt hinderljus på vindkraftverk upp till 315 m i totalhöjd. Transportstyrelsens kommentar vad det gäller detta är i remissammanställningen väldigt kortfattad. Man bedömer att nuvarande krav på högintensivt hinderljus ska behållas eftersom det ur ett flygsäkerhetsperspektiv inte utgör någon skillnad om det objekt som ska markeras är ett vindkraftverk eller någon annan typ av objekt. Därmed bör kraven på hinderbelysning vara samma oavsett vilken typ av hinder som avses.

Med hänsyn till Sveriges uppsatta klimat- och miljömål där fortsatt vindkraftutbyggnad uppges vara en förutsättning bör Transportstyrelsen, i egenskap av statlig myndighet, även bidra till att skapa förutsättningar för en hållbar vindkraftsutbyggnad. Man bör därför inte se vindkraftverk som vilket objekt som helst utan arbeta för att hitta en lösning på konflikten som kraven på högintensiv hinderbelysning aktualiserar. För att nationella föreskrifter inte ska utgöra ett hinder för utbyggnaden av vindkraften krävs en översyn och reglering av nuvarande föreskrifter. Det krävs en konsekvensutredning av Transportstyrelsen som faktiskt utvärderar och analyserar alternativ om hur hindermarkering av vindkraftverk kan utformas utan att äventyra flygsäkerheten men som tar hänsyn till påverkan från hinderbelysningen på närboende. Med stöd av ICAO:s rekommendationer är medelintensivt hinderljus på vindkraftverk upp till 315 m i totalhöjd ett sådant alternativ som bör övervägas och utredas av Transportstyrelsen.

Regleringen av Transportstyrelsens föreskrifter innebar dessutom att flygsäkerheten höjdes i och med att krav på markering av mellanliggande nivåer även infördes för vindkraftverk vars navhöjd är 150 m eller högre. Utöver att nacellen ska markeras med högintensiv hinderljus finns numera även krav på att även tornet ska markeras med lågintensiv hinderljus. Kravet är i enlighet med rekommendationerna i Annex 14 (ICAO rekommendationer gäller dock från 150 m i totalhöjd) men tornbelysningen ska enligt ICAO vara i kombination med medelintensivt hinderljus. Anledningen till att man ska tillämpa både tornbelysning och högintensiv hinderbelysning på vindkraftverk vars nacelle är över 150 m framgår inte av konsekvensutredningen mer än att regleringen innebär att flygsäkerheten höjs. Varför Transportstyrelsen, i

motsats till vad vindkraftbranschen efterfrågat, anser att det fanns ett behov av att skärpa hindermarkeringen av höga vindkraftverk uppges inte. Det saknas alltså underlag från Transportstyrelsen som motiverar att flygsäkerheten höjdes genom utökad markering av vindkraftverk över 150 m i totalhöjd.

En konsekvens som markering av mellanliggande nivåer medför är dessutom risken för stroboskopiska effekter som nämndes av en av vindkraftsprojektörerna i intervjustudien. Att krav på tornbelysning kan orsaka ytterligare störningar på närboende är en effekt som ännu inte fått någon uppmärksamhet men kan komma att bli ett problem för kommande vindkraftsetableringar i och med teknikutvecklingen med allt större rotordiametrar även i Sverige. Med hänsyn till denna risk bör utformningen av bestämmelserna ses över så att de stroboskopiska effekterna kan undvikas utan att äventyra flygsäkerheten. Enligt nuvarande bestämmelser i TSFS 2020:88 ska ljusen nämligen placeras på halva tornets höjd, mätt upp till nacellen, utöver detta finns inga bindande regler för positioneringen av tornlamporna. Transportstyrelsen bör därmed förtydliga placeringen och t.ex. införa ett visst intervall på tornet där lamporna tillåts (på halva tornets höjd  $\pm$  x antal m). På så sätt kan man upprätthålla flygsäkerheten men undvika att rotorbladen passerar framför tornlamporna och därmed undvika risken för ytterligare störningar från hinderbelysningen.

Utöver att Transportstyrelsen bör överväga och utreda eventuell reglering av TSFS 2020:88 i enlighet med ICAO:s Annex 14 finns det i jämförelse med regelverket i Norge och Finland även vissa intressanta skillnader som kan övervägas och utredas för att begränsa påverkan från hinderbelysningen. Kravet på att högintensivt hinderljus ska tillämpas på vindkraftverk över 150 m i totalhöjd är samma i samtliga länder men i Finland tillåts exempelvis även medelintensivt rött hinderljus under nattetid och i Norge finns inget krav på markering av mellanliggande nivåer. Även formuleringen angående synkronisering för att begränsa påverkan på omgivningen är i TSFS 2020:88 något vagare i jämförelse. I nuvarande föreskrifter ska blinkande ljus endast om möjligt synkroniseras och således inget krav som det är i norska och finska regelverket samt i ICAO:s Annex 14. Enligt resultaten i Pohl, et al. (2012) är det just dessa åtgärder, att hinderljusen ska synkroniseras och att en svagare ljusstyrka ska tillämpas, som efterfrågas av boende.

Dessutom tillåts det i Norge och Finland även siktstyrning av hinderbelysningen för att ytterligare reducera ljusstyrkan vid goda siktförhållanden. Utifall högintensiv hinderbelysning fortsättningsvis ska vara ett krav på vindkraftverk över 150 m i totalhöjd bör Transportstyrelsen utreda möjligheterna att, i enlighet med lösningarna i våra grannländer, tillåta siktstyrda system för att begränsa påverkan från hinderbelysning på omgivningen. Dispensansökningarna som inkommit om att vid god sikt tillämpa lägre ljusstyrka än bestämmelserna i TSFS 2020:88 har samtliga avslagits av Transportstyrelsen med hänvisning till att detta medför en sänkning av flygsäkerheten och att kompenserade åtgärder saknas. För att komma vidare och finna en lösning på konflikten bör Transportstyrelsen istället utreda och analysera vilka kompenserade åtgärder som krävs för att upprätthålla flygsäkerheten och bidra till hur systemen kan utvecklas och anpassas för att tillmötesgå eventuella krav från Transportstyrelsen.

## 11.2 Behovsstyrd hinderbelysning – ej möjlig lösning och kan hänvisas till intressekonflikten mellan vindkraften och Försvarmakten

Enligt regleringsbrevet för Transportstyrelsen (Infrastrukturdepartementet, 2021), där myndigheten till december 2021 ska redogöra för hur föreskrifterna förhåller sig till ICAO:s Annex 14 samt till andra länders nationella regelverk, har frågan om behovsstyrd hinderbelysning även lyfts av Regeringen. Uppdraget kan ses som om Regeringen uppmanar Transportstyrelsen att utreda möjligheterna att tillåta och tillämpa behovsstyrda system även i Sverige och att myndigheten ska bidra och arbeta mot en lösning på konflikten mellan vindkraftsetableringar och närboendes hälsa och livsmiljö som kraven på högintensiv hinderbelysning aktualiserar.

Efter att regleringsbrevet lämnades av Regeringen lämnade dock Försvarmakten ett uppdaterat ställningstagande avseende behovsstyrd hinderbelysning (FM2021-15034:3 (2021-06-28) i vilket de avråder från tillämpning av samtliga system. Med anledning av Försvarmaktens avstyrkan är det ytterst tveksamt om uppdraget som Transportstyrelsen fått kan komma att bidra till en lösning på konflikten i och med att Transportstyrelsen inte behöver utreda förutsättningar för systemen i Sverige utan kan hänvisa till Försvarmaktens avstyrkan. Därmed är en eventuell lösning på konflikten, att begränsa påverkan från hinderbelysningen genom att tillåta behovsstyrda system, inte möjligt med hänvisning till Försvarmakten.

Man kan även argumentera för att en större del av de tillståndsansökningar som avslås egentligen också kan hänvisas till intressekonflikter med Försvarmakten än vad som t.ex. framgår av Energimyndigheten & Naturvårdsverket rapport *Nulägesbeskrivning – vindkraftens förutsättningar*. Enligt rapporten var avsaknaden av kommunal tillstyrkan den vanligaste anledningen till att tillståndsansökningar under perioden 2014–2019 fick avslag och intressekonflikter med Försvarmakten stod endast för 7 procent av tillståndsansökningarna som fick avslag (Energimyndigheten & Naturvårdsverket, 2021b). Då högintensiv hinderbelysning anses orsaka en betydande del av besluten om kommunal avstyrkan (enligt Svensk Vindenergi & Svensk Vindkraftförening (2019)), och att man under denna perioden har avslagit samtliga dispensansökningar avseende behovsstyrd hinderbelysning (framför allt med hänvisning Försvarmaktens avstyrkan), kan möjligtvis fler avslag under perioden därmed hänvisas till intressekonflikter med Försvarmakten.

Försvarmakten avstyrker dessutom samtliga system med hänvisning till potentiell påverkan på riksintressen för totalförsvarets militära del, en aspekt som man inte tidigare har nämnt i remissvar eller tidigare yttranden avseende behovsstyrd hinderbelysning.

Utöver påverkan på riksintressen för totalförsvarets militära del är Försvarmaktens motivering till att systemen avstyrks något mer omfattande än tidigare och det framkommer dessutom några nya argument. Där ibland att militär luftfart kan operera utan en aktiv transponder, en rättighet som infördes i trafikreglerna för militär luftfart efter att Skellefteå Krafts dispensansökan (TSL 2021-917 2021-07-02) inkommit. Om militär luftfart inte kräver aktiva transponddar är transponderstyrd hinderbelysning på vindkraftverk inte möjligt utan att äventyra flygsäkerheten. Dock kan man diskutera om denna nyligen införda rättighet, att flyga utan transponddar, inte också går emot myndighetens egna argument att sämre flygsäkerhet är oacceptabelt.

Utifrån Försvarmaktens motiveringar är myndigheten eventuellt något mer positivt inställd till siktstyrda system. För att siktstyrd hinderbelysning ska kunna tillämpas krävs dock vidare utveckling och att vissa tekniska och funktionella frågetecken avseende flygsäkerhetsmässiga och operativa skäl utreds. Som tidigare nämnt tillåts siktstyrning av hinderbelysning i både Norge och Finland. Genom att kolla på dessa länders lösningar och hur systemen kan utvecklas och anpassas för att tillmötesgå eventuella krav från Försvarmakten, kan relevanta aktörer kunna utreda förutsättningarna för att tillämpa siktstyrd hinderbelysningen även i Sverige. Något som, i enlighet med regleringsbrevsuppdragen för Försvarmakten, förutsätter dialog och samverkan.

Konflikten mellan vindkraftsetableringar och närboendes hälsa och livsmiljö som kraven på högintensiv hinderbelysning aktualiserar kan därmed även hänvisas till den högaktuella intressekonflikten mellan vindkraften och Försvarmakten. Där eventuella lösningar på konflikten förutsätter att Försvarmakten, i enlighet med Regleringsbrevsuppdragen, bidrar och arbetar mot samexistens och utvecklar dialogen och samverkan med relevanta aktörer i planerings- och prövningsprocessen för vindkraft.

### **11.3 Kunskapsbrist om hur närboende upplever hinderbelysningen och aspekter som inverkar**

Då förankring och acceptans från närboende är viktigt, i vissa fall helt avgörande för kommunal tillstyrkan, är närboendes inställning till och acceptans av vindkraft och dess hinderbelysning av stor betydelse för fortsatt vindkraftsutbyggnad i Sverige. Utöver t.ex. ljud- och skuggstörningar är störningar från hinderbelysning något som ofta diskuteras och det finns en tydlig konflikt mellan kraven på att vindkraftverken ska hindermarkeras och närboende som vill att vindkraftverken ska synas så lite som möjligt. Enligt litteraturstudien som genomförts kan hinderljusen på vindkraftverken, både medel- och högintensivt, ge upphov till störningar på närboende och hinderljusen upplevs som särskilt störande när det är mörkt. Samtidigt som konflikten är väldigt aktuell och att begränsa störningar från hinderljusen på närboende har stor betydelse för tillståndsgivningen av nya vindkraftsprojekt, är kunskapen väldigt begränsad. Det finns en påtaglig diskrepans mellan uppmärksamhet det fått och förståelse för hur hinderbelysningen påverkar omgivningen. Det saknas vetenskapliga studier som på ett systematiskt sätt kartlägger och analyserar störningar från hinderbelysning och aspekter som inverkar på närboendes upplevda störning. De få vetenskapliga studier som genomförts på befintliga vindkraftsparker gäller inte svenska förhållande vilket även innebär begränsningar i tillämplighet och man bör inte dra några slutsatser om hur hinderljusen uppfattas och i vilken utsträckning närboende generellt störs av hinderbelysningen utifrån dessa få studier.

Resultaten från Pohl, et al. (2012) och Rudolph, et al. (2017) visar dessutom att närboendes upplevelse varierar och att upplevd störning är beroende utav flera aspekter som t.ex. typ av hindermarkering, väderförhållanden eller att det aktuella landskapet enligt Rudolph, et al. (2017) har en stor inverkan på de närboendes upplevelse. Studierna har dock endast marginellt behandlat mer tekniska aspekter så som hur hinderbelysningens utformning och tekniska specifikationer inverkar på de närboendes upplevda störning. Exempelvis så specificeras inte vilken ljusstyrka som

tillämpas på vindkraftsparkerna och endast Pohl, et al. (2012) behandlar hur försiktighetsåtgärder som reglering av ljusstyrkan och synkronisering av hinderbelysningen påverkar boendes upplevelse. Övriga visar resultaten i Pohl, et al. (2012) dessutom att störningsgraden, både dag- och nattetid, är lägre för vindkraftsparker utan reglering av ljusstyrkan (utifrån siktförhållanden) och man bedömer att både reglering av ljusstyrkan och synkronisering av hinderljusen inte har en betydande påverkan på närboendes upplevda störning. Trots detta så efterfrågar de boende att vindkraftverken ska utrustas med behovsstyrd hinderbelysning, samt att en svagare ljusstyrka och synkronisering av ljusen ska tillämpas. Resultaten av Pohl, et al. (2012) belyser således behovet av att utreda och analysera betydelse av hinderbelysningens utformning och hur eventuell reglering av ljusstyrkan och andra försiktighetsåtgärder inverkar på närboendes upplevda störning.

Enligt Pohl, et al. (2012) föredras en svagare ljusstyrka och även enkätundersökningen på närboende vid Dragaliden vindkraftspark indikerar att högintensivt vitt hinderljus upplevs som mer störande än medelintensivt rött hinderljus. Dock behövs mer underlag för att förstå varför. Det kan finnas flera aspekter som inverkar på de boendes upplevelse t.ex. hinderljusens färg, höjd och placering i landskapet eller mer tekniska aspekter, såsom hur försiktighetsåtgärder som reglering av ljusstyrkan och synkronisering av hinderljusen påverkar upplevelsen. Om nationella föreskrifter ändras och man i enlighet med ICAO:s Annex 14 ska tillämpa medelintensivt hinderljus på vindkraftverk upp till 315 m i totalhöjd krävs ytterligare studier på befintliga vindkraftsparker för att undersöka hur t.ex. hinderljusens färg och tekniska specifikationer inverkar på de närboendes upplevda störning. Detta för att undvika och säkerställa att eventuell reglering av föreskrifter inte innebär en ökad risk för störning från hinderbelysningen.

Det finns följaktligen ett påtagligt behov av fler studier som på ett systematiskt sätt undersöker störningar från hinderbelysning och aspekter som inverkar på närboendes upplevda störning, både med avseende på hinderbelysningens placering och utformning men även hur försiktighetsåtgärder som reglering av ljusstyrkan och synkronisering av hinderljusen påverkar upplevelsen. Detta krävs för att t.ex. bemöta oro och frågor samt kunna göra relevanta bedömningar under projektering, men även för att undersöka hur hinderbelysningen kan utformas och vilka försiktighetsåtgärder som kan vidtas för att hinderbelysningen ska orsaka minsta intrång och olägenhet för människors hälsa och livsmiljö.

#### **11.4 Synbarhetsanalyser för att bedöma och beskriva visuell påverkan från hinderbelysningen samt lärdomar från genomförd fallstudie**

Utifrån svaren som erhållits av vindkraftsprojektörerna finns det ingen tydlig konsensus i vilka metoder som används under projektering för att bedöma och beskriva hinderljusens visuella påverkan. Att tillvägagångssättet för att hantera påverkan från hinderbelysning varierar är inte förvånande då det inte finns några riktlinjer eller vägledning för hur frågan ska behandlas. Intressant är däremot att de metoder som i vissa fall används, att hinderbelysningen visualiseras med hjälp av fotomontage eller animeringar, dessutom ifrågasätts och att några av projektörerna anser att visualiseringar inte tillför något egentligt värde. Därmed, utifrån svaren som erhållits, saknas det vedertagna metoder för att bedöma och beskriva hur hinderljusen kan komma att påverka omgivningen. I Rudolph, et al. (2017) framkom

det å andra sidan att boendes upplevelse av hinderbelysningen påverkas av hur det hanterades i tillståndsprocessen och boende anmärkte på att hinderbelysningens effekter inte bedömts eller beskrivits i detalj i MKB. Hur man i detta fallet hanterat påverkan från hinderbelysningen och om man använt visualiseringar framgår inte av studien men utifrån denna kritik vore det därför intressant att undersöka hur fotomontage eller animeringar av hinderbelysningen tas emot. Om användningen av visualiseringar i samrådsunderlag eller i tillståndsansökan tillför något värde för allmänheten, kommun och prövningsmyndigheter eller om man likt vindkraftsprojektörerna inte ser några begränsningar med hur påverkan från hinderbelysning hanteras under projektering i dagsläget.

Därtill, trots att synbarhetsanalyser är en etablerad metod för att beräkna från vilka platser i omgivningen hela eller delar av en vindkraftspark är synliga samt att undersöka synbarhet, enligt Boverkets rapport, är en av de viktigaste aspekterna för att avgöra hur en vindkraftsetablering kommer att tas emot (Boverket, 2009b) har ingen av projektörerna använt synbarhetsanalyser som tar hänsyn till hinderbelysning. Fallstudien visar dock att det är möjligt att använda synbarhetsanalyser för att beskriva hur hinderbelysningen kan komma att påverka omgivningen visuellt genom att beräkna varifrån hinderljusen är synliga och potentiellt kan upplevas som störande för boende i närområdet. Därmed kan synbarhetsanalyser ses som ett komplement till visualiseringar och kan vara ett verktyg under tidig projekteringsfas så att lokalisering och utformning av vindkraften orsakar minsta intrång och olägenhet för människors hälsa och livsmiljö. Utöver att synbarhetsanalyser kan användas som underlag för att förebygga och undvika risken för störningar på närboende kan synbarhetsanalyser även användas för att välja ut lämpliga platser till fotomontage varifrån hinderljusen både är synliga och där t.ex. även bostadsfastigheter i närområdet berörs.

Synbarhetsanalyser är dock baserad på en beräkningsmodell med parametrar som till stor del är antaganden och förenklingar vilket i sin tur medför att resultatet bör tas med stor försiktighet. Exempelvis är analysen baserad på modeller över topografin och vegetationen i det aktuella området, modeller som medför osäkerheter och tar inte heller hänsyn till vissa aspekter så som tätheten av skogen eller övriga hinder så som att även bostäder skymmer sikten. Synbarhetsanalysen baseras även på antaganden och förenklingar om hinderljusens placering och utformning. Likaså indikerar egna observationer i området att analysen är konservativ och visar på en något större synbarhet än vad som faktiskt kommer att vara fallet. Resultaten bör således endast ses som en grov uppskattning av varifrån det är möjligt att se hinderbelysningen på vindkraftverket och används som en indikation över hinderbelysningens synbarhet i det aktuella området.

Man bör inte heller dra några generella slutsatser om hinderljusens synbarhet och i hur stor utsträckning som närboende påverkas av hinderbelysning utifrån synbarhetsanalyser på endast Stengårdsholma och Villköl vindkraftspark. Unikt fall med unika förutsättningar där analysen utgår från specifik data för vindkraftsparken och om kringliggande omgivning. Resultaten från synbarhetsanalysen visar dessutom betydelsen av omgivningen där landskapet som både är flackt och till stor del täcks av hög skog gör att hinderbelysningen från många platser kommer att skymmas helt.

Synbarhetsanalysen säger inte heller något om hur hinderbelysningen kommer att upplevas och tar ingen hänsyn till hur individer uppfattar hinderbelysningen utan bara objektivt talar om varifrån man kan komma att se hinderbelysningen eller inte. Att endast göra en kvantitativ bedömning av hur stora områden som kan komma att påverkas av hinderbelysningen är inte heller alltid särskilt relevant. Detta med anledning av Rudolph, et al. (2017) i vilken det poängterades att hänsyn även måste tas till hur miljöer och landskap upplevs och att specifika och unika egenskaper av området t.ex. en oförstörd och mörk natthimmel är en avgörande aspekt för boendes upplevelse av hinderljuset. Därmed måste även subjektiva bedömningar göras om vilka områden som är känsliga för visuell påverkan och landskapens subjektivitet innebär att det är svårt att skapa riktlinjer eller vägledning och att hinderbelysningens visuella påverkan, även med hjälp utav synbarhetsanalyser, är svårbedömd.

Utifrån genomförd synbarhetsanalys på befintliga vindkraftsparkerna Stengårdsholma och Villköl kan flera lärdomar dras. Framför allt visar resultatet av synbarhetsanalysen att synbarheten i det aktuella området är väldigt begränsat. Det är väldigt få platser runt vindkraftsparkerna där en betraktare enligt synbarhetsanalysen kan se de högintensiva hinderljuset och analysen visar att kringliggande omgivning, som nästan uteslutande består av hög skog, begränsar varifrån hinderbelysningen är synliga.

Följaktligen är antalet bostadsfastigheter kring vindkraftsparkerna som berörs väldigt få, ungefär 2 procent av alla bostadsfastigheter ligger inom synbara områden. Resultaten visar dessutom att det inte finns några bostadsfastigheter inom områden där man kan se de högintensiva hinderljuset på Villköl. Detta är intressant då Villköl vindkraftspark har utrustats med radarstyrd hinderbelysning för att begränsa hinderbelysningens omgivningspåverkan. Enligt kommunens beslut ska hinderbelysningen så långt som möjligt utformas så att eventuella olägenheter kan undvikas för närboende. Vid omprövningen av Villköl vindkraftspark var radarstyrd hinderbelysning möjligt och under förutsättning att E.ON medges undantag föreläggs E.ON därför att installera ett sådant system på Villköl. Med anledning till att både kommunen och allmänheten har uttryckt oro för hinderljusens påverkan och att det enligt beslut om tillstånd är av största vikt att man vidtar alla de försiktighetsåtgärder som är möjliga är kommunens föreläggande motiverat. Utifrån synbarhetsanalysens resultat kan man dock ifrågasätta hur motiverat det är. Enligt resultaten syns det högintensiva hinderbelysningen på Villköl vindkraftspark från väldigt få platser och inga bostäder i närområdet berörs. Resultaten från synbarhetsanalysen kan därmed tolkas som att det inte finns skäl nog för att ytterligare begränsa hinderbelysningens omgivningspåverkan genom att utrusta vindkraftsparken med ett radarstyrt system som kräver stora investeringar. Framförallt kan man utifrån synbarhetsanalysens resultat inte motivera varför Villköl och inte Stengårdsholma vindkraftspark ska utrustas med radarstyrd hinderbelysningen om nu hinderbelysningen på Stengårdsholma syns mer och berör fler boende i närområdet.

Synbarhetsanalysen användes dessutom för att undersöka skillnaden i synbarhet mellan hög- och medelintensiv hinderbelysning. Detta teoretiska fall, där samtliga högintensiva hinderljus på Stengårdsholma och Villköl är utbytta till medelintensiva hinderljus innebär enligt synbarhetsanalysen att synbarheten i området ökar. Det finns fler platser i omgivningen runt vindkraftsparkerna där medelintensiv hinderljus är synliga och platserna ligger dessutom närmare själva vindkraftsverken. Även

antalet bostadsfastigheter kring vindkraftsparkerna som kan komma att se det medelintensiva hinderljuset ökar, där berörda bostadsfastigheter inom 7 km från vindkraftverken ökar från ungefär 2 till 10 procent. Resultaten visar att hinderbelysningens spridningsvinkel och om ljuset riktas över horisontalplanet har stor inverkan på hinderbelysningens synbarhet då dessa är de enda parametrarna som ändras mellan fallet hög- respektive medelintensiv hinderbelysning i synbarhetsanalysen. Att tillämpa medelintensivt hinderljus på Stengårdsholma och Villköl enligt nuvarande föreskrifter (inget krav på att ljuset ska riktas uppåt och maximal spridningsvinkel inte heller finns angivet för medelintensivt) innebär enligt resultaten att hinderljusen blir betydligt mer synliga och därmed potentiellt kan upplevas som mer störande. Om man i enlighet med ICAO:s Annex 14 ska tillämpa medelintensivt hinderljus på vindkraftverk upp till 315 m i totalhöjd bör därmed spridningsvinkel och riktning av medelintensivt hinderljus tas hänsyn till för att säkerställa att eventuell reglering av föreskrifter inte innebär en ökad risk för störningar från hinderbelysningen på närboende.



## 12 Slutsatser

Utbyggnaden av vindkraft förutsätter större och effektivare vindkraftverk över 150 m i totalhöjd, men kraven på att vindkraftverken ska markeras med högintensiv hinderbelysning bidrar till att vindkraftsprojekt inte kan realiseras och innebär därmed ett hinder för en fortsatt vindkraftsutbyggnad i Sverige. Å andra sidan är en utgångspunkt för en hållbar vindkraftsutbyggnad att den sker med hänsyn till andra samhällsintressen, att hinderbelysningen kan ge upphov till störningar måste därmed respekteras och tas hänsyn till.

Möjliga åtgärder som identifierats för att hantera ovannämnda konflikt som kraven på högintensiv hinderbelysning aktualiserar och möjliggöra en fortsatt hållbar vindkraftsutbyggnad är antingen att tillåta behovsstyrd hinderbelysning eller att nationella föreskrifter och kraven på högintensiv hinderbelysning på vindkraftverk över 150 m i totalhöjd ändras.

Med anledning av Försvarmakten avstyrkan är det dock inte möjligt att medges dispens från nationella föreskrifter för att tillämpa behovsstyrd hinderbelysning. Därför bör inte behovsstyrd hinderbelysning ses som en lösning på konflikten inom en snar framtid då Försvarmakten bedömer att, i avvägningen mellan att begränsa störningar från hinderbelysningen och Försvarmaktens intressen, måste det senare prioriteras.

Däremot visar denna studie att nationella föreskrifter för hindermarkering av vindkraftverk är i en internationell jämförelse strängare. ICAO bedömer att medelintensivt hinderljus är en tillräcklig markering av vindkraftverk ända upp till 315 m i totalhöjd. I Norge och Finland finns samma krav på att högintensiv hinderljus ska tillämpas på vindkraftverk över 150 m i totalhöjd, men enligt dessa länders regelverk tillåts ytterligare åtgärder för att begränsa störningar från hinderbelysningen. Det krävs därmed en reglering av nationella föreskrifter, och Transportstyrelsen bör utreda möjligheterna att anpassa nationella föreskrifter till ICAO:s rekommendationer eller tillåta åtgärder för att begränsa påverkan från hinderbelysningen i enlighet med våra grannländers regelverk.

Samtidigt visar resultaten av denna studie att kunskapsunderlaget kring hur närboende faktiskt upplever hinderljusen är väldigt begränsad. Med hänsyn till vilken betydelse störningar från hinderbelysning har fått för tillståndsgivningen av nya vindkraftsprojekt finns ett påtagligt behov av fler studier som på ett systematiskt sätt undersöker vilka aspekter som inverkar på närboendes upplevda störning, både hinderbelysningens utformning och placering i landskapet men även hur försiktighetsåtgärder som reglering av ljusstyrkan och synkronisering av hinderljusen påverkar upplevelsen. Det krävs kvantitativa undersökningar och intervjuer med närboende för att utreda både om och varför högintensivt hinderljus upplevs som särskilt störande samt hur hinderbelysningen bör utformas och vilka försiktighetsåtgärder som kan vidtas för att begränsa störningar från hinderbelysningen.

Utöver detta visar genomförd fallstudie, trots vissa begränsningar, att det är möjligt att använda synbarhetsanalyser för att bedöma och beskriva hur hinderbelysningen påverkar omgivningen visuellt och i hur stor utsträckning som närboende kan komma

att störas av hinderljusen. Därmed kan synbarhetsanalyser ses som ett komplement till visualiseringar som i dagsläget används av vindkraftsprojektörer, och kan vara ett viktigt verktyg under tidig projekteringsfas för att kartlägga och analysera hinderbelysningens omgivningspåverkan så att lokalisering och utformning av vindkraften orsakar minsta intrång och olägenhet för närboendes hälsa och livsmiljö.

## Referenser

Badman D., 2021. *Vindkraftverk högre än 150 meter får ofta nej regler måste ändras*. NyTeknik. 20 oktober 2021. <https://www.nyteknik.se/opinion/vindkraftverk-hogre-an-150-meter-far-ofta-nej-regler-maste-andras-7022914> [2021-10-21]

Bergström D. 2014. *Marknadsbeskrivning. Svensk Vindenergi. - Dispensförfarande för tänd- och släcksystem*. Rejlers Sverige AB. Version E – Svensk Vindenergi 2014-12-11. Tillgänglig: [http://www.svenskvindenergi.org/wp-content/blogs.dir/11/files/2014/12/Marknadsbeskrivning\\_SV.pdf](http://www.svenskvindenergi.org/wp-content/blogs.dir/11/files/2014/12/Marknadsbeskrivning_SV.pdf)

Bolin K., Hammarlund K., Mels T. och Westlund H., 2021. *Vindkraftens påverkan på människors intressen. Uppdaterade syntesrapport 2021*. Vindval rapport 7013. Stockholm: Naturvårdsverket.

Boverket, 2009a. *Vindkraften och landskapet – att analysera förutsättningar och utforma anläggningar*. Karlskrona: Boverket.

Boverket, 2009b. *Vindkraftshandboken - Planering och prövning av vindkraftverk på land och i kustnära vattenområden*. Karlskrona: Boverket.

Die Bundesregierung, 2020. *Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen*. [http://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund\\_24042020\\_LF15.htm](http://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_24042020_LF15.htm) [2021-08-02]

Energimyndigheten, 2019. *100 procent förnybar el. Delrapport 2 - Scenarier, vägval och utmaningar* (Rapport 2019:06). Eskilstuna: Energimyndigheten.

Energimyndigheten, 2021a. *Vindkraftsstatistik*. <http://www.energimyndigheten.se/statistik/den-officiella-statistiken/statistikprodukter/vindkraftsstatistik/> [2021-05-18]

Energimyndigheten, 2021b. *Prognoser och scenarier - Kortsiktsprognos i siffror sommar 2021*. <http://www.energimyndigheten.se/statistik/prognoser-och-scenarier/?currentTab=0#mainheading> [2021-05-18]

Energimyndigheten, 2021c. *Scenarier över Sveriges energisystem 2020*. (Rapport 2021:6). Eskilstuna: Energimyndigheten.

Energimyndigheten, 2021d. *Skuggor, reflexer och ljus*. <https://www.energimyndigheten.se/fornybart/vindkraft/vindlov/planering-och-tillstand/stora-anlaggningar/inledande-skede-stora-anlaggningar/halsa-och-sakerhet/skuggor-reflexer-och-ljus/> [2021-06-01]

Energimyndigheten & Naturvårdsverket, 2021a. *Nationell strategi för en hållbar vindkraftsutbyggnad*. (Rapport 2021:2). Eskilstuna: Energimyndigheten.

Energimyndigheten & Naturvårdsverket, 2021b. *Nulägesbeskrivning - vindkraftens förutsättningar. Underlag till Nationell strategi för en hållbar vindkraftsutbyggnad*. Eskilstuna: Energimyndigheten.

E.ON, 2021. *Nyheter - E.ONs verksamheter inom förnybar produktion överförs till RWE*.

<https://www.eon.se/nyheter/e-ons-verksamheter-inom-foerneybar-produktion-oeverfoers-till-rwe> [2021-07-16]

Försvarsdepartementet, 2021. *Regleringsbrev för budgetåret 2021 avseende Försvarsmakten*. Stockholm: Regeringskansliet.

Försvarsmakten, u.å. *Flyghinderanmälan*.

<https://www.forsvarsmakten.se/sv/information-och-fakta/forsvarsmakten-i-samhallet/tillstand-och-anmalan/flyghinderanmalan/> [2021-06-01]

Försvarsmakten, 2021a. *Försvarsmakten positiv till samverkan om vindkraft*.

<https://www.forsvarsmakten.se/sv/aktuellt/2021/10/forsvarsmakten-positiv-till-samverkan-om-vindkraft/> [2021-10-31]

ICAO, 2016. *Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation. Aerodromes — Volume I, Aerodrome Design and Operations*. 6<sup>th</sup> edition, July 2016.

ICAO, u.å.a *The History of ICAO and the Chicago Convention*.

<https://www.icao.int/about-icao/History/Pages/default.aspx> [2021-06-12]

ICAO, u.å.b. *About ICAO*

<https://www.icao.int/about-icao/Pages/default.aspx> [2021-06-12]

Infrastrukturdepartementet, 2020. *Sveriges integrerade nationella energi- och klimatplan*. Stockholm: Regeringen.

<https://www.regeringen.se/48edd1/globalassets/regeringen/dokument/sveriges-integrerade-nationella-energi-och-klimatplan-enligt-forordning-eu-2018-1999.pdf> [2021-07-16]

Infrastrukturdepartementet, 2021. *Regleringsbrev för budgetåret 2021 avseende Transportstyrelsen*. Stockholm: Regeringskansliet.

<https://www.esv.se/statsliggaren/regleringsbrev/?RBID=21884>

Lantmäteriet, 2021a. *Höjddata, grid 50+*.

<https://www.lantmateriet.se/sv/Kartor-och-geografisk-information/geodataprodukt/produktlista/hojddata-grid-50/#steg=1> [2021-09-12]

Lantmäteriet, 2021b. *Fastighetskartan*.

<https://www.lantmateriet.se/sv/Kartor-och-geografisk-information/geodataprodukt/produktlista/fastighetskartan/> [2021-09-14]

Lantz, A. (2013). *Intervjumetodik*. 3. uppl. Lund: Studentlitteratur

Lovdata, 2020. *Forskrift om ändring i forskrift om rapportering, registrering och merking av luftfartshinder. FOR-2014-07-15-980*. Tillgänglig: <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2020-10-16-2068> [2021-11-01]

Lovdata. 2021. *Forskrift om rapportering, registrering och merking av luftfartshinder. FOR-2014-07-15-980*. Tillgänglig: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2014-07-15-980> [2021-11-01]

Naturvårdsverket, 2020a. *Siktanalyser*.  
<https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning/Miljobedomningar/Geografisk-information-GIS/Siktanalyser/> [2021-05-20]

Naturvårdsverket, 2020b. *Insekters attraktion till färger och hinderbelysning på vindkraftverk*. (Rapport 6847) Stockholm: Naturvårdsverket.

Obelux, u.å. *LED Aviation obstruction light*.  
<https://www.obelux.com/en/solutions/led-aviation-obstruction-light> [2021-11-01]

Olsson, K., 2013. *Vindkraftljud i vildmarken, djupintervjuer med boende runt en stor vindkraftpark*. Stockholms Universitet, Psykologiska Institutionen.

Olsson, R., 2014. *Studiehandledning - Vindkraft på rätt plats*. Stockholm: Naturskyddsföreningen & Studieförbundet.

Pohl, J., Hübner, G., Mohs, A., 2012. *Acceptance and stress effects of aircraft obstruction markings of wind turbines*. Energy Policy, Volume 50, pp. 592-600.

Pohl, J., Gabriel, J., Hübner, G., 2018. *Understanding stress effects of wind turbine noise – The integrated approach*. Energy Policy, Volume 112, pp. 119-128.

Regeringskansliet (2021). *Regleringsbrev för 2021*.  
<https://www.regeringen.se/regerings-politik/regleringsbrev-for-2021/> [2021-10-24]

Rudolph, D., Kirkegaard, J., Lyhne, I., Clausen, N-E., Kørnøv, L., 2017. *Spoiled darkness? Sense of place and annoyance over obstruction lights from the world's largest wind turbine test centre in Denmark*. Energy Research & Social Science, Volume 25, pp. 80-90.

SCB, 2021. *Tabeller och diagram. Statistiska tätorter 2018, befolkning, landareal, befolkningstäthet per tätort*. Publicerad 2021-03-23 [www.scb.se/M10810](http://www.scb.se/M10810) [2021-09-18]

Skogsstyrelsen, 2021a. *Skogliga grunddata*  
<https://www.skogsstyrelsen.se/skogligagrunddata> [2021-09-12]

Skogsstyrelsen, 2021b. *Avverkningsanmälningar*  
<https://www.skogsstyrelsen.se/statistik/statistik-efter-amne/avverkningsanmalningar/> [2021-09-12]

SOU M2020:07. *En rättssäker vindkraftsprövning. Statens offentliga utredningar. Stockholm.*

SFS 2010:770. *Luffartsförordning. Regeringskansliet. Stockholm.*

Svensk Vindenergi, u.å. *Lista över publika projekt 2017-2032.*

<https://svenskvindenergi.org/wp-content/uploads/2020/12/Ny-vindkraft-2017-2023-2020-12-02.pdf> [2021-09-10]

Svensk Vindenergi & Svensk Vindkraftförening, 2019. *Svensk Vindenergis och Svensk Vindkraftförenings synpunkter beträffande omremiss av förslag till ändring av TSFS 2010:155 – om markering av hinder som kan utgöra en fara för luftfarten och om flyghinderanmälan.*

<https://svenskvindenergi.org/wp-content/uploads/2019/12/Svensk-Vindenergi-och-Svensk-Vindkraftsf%C3%B6renings-synpunkter-p%C3%A5-Transportstyrelsens-omremiss.pdf> [2021-06-02]

Svevind & Energimyndigheten, 2011. *Tornhöjd 138 m och hinderbelysning Teknikutveckling och enkätstudie. Dnr 2008-001220. Tillgänglig:*

<https://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/framjande-av-vindkraft/vindpilotprojekt/tornhojd-138-m-och-hinderbelysning.pdf>

Traficom (Transport- och kommunikationsverket), 2020. *Anvisning för dagmarkering av vindkraftverk, för flyghinderljus och för gruppering av ljusen. Tillgänglig:*

[https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/Anvisning%20f%C3%B6r%20dagmarkering%20av%20vindkraftverk%2C%20f%C3%B6r%20flyghinderljus%20och%20f%C3%B6r%20gruppering%20av%20ljusen\\_07SEP2020.pdf](https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/Anvisning%20f%C3%B6r%20dagmarkering%20av%20vindkraftverk%2C%20f%C3%B6r%20flyghinderljus%20och%20f%C3%B6r%20gruppering%20av%20ljusen_07SEP2020.pdf)

Transportstyrelsen, 2010. *Flygtendenser. Statistik, analys och information från Transportstyrelsen. Tema ICAO.*

[https://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/publikationer/luftfart/flygtenden-ser/flygtendenser\\_nr3\\_2010\\_tema\\_icao\\_1100127.pdf](https://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/publikationer/luftfart/flygtenden-ser/flygtendenser_nr3_2010_tema_icao_1100127.pdf) [2021-06-12]

Transportstyrelsen, 2016a. *Flyghinder*

<https://www.transportstyrelsen.se/sv/luftfart/flygplatser-flygtrafiktjanst-och-luftrum/flyghinder/> [2021-05-19]

Transportstyrelsen, 2016b. *Medgivande om undantag (Hindermarkering)*

<https://www.transportstyrelsen.se/sv/luftfart/flygplatser-flygtrafiktjanst-och-luftrum/flyghinder/medgivande-om-undantag-hindermarkering/> [2021-06-10]

Transportstyrelsen, 2019. *Konsekvensutredning av Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om markering av föremål som kan utgöra en fara för luftfarten och om flyghinderanmälan. Dnr/Beteckning TSF 2018-143. Tillgänglig:*

[https://www.regelradet.se/wp-content/files\\_mf/1552645423RR\\_2019\\_20.PDF](https://www.regelradet.se/wp-content/files_mf/1552645423RR_2019_20.PDF)

Transportstyrelsen, 2020. *Remissammanställning. Dnr/Beteckning 2018-143.*

Tillgänglig:

<https://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/regler/remisser/luftfart/omremiss-flyghinder/remissammanstallning-externremiss.pdf>

Transportstyrelsen, 2021. *Internationellt arbete – luftfart*.  
<https://www.transportstyrelsen.se/sv/Regler/Regler-for-luftfart/Internationellt-arbete-luftfart/> [2021-06-12]

TSFS 2014:71. *Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om trafikregler för luftfart*. Transportstyrelsens föfattningssamling. Luftfart.

TSFS 2020:59. *Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om trafikregler för luftfart*. Transportstyrelsens föfattningssamling. Luftfart.

TSFS 2020:88. *Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om markering av föremål som kan utgöra en fara för luftfarten och om flyghinderanmälan*. Transportstyrelsens föfattningssamling. Luftfart.

Unger Larson C., 2017. *Krav på behovsstyrd hinderbelysning på vindkraftverk går ej att uppfyllas*. Svensk Vindenergi. <https://svenskvindenergi.org/wp-content/uploads/2017/08/Behovsstyrd-hinderbelysning.pdf> [2021-05-19]

Vattenfall, 2013. *Kompletteringar av ansökan om tillstånd för etablering av vindkraftsanläggning vid Grönhult, Tranemo och Gislaveds kommuner*, dnr. 551-41713-12. Tillgänglig: [https://group.vattenfall.com/se/siteassets/sverige/var-verksamhet/vindprojekt/gronhult/20131031\\_kompletteringsskrivelse\\_gronhult.pdf](https://group.vattenfall.com/se/siteassets/sverige/var-verksamhet/vindprojekt/gronhult/20131031_kompletteringsskrivelse_gronhult.pdf)

Vestas, 2017. *Vestas Company News. 14:14 19 May 2017. Vestas IntelliLight® launches in the U.S.*  
[https://www.vestas.com/en/media/company-news?y=2017&l=150&n=3482321#!grid\\_0\\_content\\_0\\_Container](https://www.vestas.com/en/media/company-news?y=2017&l=150&n=3482321#!grid_0_content_0_Container) [2021-05-19]

Vindbrukskollen, u.å. *Vindlovs karttjänst Vindbrukskollen*.  
<https://vbk.lansstyrelsen.se/> [2021-10-01]

Westander H. & Henryson J., 2020. *Det kommunala vetot – En statistikbaserad promemoria om kommuners tillstyrkande och veto avseende vindkraftsansökningar*. Westander Klimat och Energi.

ÅF Infrastructure AB, 2012. *Ansökan om dispens enligt TSFS 2010:155 §33 för vindkraftpark Stamåsen*. Tillgänglig:  
[https://bergstromsservice.se/hinderljusrapport/DISPENS/Dispensans%c3%b6kan\\_EXEMPEL001.pdf](https://bergstromsservice.se/hinderljusrapport/DISPENS/Dispensans%c3%b6kan_EXEMPEL001.pdf)

## **Personlig kommunikation**

Fagerström, Göran. Miljöhandläggare vid Länsstyrelsen i Hallands län, videosamtal, 2021.08.21.

Berling, Niclas. Transportstyrelsen, Ansvarsområde Flygplatsföreskrifter, certifikat för flygplatser eller tillsyn av flygplatser, mailkontakt, 2021.06.16, 2021.07.02, 2021.08.24.

Engström, Staffan. Ägir konsult AB, mailkontakt, 2021.08.25, 2021.09.25.

Willoch, Daniel. Policyrådgivare på norska vindkraftföreningen (NORWEA), videosamtal och mailkontakt, 2021.06.02, 2021.06.09.

Paalatie, Heidi,, 2021. Operativ chef på finska vindkraftföreningen (FWPA), mailkontakt, 2021.10.18.



## Bilagor

### Bilaga 1. Intervjufrågor till vindkraftsprojektörer

Nedan återges intervjufrågorna som skickades till vindkraftsprojektörerna. I Tabell 11 presenteras utvalda representanter hos de sex vindkraftsprojektörer som har flest nya MW under 2017-2023 enligt statistik från Svensk Vindenergi (Svensk Vindenergi, u.å), samt vilket datum svar på frågorna erhöles alternativt när videosamtal genomfördes.

Urvalet är baserat på statistik från Svensk Vindenergi i vilket publika nya projekt under 2017-2023 och antal MW finns angivet (Svensk Vindenergi, u.å).

1. Hur hanterar ni påverkan från hinderbelysning under projektering?
2. Har ni någon specifik metod för att bedöma/beskriva effekterna av hinderbelysningen? T.ex. Visualiseringsmetoder (fotomontage/animeringar som innefattar hinderljusen) eller siktanalyser (kartläggning av områden där hinderljusen är teoretiskt synbara)
3. Används samma metod i alla era projekt, eller skiljer de sig åt från projekt till projekt? Om de skiljer sig, varför och på vilket sätt?
4. Ser ni några begränsningar med hur ert företag hanterar påverkan från hinderbelysningen och görs något för att förbättra/komplettera denna begränsning?
5. Anser ni att utvecklingen med högre verk och kravet på högintensiv hinderbelysning påverkar ert sätt att arbeta? Om ja, på vilket sätt?

Tabell 11. Utvalda representanter hos de sex vindkraftsprojektörer som har flest nya MW under 2017-2023 (Svensk Vindenergi, u.å), samt vilket datum svar på frågorna erhöles alternativt när videosamtal genomfördes.

Vindkraftsprojektör	Antal MW	Representant hos bolaget	Datum
Svevind	1422	Kristina Falk & Caroline Lindh	2021-09-23 & 2021-09-27
OX2	1026	Kristina Jämting & Pontus Dahl	2021-10-13 (videosamtal)
Eolus Vind	596	Magnus Kullberg	2021-09-21 (videosamtal)
RES Renewable	286	Elin Gibson & Gerda Gatenheim	Inga svar mottagits
Stena Renewable	476	Hanna Rydberg	2021-09-20
RWE Renewable	475	Frida Godet & Tomas Sjödalh	2021-10-22

### Bilaga 2. Vindkraftsparkernas lokalisering och fördelning av låg- respektive högintensivt hinderbelysning

Vindkraftsverkens lokalisering och fördelning av låg- respektive högintensiv hinderbelysning presenteras i Tabell 12 för Stengårdsholma och Tabell 13 för Villköl. Hindermarkeringen är enligt Transportstyrelsens föreskrifter (TSFS 2020:88) där

endast vindkraftverken i parkernas yttre gräns är markerade med högintensivt hinderljus (HI-INT), resterande vindkraftverk är markerade med lågintensivt hinderljus (LO-INT).

Tabell 12. Koordinater för Stengårdsholma vindkraftspark och fördelning av låg- respektive högintensivt hinderbelysning.

<b>Stengårdsholma 10xV90 HH125m</b>		
Vindkraftverk (ID)	Hinderljusstyp	Koordinater (RT90)
STE A01	HI-INT	X: 6297332
		Y: 1492173
STE A02	LO-INT	X: 6297826
		Y: 1491868
STE A03	LO-INT	X: 6298467
		Y: 1491372
STE A04	HI-INT	X: 6298800
		Y: 1490872
STE A05	LO-INT	X: 6299390
		Y: 1490730
STE A06	LO-INT	X: 6299849
		Y: 1490695
STE A07	HI-INT	X: 6300484
		Y: 1490813
STE A08	LO-INT	X: 6300210
		Y: 1491167
STE A09	LO-INT	X: 6300878
		Y: 1491191
STE A10	HI-INT	X: 6300603
		Y: 1491727

Tabell 13. Koordinater för Villköl vindkraftspark och fördelning av låg- respektive högintensiv hinderbelysning

<b>Villköl 7xV112 HH 119m</b>		
Vindkraftverk (ID)	Hinderljusstyp	Koordinater (RT90)
VKA A01	HI-INT	X: 6307681
		Y: 1495331
VKA A02	LO-INT	X: 6306579
		Y: 1496207
VKA A03	HI-INT	X: 6306722
		Y: 1495782

VKA A04	LO-INT	X: 6307839
		Y: 1495595
VKA A05	LO-INT	X: 6308186
		Y: 1495149
VKA A06	LO-INT	X: 6308508
		Y: 1494693
VKA A07	HI-INT	X: 6308860
		Y: 1494287

### Bilaga 3. Transportstyrelsens beslut avseende dispensansökningar för tillämpning av behovsstyrd hinderbelysning

I Tabell 14 presenteras en sammanställning på både beviljade respektive avslagna dispensansökningar för tillämpning av behovsstyrd hinderbelysning. Besluten mottogs via mail den 2 juli 2021 och 24 augusti 2021 av Niclas Berling på Transportstyrelsen.

Tabell 14. Sammanställning av både beviljade respektive avslagna dispensansökningar för tillämpning av behovsstyrd hinderbelysning.

Referens	System	Ärendenummer	TS beslut datum	Ärende reg. datum	Ärende kommentarer	Avslagits	Beviljats
1	Siktstyrd	TSL 2018-1419	2018-04-01	2018-02-26	Ansökan om undantag hindermarkering Jenåsen, Eolus. Dimmas mer än föreskrifterna - kompenseras ej enligt TS.	X	
2	Radarstyrd	TSL 2018-5702	2018-10-30	2018-08-17	Ansökan om undantag från hinderbelysning, Enviksbergets. Radar, hänvisning till FM yttrande från 2016 (update aug 2018).	X	
3	Radarstyrd	TSL 2018-5445	2018-10-30	2018-08-02	Ansökan om undantag från hinderbelysning. Radar, hänvisning till FM yttrande från 2016 (update aug 2018).	X	
4	Radar- & Siktstyrd	TSL 2019-7972	2020-01-07	2019-11-26	Ansökan om undantag för hindermarkering, Björkvattnet Vindpark. Både radar och sikt (andra hand siktsystem). hänvisning till FM yttrande från 2016 (update aug 2018). Försvarsmakten kan inte heller tillstyrka att hinderbelysning utrustas med så kallade siktsystem som innebär att hinderbelysningen kan dimmas vid god sikt. Detta gäller såväl hinder generellt som vindkraftverk.	X	

5	Siktstyrd	TSL 2020-5326	2020-09-17	2020-08-20	Ansökan om undantag för hindermarkering, Björnberget Vindkraft AB. siktsystem, hänvisning till FM yttrande från 2016 (update aug 2018).	X	
6	Radarstyrd	TSL 2019-7107	2020-01-07	2019-10-17	Ansökan om undantag för hinderbelysning. Radar, hänvisning till FM yttrande från 2016 (update aug 2018)	X	
7	Radarstyrd	TSL 2019-7779	2020-01-09	2019-11-13	Ansökan om undantag för hindermarkering, Skaffåsen vindkraftpark. Radar, hänvisning till FM yttrande från 2016 (update aug 2018)	X	
8	Siktstyrd	TSL 2021-1633	2021-05-18	2021-03-17	Ansökan om undantag för hindermarkering, Tomasliden. siktsystem, lite annorlunda formulering	X	
9	Siktstyrd	TSL 2021-1216	2021-04-08	2021-02-26	Ansökan om undantag för hindermarkering, Gubbaberget Vindkraft AB. siktsystem, hänvisning till FM yttrande från 2016 (update aug 2018)	X	
10	Radarstyrd	TSL 2018-1335	2018-06-15	2018-02-22	Ansökan om dispens för användande av radarstyrd hinderbelysning, vindpark Valhalla	X	
11	Siktstyrd	TSL 2018-4974	2018-07-10	2018-07-02	Ansökan om undantag från hinderbelysning, Bröcklingberget	X	
12	Radarstyrd	TSL 2018-5445	2018-10-30	2018-08-02	Ansökan om undantag från hinderbelysning. Radar, hänvisning till FM yttrande från 2016 (update aug 2018).	X	
13	Radarstyrd	TSL 2018-5702	2018-10-30	2018-08-17	Ansökan om undantag från hinderbelysning. Radar, hänvisning till FM yttrande från 2016 (update aug 2018)	X	
14	Radar- & Siktstyrd	TSL 2019-4573	2019-08-16	2019-06-18	Dispensansökan hinderbelysning. radar, sikt. hänvisning till FM yttrande från 2016 (update aug 2018)	X	
15	Radarstyrd	TSL 2019-7715	2020-02-06	2019-11-12	Dispensansökan för radarstyrt system för hinderbelysning vindkraft. Radar, hänvisning till FM yttrande från 2016	X	

					(update aug 2018)		
16	Transponderstyrd	TSL 2017-9181	2018-01-22	2017-12-28	Ansökan om undantag för hindermarkering - Vattenfall Vindkraft Sverige Ab, vindkraftsparkerna Grönhult. Transponder system, hänvisar till Statkraft SVA vind AB TSL 2012-5365. Tagit tillbaka ansökan,	X	
17	Radarstyrd	TSL 2017-4278	2017-10-27	2017-10-27	Ansökan om undantag från hinderbelysning Svartnäs. radar, Vestas, hänvisning till remissinstansernas svar (ej yttrandet)	X	
18	Radarstyrd	TSL 2017-335	2017-04-12	2017-01-13	Ansökan om dispens Munkflohögen med OCAS. radar, lite annorlunda formuleringar	X	
19	Radarstyrd	TSL 2017-278	2017-08-09	2017-01-13	Ansökan om dispens Räftejöhöjden med OCAS. radar, lite annorlunda formuleringar	X	
20	Radarstyrd	TSL 2016-6019	2017-01-25	2016-08-22	Dispens från föreskrifter om hinderbelysning Ava Vindkraft. Radar, Laufer winds system, hänvisning till remissinstanserna FM, etc. 2017	X	
21	Radarstyrd	TSL 2016-4351	2016-11-10	2016-06-10	Ansökan om dispens från TSFS 2010:155, markering av Råmsbergets vindkraftsanläggning med OCAS	X	
22	Radarstyrd	TSL 2015-7116	2017-02-02	2015-12-23	Märkning av Mombyåsen Vindpark med OCAS. Lite annorlunda formuleringar - Vestas ägare av systemet har besvarat FM	X	
23	Radarstyrd	TSL 2015-5132	2016-02-04	2015-09-30	Dispens för användning av behovsstyrd hinderbelysning i vindkraftpark Sörby. OCAS, hänvisning till FM men innan deras yttrande, annorlunda formuleringar	X	
24	Radarstyrd	TSL 2015-3082	2016-01-18	2015-06-12	Dispens för användning av behovsstyrd hinderbelysning i vindkraftpark Sörby	X	

25	Radarstyrd	TSL 2015-2765	2015-06-08	2015-05-27	Ansökan om dispens från TSFS 2010:155, markering av Rämsbergets vindkraftsanläggning med OCAS. Hänvisning till FM men annan anledning (inte tagit hänsyn till avgränsande vkp)	X	
26	Radarstyrd	TSL 2015-2108	2017-02-02	2015-04-24	Märkning av Brotorp vindkraftpark med OCAS. Hänvisning till FM yttrande från 2016, Vestas har bemött FM yttrande	X	
27	Radarstyrd	TSL 2014-4658	2016-01-18	2014-10-08	Undantag enligt TSFS 2010:155 33§ gällande hinderbelysning. OCAS, hänvisning till pågående utredning av FM	X	
28	Radarstyrd	TSL 2014-3332	2016-02-04	2014-07-11	Medgivande om undantag från TSFS 2010:155, hindermarkering av vindkraftpark Årjäng SV, Årjängs kommun. OCAS, hänvisning till pågående utredning av FM	X	
29	Radarstyrd	TSL 2014-3331	2016-02-04	2014-07-11	Medgivande om undantag från TSFS 2010:155, hindermarkering av vindkraftpark Årjäng NV, Årjängs kommun. OCAS, hänvisning till pågående utredning av FM	X	
30	Radarstyrd	TSL 2014-650	2016-08-05	2014-01-31	Ansökan om undantag enligt TSFS 2010:155 33 § gällande hinderbelysning, Grimsås OCAS & Enertrag airspex system, men ansökan ändras för att endast omfatta OCAS	X	
31	Radarstyrd	TSL 2013-2510	2014-03-05	2013-03-21	Hindermarkering av Villköl vindkraftsanläggning med RADAR OCAS. Säkerhetsprovdrift m.m.		X
32	Radarstyrd	TSL 2012-6368	2017-02-02	2012-12-19	Begäran om yttrande över möjligheten att använda DeTect Inc.system "Harrier" för upptändning av hinderljus.	X	
33	Radarstyrd	TSL 2016-8736	2017-02-02	2016-12-13	Begäran om yttrande över möjligheten att använda DeTect Inc.system "Harrier" för upptändning av hinderljus.	X	

34	Transponderstyrd	TSL 2012-5363	2013-09-16	2012-10-24	Ansökan om dispens enligt TSFS 2012:155 §33 för vindkraftpark Stamåsen. Transponder	X	
35	Radarstyrd	TSL 2012-1984	2013-02-15	2012-04-16	Ansökan om undantag från hinderbelysning, Jädraås Vindkraft AB. RADAR OCAS. Säkerhetsprovdrift m.m.		X
36	Radarstyrd	TSL 2011-3573	2012-01-18	2011-07-18	Ansökan om undantag från hinderbelysning, Näsudden. RADAR OCAS Säkerhetsprovdrift m.m.		X
37	Radarstyrd	TSL 2010-4231	2011-03-11	2011-03-10	Ansökan om undantag från hinderbelysning, Östra Herrestad vindkraftpark. RADAR OCAS. Säkerhetsprovdrift m.m.		X
39	Transponderstyrd	TSL 2021-917	2021-07-02	2021-02-11	Ansökan om undantag enligt TSFS 2020:88 för användning av ett transponderbaserat system för styrning av hinderljusen - Uljabuouda vindkraftpark	X	