

Rapport 2013:15



LÄNSSTYRELSEN
DALARNAS LÄN

Hur synliga är vindkraftverk
på långt avstånd?

Kontrastvärden för vindkraftstorn

Omslagsbild: Vindkraftverk i Siljanområdet. Foto: FOI.
Rapporten kan beställas från Länsstyrelsen Dalarna, telefon 023 8100. Den kan även laddas ned från Länsstyrelsen Dalarnas webbplats: www.lansstyrelsen.se/dalarna
Ingår i serien Rapporter från Länsstyrelsen i Dalarnas län, ISSN: 1654-7691.
Tryck: Länsstyrelsen Dalarnas tryckeri, september 2013.

Hur synliga är vindkraftverk på långt avstånd?

Kontrastvärden för vindkraftstorn i Siljanområdet

Författare: FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut
Kontakt: Lars Ingelström, länsarkitekt Dalarna



LÄNSSTYRELSEN
DALARNAS LÄN

Förord

Hur mycket syns vindkraftverk? Totalförsvarets Forskningsinstitut presenterar här en intressant och noga genomförd teknisk studie av hur synbara vindkraftverk är på långt avstånd (32 km) över Siljanområdet i Dalarna 2011/12. Studien är beställd av Dala Vind AB och Länsstyrelsen Dalarna och finansierad av Energimyndigheten.

För att diskutera resultatet bjöd Länsstyrelsen Dalarna och Dala Vind AB in till ett seminarium i maj 2013. Deltagare fanns representerade från FOI, Energimyndigheten, SMHI, Rättviks kommun, Mora kommun, Leksands kommun, Dala Vind AB, Länsstyrelsen Gävleborg och Länsstyrelsen Dalarna.

Resultat och slutsatser från seminariet var bland annat:

- Rapporten redovisar en kvantitativ bedömning av det visuella intrycket av kontrastverkan mellan vindkraftverk och dess bakgrund på 32 kilometers avstånd i Siljanområdet. Bedömningen har skett utifrån bilder som har tagits fram via fotografering var tionde minut under ett år. Resultatet kan tolkas som en övre gräns för vad som är möjligt att förnimma med en högkvalitativ kamerautrustning på detta långa avstånd. Den kamerautrustning som används har ca 12 ggr så hög förmåga att uppfatta detaljer jämfört med ett mänskligt öga. Möjligheterna att se vindkraftveken med blotta ögat är mindre än de resultat som redovisas i rapporten – hur mycket mindre kan inte bedömas utifrån den här undersökningen.
- Vädersituationen i Siljanområdet 2011/12 kan, efter jämförelse med många års väderstatistik från SMHI, bedömmas normal på det sättet att resultatet av synbarheten (kontrastverkan) som redovisas i projektet bör kunna användas som ett nytt och fördjupat kunskapsunderlag för att bättre förstå det visuella intrycket av vindkraftverk på långt avstånd i den här delen av landet.
- Synbarheten har betydelse för planering och prövning av vindkraftverk. Människors möjlighet att se och notera vindkraftverk tvärs över Siljanområdet varierar dock utifrån personliga förutsättningar, perceptioner och subjektiva värderingar.
- Synbarheten och upplevelsen av vindkraftverk påverkas av väderförhållanden och vindkraftverkens kontrast mot himlen, men nattetid också av vindkraftverkens belysning och andra anläggningars belysning som master, skidbackar, vägar mm.
- Att bygga upp systematisk och objektiv kunskap om hur boende och besökare noterar och upplever vindkraftverk i Siljanområdet skulle underlätta och bredda förståelsen av synbarhetens betydelse i planeringen.

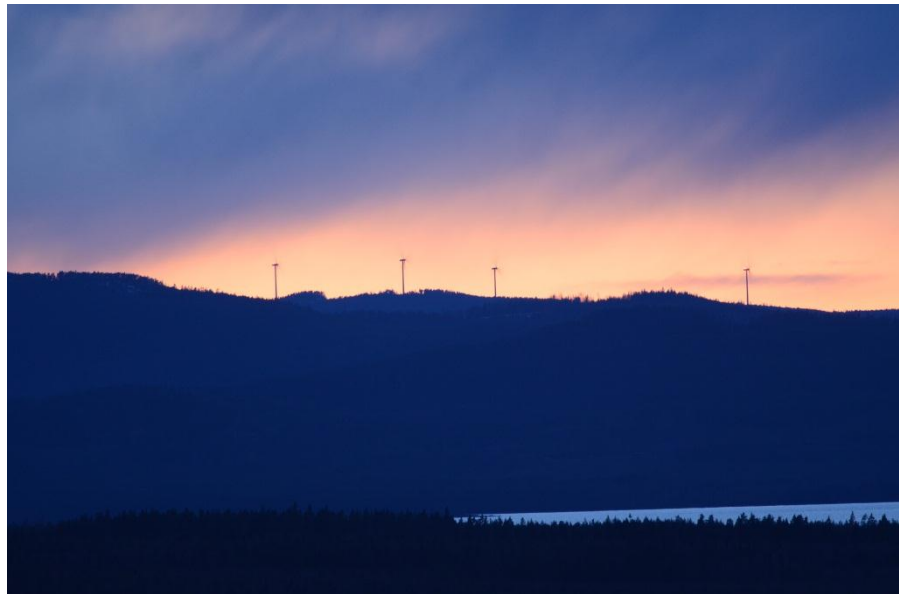
Falun i juni 2013.

Lars Ingelström Länsarkitekt, Länsstyrelsen Dalarna

Ove Gustafsson och Sebastian Möller

Kontrastvärden för vindkraftstorn

Hur synliga är vindkraftverk på långt avstånd?



Titel	Kontrastvärden för vindkraftstorn. Hur synliga är vindkraftverk på långt avstånd?
Title	Contrast values for wind turbine towers. How visible is wind turbine in the far distance?
Sidor/Pages	29 p
Månad/Month	Januari/January
Utgivningsår/Year	2013
Projektnr	E53391
Kund/Beställare	Energimyndigheten, Länsstyrelsen Dalarnas Län

FOI, Totalförsvarets Forskningsinstitut

Avdelningen för Informationssystem

Box 1165

581 11 Linköping

FOI, Swedish Defence Research Agency

Information Systems

Box 1165

SE-581 11 Linköping

Sammanfattning

Vindkraftverk påverkar det visuella intrycket av landskapet. I landskapsanalysen, framtagen av kommuner runt Siljan, begränsas utbyggnaden av vindkraft med bl.a. motiveringen att vindkraftverken kommer att synas för mycket. I syfte att underlätta bedömningen av det visuella intrycket av vindkraftverk har en vy över Siljan, från Tällberg mot höjdringen på andra sidan Siljan, fotograferats var tionde minut under ett års tid, med vissa avbrott (totalt 34727 bilder, dvs ca 65% av antalet möjliga). I fotografierna är fyra vindkraftsverk möjliga att se, tre av dem har använts i bedömningen av synbarhet.

I dokumentet redovisas en metod att bedöma synbarhet utifrån fotografier, mätsituation (plats och utrustning) samt analysmetoden och resultatet från analysen.

Enligt denna metod är vindkraftstornen möjliga att se i ca 48% av de analyserade bilder tagna under dagtid med den använda kamerautrustningen. Under sommarmånaderna var tornen möjliga att se i 49% av bilderna och motsvarande för vintermånaderna var 46%. I ca 66% av bilder tagna under natten är någon av de fyra vindkraftstornens röda lampor möjliga att se.

En slutsats av arbetet är att metoden att bedöma synbarhet i digitala fotografier och översätta den till motsvarande värde för ett normalt öga endast kan ge en övre gräns för synbarhet.

Nyckelord: synbarhet, vindkraftverk, sikt

Summary

Wind turbines affect the visual appearance of the landscape. The landscape analysis, developed by municipalities around Lake Siljan, limited expansion of wind power, due to the strong visual impression of wind turbine towers.

In order to facilitate the assessment of the visual impact of wind turbine a view, from Tällberg, over the ring of height on the other side of Lake Siljan, has been photographed every ten minutes for a year, with some interruptions (a total of 34,727 images, i.e. about 65% of the possible number). Four wind power plants are possible to see in the photos, three of them have been used in the assessment of visual impression.

This paper presents a method to assess visibility of wind turbine towers from photographs, measuring situation (location and equipment) as well as the analytical method and results of the analysis.

Using his method the wind turbine towers are possible to see in about 48% of analyzed images taken during daytime with the used camera equipment. During the summer months the towers were apparent in 49% of the images and the equivalent number for the winter months was 46%. In about 66% of the pictures, taken during the night, was at least one red warning light possible to see on the four wind turbine towers.

One conclusion of this work is that the method to assess the visibility of digital photographs and translate it into the equivalent of a normal eye can only provide an upper limit for visual appearance.

Keywords: wind turbine towers, visual appearance

Innehåll

1	Inledning	7
1.1	Syfte, metod och målsättning.....	7
1.2	Deltagare.....	8
2	Metodik	9
3	Mätupställning och utrustning	10
3.1	Mätplats.....	10
3.2	Mätsituation.....	12
3.2.1	Mätning av kontrasten.....	12
3.2.2	Kamera och optik.....	13
3.2.3	Detektoregenskap.....	15
4	Analys	18
4.1	Bildanalys.....	18
4.2	Väder.....	22
5	Resultat	24
6	Diskussion	26
7	Slutsatser	28
8	Referenser	29

1 Inledning

Vindkraftverk påverkar det visuella intrycket av det landskap de befinner sig i. Hur detta påverkar boendemiljön och den enskilda individen varierar och kan i hög grad knytas till subjektiva känslor och bedömningar. Kommuner runt Siljan har i sina vindbruksplaner bl.a. undantagit delar av randbergen på Siljans västra sida för fortsatt utbyggnad av vindkraft med bl.a. motiveringen att vindkraftverken kommer att synas för mycket och att de därigenom verkar menligt på och kommer att riskera att skada boendemiljön och den viktiga besöksnäringen. Till stöd för sina beslut hänvisar kommunerna till den landskapsanalys för Siljansområdet som tagits fram under 2009 och som till stora delar handlar om visuella effekter¹.

I landskapsanalysen anges bland annat att visuella intrycket påverkas och förändras av hur vi rör oss i landskapet (avstånd), landskapets färgskala (årstiderna), varifrån ljuset faller och hur starkt det är (dygnets tidpunkt) samt vädret. Landmärken dvs de karaktäristiska objekt som finns i landskapet (naturliga eller byggnader) som är synliga på långt avstånd påverkar intrycket av landskapet. Vindkraftsverk är en modern typ av landmärken. Landmärkenas visuella intryck påverkas kraftigt av objektens kontrast mot bakgrunden. Kontrasten påverkas av objektens och omgivningens färg och av atmosfärens förändring av kontrasten. I landskapsanalysen anges att sikten är längre än 3 mil under mer än hälften av årets dagar. Under sommarmånaderna uppges att sikten är längre än 3 mil under 70 % av tiden. De exempel på konstruerade fotomontage som används tillsammans med statistik över sikten behöver inte ge en rättvisande bild av kontrastförhållandet mellan landmärken och omgivningen. Mätning av kontrasten mellan vindkraftstorn och dess bakgrund kan dels ge en uppfattning om kopplingen mellan sikten och kontrasten samt ge en kvalitativ uppfattning om synbarheten som en del av det visuella intrycket av dessa vindkraftverk.

I syfte att underlätta bedömningen av visuella intrycket av vindkraftverk har en vy över Siljan, från Tällberg mot höjdringen på andra sidan Siljan, fotograferats var tionde minut under ett års tid. I vy finns Sälträdbergets vindkraftpark och de fyra nordligaste vindkraftsverken på Skuruberget används i analysen. Under året har 34727 fotografier tagits och analyserats för att skapa något mer grund för bedömningen av hur ofta vindkraftverk kommer att vara möjlig att se (synbarheten). Av antalet möjliga exponeringar under året genomfördes cirka 65%. Fotograferingen har skett automatiskt genom tidsinställd kamera som var fast monterad och inriktad. Det gör att fotografierna är slumpmässiga, i förhållande till väderförhållande som molnighet och ljusförhållanden och i den mån att ingen människa har deltagit i själva valet av fotoögonblick. Eftersom fotograferingen skett dygnet runt finns både natt och dagbilder medtagna.

Denna rapport redogörs för en studie som behandlar förutsättningarna för analys av de bilder som tagits. I redogörelsen rapporteras för metoden att uppskatta kontrasten mellan bakgrund och vindkraftstorn med hjälp av fotografier, kamerautrustningen, metoden att analysera fotografierna numeriskt, resultat, diskussion om begränsningar i metoden samt några slutsatser dragna utifrån resultatet.

1.1 Syfte, metod och målsättning

Syfte

Att genom kontrastmätningar få en kvantitativ bedömning av faktorer som påverkar visuella intrycket av vindkraftsverken (landmärken) i landskapet.

Metod

Att med fotografisk metod bedöma kontrasten mellan vindkraftverkstornen och bakgrund, både himmelsbakgrunden och skogsbakgrunden. För ändamålet har vindkraftsverk placerade i Sälträdbergets vindkraftpark fotograferats från Green Hotel, Tällberg, med ett avstånd på ca 32 km i västlig riktning. Fotograferingen planerades att pågå under ca 1 år varefter bilderna analyseras med avseende på kontrast och sikt.

Målsättning

Mätningen skall resultera i en kvantitativ bedömning av kontrasten mellan vindkraftstorn och bakgrund för långa avstånd. Resultatet kan ligga till grund för bedömning av det visuella intrycket. Målsättningen är att resultat och metod kommer att vara applicerbart på andra liknande platser vid frågeställningar kring synbarhet över stora avstånd.

1.2 Deltagare

I mätningen har följande parter deltagit med olika aktiviteter och olika finansiering:

Green Hotel, Tällberg, på vars västervägg utrustningen för fotograferingen monterades.

O₂ Vindkompaniet, som äger vindkraftverken i Säliträdbergets vindkraftpark har givit samtycke till fotografering och uppsättande av en referensyta för fotograferingen på ett vindkraftverk.

DalaVind har i enligt med FOI's önskemål installerat, driftsatt och underhållit fotoutrustningen med lagringsutrustning för bilder, anskaffat och monterat referensytan på vindkraftverk.

Försvarets Forsknings Institut (FOI), har ställt krav på fotografiska utrustningens prestanda samt analyserat bildmaterialet.

Författarna framför sitt tack till alla som har tillmötesgått, underlättat och även hjälp för att studien skulle kunna genomföras.

Analysen av fotograferingen och denna rapport har finansierats till lika delar av Energimyndigheten samt Länsstyrelsen i Dalarna.

2 Metodik

Kontrasten mellan ett objekt och dess omgivning kan beskrivas utifrån luminansrelationen, fotometriska motsvarigheten till radians, mellan objektet och dess omgivning eller bakgrund. För visuella system, dvs för system som arbetar med strålning i det visuella våglängdsområdet, kan egenstrålningen negligeras, med undantag för olika typer av lampor. Det betyder att hänsyn tas endast till reflekterat ljus och ljus som sprids in i det optiska systemet från omgivningen, exempelvis atmosfären. Ett objekt, vilket som helst, kommer att reflektera strålning som tillsammans med reflekterad strålning från atmosfärens partiklar ger en luminans.

Skillnaden mellan ett objekts luminans och luminansen från omgivande objekt eller bakgrunden ger upphov till en kontrast. Skiljer sig luminansen från omgivningen eller bakgrunden från objektets (landmärkets) luminansen kommer objektet uppfattas. Luminansen hos objektet kan vara både högre och lägre än bakgrundens. I det första fallet ser vi objektet i det andra fallet ser vi siluetten, typiskt vid motljusfotografering. Kontrasten mellan ett mörkt objekt och ljus bakgrund kan vara minst lika stor som när tornet är ljus och bakgrunden mörkare. Luminansen påverkas av atmosfärsdämpningen mellan betraktaren och objektet. Detta gör att kontrasten minskar på långa avstånd.

Genom att fotografera vindkraftstornen kan uppfattning om kontrast mellan tornen och bakgrund fås momentant. Med digitaliserade bilder eller digitalfotografering kan dessutom intensitetsvärden för objekt och bakgrunder användas för en relativ numerisk analys.

Vindkraftsverkens synbarhet är beroende av deras kontrast till bakgrunden. För att ha en stabil bild att jämföra med har studien koncentrerats mot att jämföra luminansen från vindkraftstornens yta gentemot bakgrunden, kontrasten mellan torn och bakgrund. Eftersom vindkraftsverken står på en höjd och kamerauppställningen befinner sig på en något lägre nivå kommer vindkraftstornen att ha himmel som bakgrund.

Människans känslighet att reagera på rörelser (speciellt i människans perifera seende) har inte analyserats eller behandlats. Då avstånden till vindkraftverken är stora kommer vingarnas rörelse uppta en mycket liten del av synfältet. Detta gör att rörelsen betydelse för att uppfatta vindkraftverken på dessa avstånd är obefintliga.

I modeller för öga-hjärn-system beskrivs människans impulsrespons, av vissa, med spatiell-temporär funktion, vars temporära del kan separeras från spatialdelen. Med andra ord kan rörelsen i en enkel approximation hanteras separat.

3 Mätuppställning och utrustning

Mätningen av kontrasten mellan torn och bakgrund skedde genom fotografering. Här beskrivs mätplast, mätsituation, kamera och optik liksom något om bildformat och billdata.

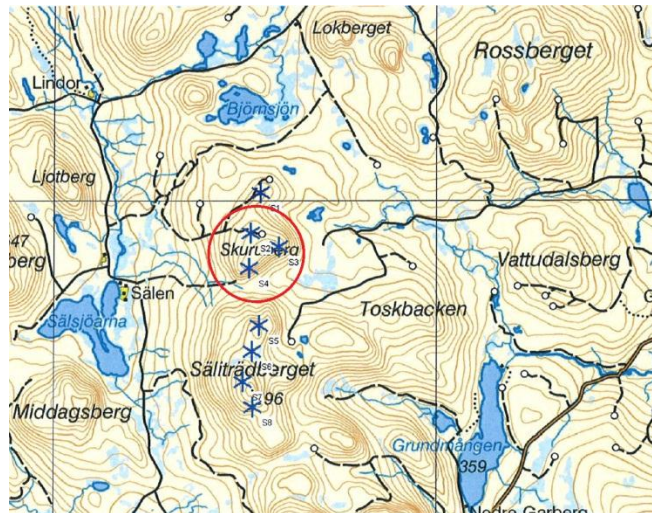
3.1 Mätplats

Den visuella kontrasten hos vindkraftverket S3, Skuruberget, har undersökts från Green Hotel i Tällberg. Siktsträckan går i västlig riktning över delvis Siljan och delvis över skogsområden med varierad skog. Skuruberget ligger ca 23km sydsydväst om Mora. Sträckan från Green Hotel, Tällberg till vindkraftverket S3 på Skurubergets östra kant är ca 32 km se Figur 1 och Figur 2. Green Hotel ligger ca 250m över havet och vindkraftverket är placerat på en höjd ca 507 m.ö.h. Längs sträckan varierar markens höjd över havet, med lägsta punkt på sjön Siljans vattenyta som är 164m.ö.h. till högsta nivån där vindkraftverket är placerat.



Figur 1. Sträckan mellan vindkraftverket S3, Skuruberget, och Hotel Green, Tällberg, inritad i en bild hämtad från Google Map.

Figur 2 visar placeringen av alla vindkraftverk i Skurubergs- och Säliträdområdet. De fyra nordligaste vindkraftverken är de verk som syns i de bilder som fotograferats. Av dessa har de tre södra tornen använts för analysen.



Figur 2. Kartutsnitt som visar vindkraftverkens placering på Skuruberg, bild från DalaVind AB.

Utrustning för fotografering monterades högt upp på västerväggen hos Green Hotel, Tällberg. Utrustning för att lagra digitala bilderna på en server med möjlighet att kontrollera funktionen över internet installerades i närheten av kameran. Det högt belägna hotellet och den höga installationen av utrustningen gav en störningsfri utsikt mot väster ut över Siljan med omnejd.

I Figur 3 visas vyn fotograferad med digitalkameran med normal optik (fokallängd 40 mm) sett från Green Hotel. Avståndet till Skuruberg är så långt att synvinkeln måste begränsas för att det skall vara möjligt att mäta kontrasten. I bilden markerar den röda ramen det utsnitt av vyn som fotograferades med kamera med lång fokallängd under ett år. I bilden syns höjderna med den typiska blåförskjutningen av färgskalan.



Figur 3. Vy från Hotell Green, Tällberg, mot vindkraftverken vid Skuruberg ca 23 km sydsydväst Mora, fotograferat med optik med 40mm fokallängd (ungefär motsvarande en människas synfält). Den röda ramen visar motsvarande utsnitt som fotograferades med utrustningen under ett år.

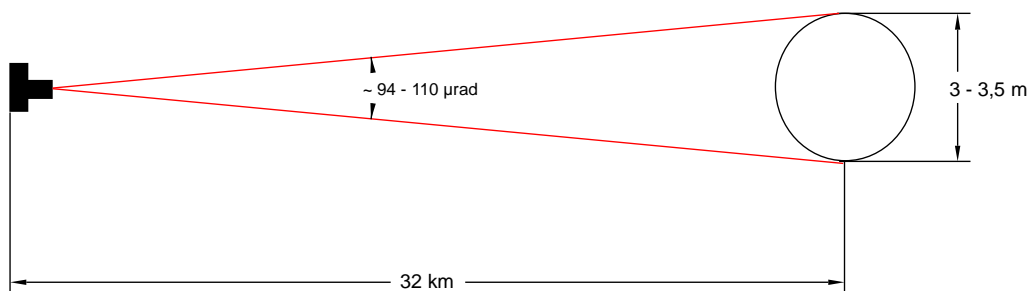
Flygplatsen i Mora är ca 16,7 km norr om sträckan mellan Tällberg och Skuruberg. Då området påverkas kraftigt temperatur och vädermässigt av sjön Siljan kan Mora flygplats

användas som indikator på variationen av väder för perioden. Flygplats är ca 180 m över havet medan Siljans vattenyta är ca 164 m över havet.

Då ingen egen väderstation har monterats längs sträckan har väderdata hämtats från Mora flygplats som i stort kan räknas inom samma geografiska område. Det har inte gått att få direkta avläsningar av väderdata från flygplatsen under mätperioden men däremot har prognosdata för Mora flygplats erhållits. Dessa data innehåller inte siktförhållanden men de vanliga väderparametrarna.

3.2 Mätsituation

Fotograferingen över Siljan producerade bilder som visar fyra vindkraftsverk på relativt långt avstånd. En principskiss av uppställningen visas i Figur 4, med kameran inriktad mot kraftverkstorn (cirkeln motsvarar tornet sett uppifrån). Avståndet mellan kamera och kraftverkstorn är 32 km, tornets diameter är 3 – 3,5 m beroende på höjden. Det gör att kameran skall upplösa ca 94-110 μ rad (ca $0,005^\circ$ – $0,006^\circ$).



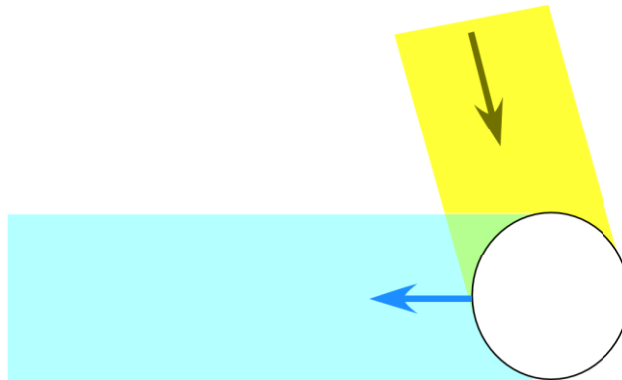
Figur 4. Principskiss över mätuppställningen vilken visar den vinkel som vindkraftstornet kommer att ha på avstånd 32 km.

Vid en jämförelse så anses ett öga med god synskärpa (eng. acuity) på 1 – 2 ha möjlighet² att urskilja mönster eller detaljer som har en vinkelupplösning på ca 0,5 - 1 bågminuter[5, 6] (motsvarande ca 150 – 300 μ rad). Det betyder att ett friskt öga kommer att ha svårt att urskilja ett vindkraftstorn på det avstånd som avses utan hjälpmedel som exempelvis kikare.

3.2.1 Mätning av kontrasten

En viktig faktor i bedömningen av hur ofta en människa har möjlighet att se ett objekt, här vindkraftstorn, är kontrasten mellan objektet och dess bakgrund. Kontrast kan mätas genom att mäta intensiteten av reflekterat ljus från tornet och från bakgrunden. Kontrasten är kvoten mellan dessa intensiteter. Genom att fotografera tornen och dess bakgrund med digital kamera kan en uppskattning av kontrasten genomföras. Det förutsätter att detektorerna (bildsensorn) är tillräckligt linjär inom ett luminansintervall, responsen skall vara linjärt proportionellt mot infallande ljusmängd för att lämna användbara data. I kameror kan exponeringstiden och aperturstorleken varieras för att är i möjligaste mån arbeta i linjära responsintervallet hos detektorn.

Kamerans automatiska exponeringskontroll ställer in exponeringstid och lämplig bländare för att bildsensorn skall få tillräckligt mycket ljus för att generera en bild. Digitalkameror registrerar bilden elektroniskt liksom den registrerar vald exponeringstid och bländare. Genom att mäta exponeringsnivån i bilddata samtidigt använda justering av exponeringen på grund av val av exponeringstid och apertur kan ett relativt stort luminansintervall uppskattas. Eftersom endast det relativa luminansvärdet är av intresse behöver inte den absoluta belysningsnivå bestämmas.



Figur 5. Skiss över belysnings fallet av vindkraftstornet

En uppskattning av sikten (synbarheten) kan göras genom att uppskatta kontrastskillnaden mellan en vit och svart yta. Normeras kontrastskillnaden på kort avstånd kan man anta att atmosfärens dämpande inverkan på kontrasten är det enda som påverkar vid registrering på långa avstånd. Kontrastskillnaden mellan ytorna sjunker när dessa ytor flyttas till långt avstånd gentemot betraktaren. Om ytorna flyttats till ett avstånd så att kontrastskillnaden sjunkit till 5% alternativt 2% sägs avståndet motsvara siktvärdet³. De två olika procentsatserna beror på att den meteorologiska världsorganisationen (WMO) valde ett värde medan många militära organisationer vanligtvis arbetar med ett annat kontrastvärde. Det handlar om olika organisationers bedömning av människors möjlighet att bedöma små kontrastskillnader. Genom att jämföra kontrasten mellan en vit och svart yta som belyses på liknande sätt kan sikten uppskattas under förutsättning av att en normering av ytornas luminans skett.

Kraftverkstornen är målade i en ljus färg som kan användas för kontrastmätningar. På tornet finns en mörk yta, bestående av en svart vinyl, fäst med magneter. Skärmen är 2,4 hög och 5 m lång. Då tornets radie är ca 1,5 – 1,7 m en bit upp kommer omkretsen vara kring 9,4 – 10,7 m vilket innebär att 5 m kommer att täcka ca halva omkretsen. Den mörka skärmen fästs runt själva tornet vilket ger en krökt yta, mot vilken kontrasten kan mätas.

Vid starkt solsken från sidan kan delar av tornen ge en positiv kontrast medan den andra sidan kan ge en negativ kontrast. Det är vanligt att kontrastnivån på de olika sidorna är olika höga.

3.2.2 Kamera och optik

Vid fotograferingen av vindkraftstornen används en Nikon D7000 kamera med en s.k. APS-C sensor med 16 Megapixlar (dvs. 16 miljoner bildpunkter). Kameror med APS-C sensorer har en s.k. förlängningsfaktor av fokallängden hos optiken gentemot vad motsvarande optik skulle ha i kamera med en fullformatsensor (dvs. sensor med samma storlek som en småbildsfilm, s.k. 135 mm film). Nikon D7000 kamerans förlängningsfaktor är 1,5. En Nikon 300/4D, med 300 mm fokallängd (småbild) och med största bländare av f/4, användes som lins till kameran. Även en Nikon telekonverter med förstoringen 1,4× användes tillsammans med optiken. Detta gör att EXIF informationen uppger fokallängd på 420 mm men systemet har en total fokallängd motsvarande 630 mm (jämfört med småbildskamera), med optik, förlängningsfaktor och teleförlängare inräknat.



Figur 6. Kamera med optik som användes vid insamlingen av bilder över vy från Hotel Green.

Kameran med optik behövde kunna leverera bilder med minst 5 helst 10 detektorpunkter (pixar) tvärs på bredden av vindkraftstornet för att analysen skulle kunna genomföras med rimliga svårigheter. Detta var kravsättande för både kamera och optik, på grund av det stora avståndet till tornen.

I dessa mätningar är upplösningen inte i sig betydelsefull men antalet bildpunkter som kommer att täcka de ytor som skall mätas får inte vara för få. Det ställer kravet på vilken bildvinkel som kan accepteras. Bildvinkeln, θ , hos ett kamerasystem är beroende av dels detektorstorleken, d , och dels av optikens fokallängd, f , enligt

$$\theta = 2 \cdot \arctan\left(\frac{d/2}{f}\right)$$

Detektorn hos Nikon D7000 kameran är $23,6 \times 15,7$ mm samt ger bilder med ca 4928×3264 bildpunkter. Hela bildvinkeln hos kamerasystemet är $37,5 \times 24,9$ mrad ($2,15 \times 1,43^\circ$) i horisontell respektive vertikal led. Det momentana (spatiella) upplösningen (eng. instantaneous field of view, IFOV) för kamerasystemet är $7,6$ μ rad, både horisontellt och vertikalt.

Om antalet bildpunkter som genererar bilden antas ligga ekvidistant och om man antar att alla bildpunkter som används till ljusinsamling finns inom detektorarean så kommer avståndet mellan detektorelementen (pixlarna) vara ca $4,8$ μ m (exakt vilken yta som ett detektorelement täcker är inte känt av oss).

Det gör att projektionen av avståndet mellan detektorelement på vindkraftstornen är separerade med ca $0,24$ m. Därigenom kan antalet detektorelement som kommer att rymmas bestämmas enkelt. Antag att ca halva skärmen på vindkraftstornet ($2,50$ m) kommer att ha lämplig vinkel gentemot kameran. Det innebär att ca 10 bildelement kommer täcka den sträckan.

3.2.2.1 Kontroll och inställning av kameran

Kameran kontrollerades av en PC som styrde fotograferingen samt sparade bilderna på en hårddisk (server). Detta gjordes för att kameran skulle kunna användas under en längre tid utan att någon behövde spara bilderna manuellt.

Nikons kontrollprogram för PC, som är anpassat till deras kameror, heter Camera Control Pro 2 stöder även WiFi styrning. Dessa kontrollprogram kan ställa in kameran samt

exponera och lagra bilderna med vissa tidsintervall. Den typen av program är en förutsättning för att genomföra denna typ av fotografering.

Kamerans automatiska inställning av bländare, tid och känslighet användes. I inställningen av kamerans känslighet, dvs iso-värdet, samt dess exponeringstid användes begränsningar uppåt. Detta då kameran är optimerad att ge bäst dynamik och bildegenskap vid ca 200 iso, begränsades känsligheten till 720 iso. Högre iso-värden bedömdes ge för brusiga bilder som skulle resultera i svårigheter vid analysen. Dessutom begränsades kamerans exponeringstid till max 1 s.

Kamerans vitbalans var inställd på sol eller dagsljus, dvs använde inte den automatiska inställningen. När bilderna spara i s.k. råformat kan vitbalansen justeras i efterhand, vilket är ett argument för att använda rå-format när man spara bilden. Formatet jpg använder inställd vitbalans vilket kan ge konstiga färger i vissa situationer men en fast exempelvis dagsljus-inställningen är osäkerheten mindre.

Det vanligaste bildformatet hos digitala kameror är jpg-formatet, vilket använder 8 bitar som betyder att det finns 256 intensitetsnivåer i signalen. Detta ger en ganska begränsad dynamik i vid fotografering. Kameran ställdes in på automatisk inställning av bländare, tid och känslighetsvärde (ISO värdet) vilket ger en väsentligt ökad dynamik i mätsituationen. Komprimeringen som görs i kameran för att skapa jpg-bilden kan skapa artefakter i bilden, exempelvis så kan jämnfärgade ytor i bilden beskrivas komprimerat i formatet för att spara datautrymme. Detta kan leda till eftersökta mätdata förloras. Det finns flera komprimeringsgrader i jpg-formatet vilket kan leda till olika mycket deformation av bilddata.

Varje kameramärke har någon typ av råformat som vanligen är kameran specifik. Dessa format ger ofta 12 eller 14 bitar vilket ger en betydligt bättre dynamik och därmed noggrannhet. Nikon använder olika beteckningar kallar sina rå-format, exempelvis Nikon har extinktionen .nef. I det råa bildformatet görs ingen komprimering och inga data kastas bort men har till följd att bildfilerna blir stora, ofta mer än tre gånger större än jpg bildfilerna.

Kamerans inställningar som bländartal, slutartid och känslighetsvärden, samt annan information som till exempel tid (enligt kamerans klocka), typ av kamera och optik, finns lagrade i EXIF informationen i varje digital bild. Dessa data används vid analysen.

Bildformatet ställdes in för minsta komprimering i JPG samt största bildstorleken för att spara så mycket information som möjligt och att alla bildpunkter skall registreras var och en för sig. Vid varje fotografering sparades både JPG- och rå-format för att ge möjlighet att analysera båda formaten.

3.2.3 Detektoregenskap

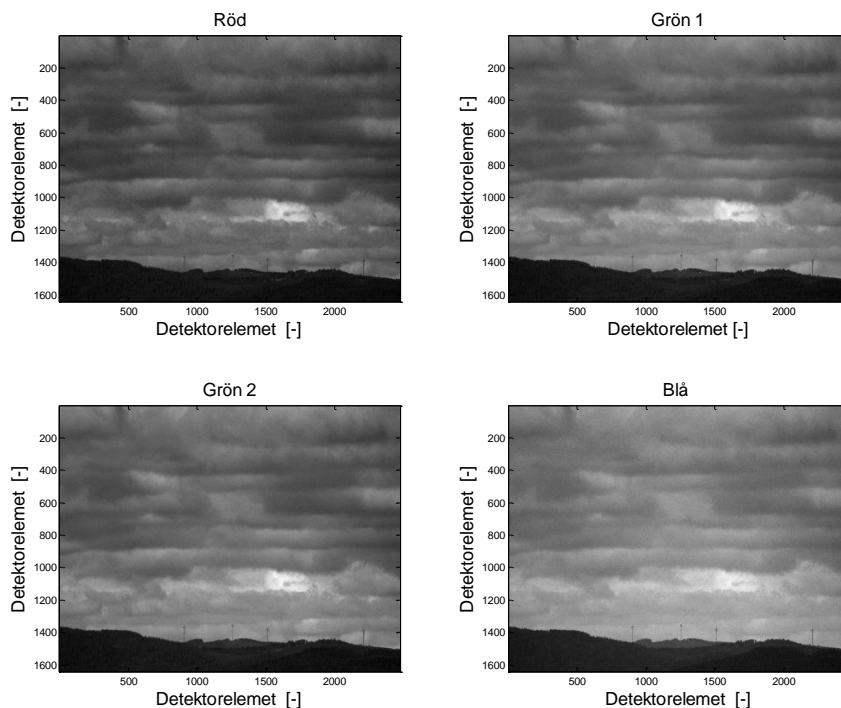
Detektorn i en digital kamera är känslig för ett brett våglängdsområde inom det visuella och nära infraröda våglängdsområdet. Framför varje detektorelement finns ett färgfilter i antingen rött, grönt eller blått. Färgfiltren är fördelade över detektorelementen så 50% av elementen har grönt färgfilter, 25% av elementen har antingen rött och resten har blått färgfilter. Detta är gjort så för att likna människans ögas färgkänslighet, då ögat är ungefär dubbelt så känslig för gröna färger som för rött eller blått.

Nikon-kamerans färgfilter framför detektorn är så fördelat att i första raden av detektorelement, räkningen börjar längst upp till vänster i bilden, kommer att ha rött filter nästa element i raden kommer att vara grönt sedan rött etc växelvis. Nästa rad kommer att börja med ett grönt färgfilter följt av blått, grönt, blått etc. I Figur 7 illustreras konfigureringen av färgfilter enligt den beskrivna metoden.

r	g	r	g	r	g	r	g	r	g
g	b	g	b	g	b	g	b	g	b
r	g	r	g	r	g	r	g	r	g
g	b	g	b	g	b	g	b	g	b
r	g	r	g	r	g	r	g	r	g
g	b	g	b	g	b	g	b	g	b
r	g	r	g	r	g	r	g	r	g
g	b	g	b	g	b	g	b	g	b

Figur 7. Beskrivning av färgfilterpositionerna framför detektorn i den använda Nikon kameran. I bilden visas även hur signalen från olika detektorelement kan kombineras för att ge färgegenskaperna i fyra olika pixlar i färgbilden.

I kameran mäts mängden strålning som träffar detektorerna efter att passerat färgfiltren. Varje pixel i kamerans färgbild är uppbyggd informationen från fyra närliggande detektorsignaler, två gröna en röd och en blå detektorsignal. Genom att använda signalen från samma detektorelement vid bildandet av fyra pixlar i olika kombinationer kommer antalet pixlar vara lika stort som antalet detektorelement minus det antalet detektorelement som finns i en rad eller en kolumn. Exempelvis på en möjlig kombination av detektor kombinationer för att skapa mätvärden för fyra detektorer se Figur 7.



Figur 8. Exempel på intensiteten hos de olika detektorerna sorterad efter vilket filter som sitter framför detektorelementet. Antalet bildpunkter är i varje bild endast en fjärdedel av ursprungsbildens antal bildelement.

I denna analys användes intensitetbilden vilket motsvarar en svart-vit variant av aktuell bild och den röda delen av RGB-bilden. Intensitetsbilden är skapad av RGB-bilden genom att på ett normerat sätt väga samman intensiteten i RGB-bildens kanaler.

4 Analys

Målsättningen med bildanalysen är att skaffa sig en uppfattning om på hur många av bilderna vindkraftstornen är urskiljbara gentemot bakgrunden. Fotograferingen användes som medel för att samla material för att i efterhand kunna analysera situationen (synbarheten) samt även för att få ett numeriskt värde på möjligheten att se tornen.

Sex exponeringar genomfördes varje timme dygnet runt räknat från mitten av juli 2011 till mitten juli 2012, med undantag för tillfällena stopp på grund av problem med utrustningen. Bilddata med både rå och jpg-filer motsvarade en datamängd på nästan 700 GB.

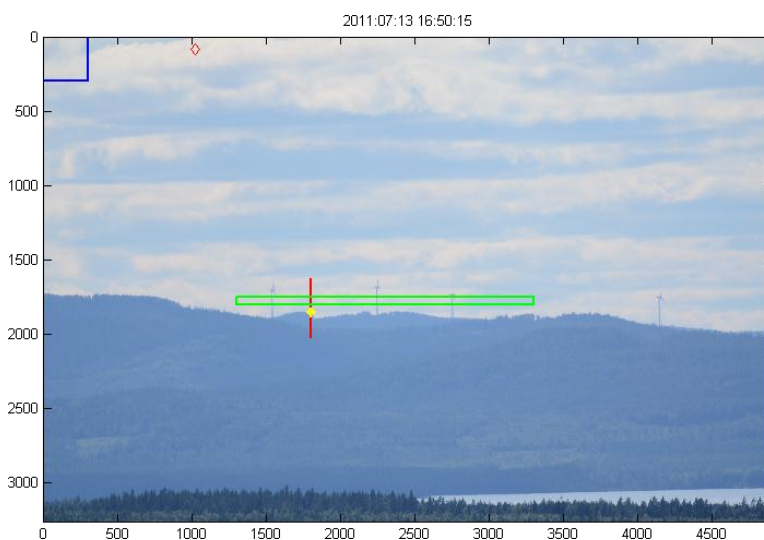
Eftersom antalet bilder är mycket stort (nära 35tusen bilder) kommer det ta orimligt lång tid att titta på varje bild samt notera om man ser vindkraftstornen eller inte. Det tar även tid att manuellt mäta värdet för luminans (relativt luminans) i digitala bilder. Därför har en algoritm skapats som implementerats i MatLab för att ur varje bild extrahera användbara värden.

Att skapa en enkel och stabil metod för att analysera bilderna visade sig ge svårigheter som vi inte till fullo insåg innan mätningarna. Fortfarande efter första serien med bilder insågs inte svårigheterna. Det gjorde att en enkel sökalgoritm skapades för att bestämma var i bilden som mätningen skulle ske.

4.1 Bildanalys

I analysen av bilderna delades bilderna upp beroende på ljusnivån. Bilder fotograferade under förhållanden som har tillräckligt mycket ljus, för att vindkraftstornen skall vara möjliga att se, dessa bilder kallas härefter för dagbilder. De bilder där ljusnivå är så låg att det inte är möjligt att se vindkraftstornen, kallas nattbilder. Dessa bilder har behandlats för sig och har inte tagits med kontrastbedömningen.

Den övergripande analysen består av bedömning av intensitetsnivåer i olika fält i bilden, för att med hjälp av dessa fastställa ett kontrastvärde mellan bakgrund och torn. I Figur 9 visas de olika fälten som användes i analysen på olika sätt. De områden som avses är; en blå ram (kallas område 1) längst upp till vänster i bilden, en röd linje någon stans mitt i bilden, en gul punkt på röda linjen, en grön ruta som skär den röda linjen samt en röd diamant någonstans i bilden.



Figur 9. Analysområden visade i en bild från 2011-07-13 kl 16:50. Siffrorna i vänster- och nedkant är enbart en numrering av bildpunkterna (pixlar).

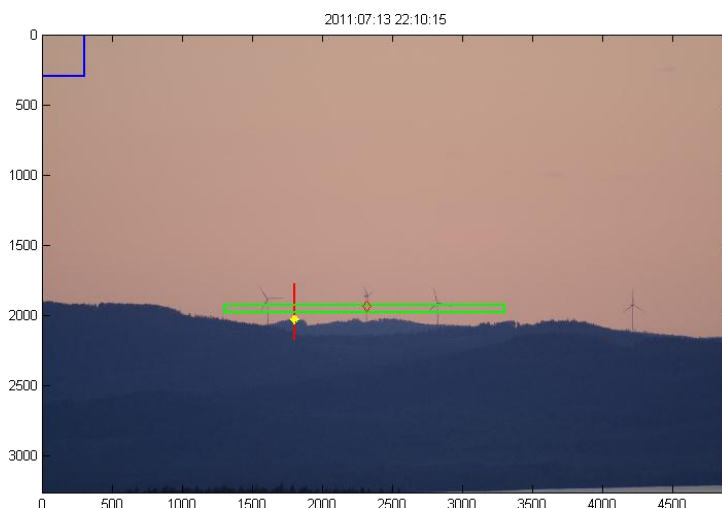
Innanför den blå ramen (område 1) beräknas medelvärdet av intensiteten, pixelvärdena multiplicerat med en faktor, nivåjustering. Nivåjusteringen är en normering av kamerainställningarna för bländarvärdet, exponeringstiden samt känslighetsvärdet. Intensitetsvärdet ger exempelvis information om det är dag eller natt. I det området görs även en beräkning av medelvärdet av den röda kanalen (RGB-bildens röda intensitetsvärden), information som används tillsammans med maxvärdet i den röda kanalen.

Den röda linjen i bilden visar profilen som används för att hitta horisonten i bilden. Den gula punkten markerar var algoritmen valt att placera horisonten i höjddled på den röda linjen och i bilden. Då kamerans synfält vandrar beroende på uppvärmning av den väggen som kamera satt fastskruvad på fås en bildvandring som till en del följer dygnsrytmen. Kameran har också flyttats något lite i riktning vid ett antal tillfällen, vid underhåll och avtanking av data. Därför är profilen praktisk för att hitta horisonten. En viss rörelse i sidled sker även momentant och kontinuerligt varierande (på grund av värmerörelser). Sidorörelserna har kunna kompenseras genom att öka bredden på det fönster som mäter kontrasten över tornet. Den röda linjen begränsades för att undvika problem med stora kontrastskillnader som uppträder vid moln, som av algoritmen skulle kunna uppfattas som horisonten, eller då dålig sikt ger svårigheter att bestämma någon kontrast alls.

En grön ruta (kallas område 2) markerar över vilket område som kontrasten undersöks. Pixelvärden hämtade från området i den gröna rutan medelvärdesbildas i höjddled över 50 linjer samt multiplicerat med den ovan nämnda nivåjusteringsfaktorn.

Det finns skillnader i dag och nattbilder som exempelvis gör att det är orimligt att söka kontrastvärdet för kraftverkstornet relativt bakgrunden för nattbilder. Därför användes området som beskrivs av den röda diamanten. Genom att jämföra medelvärdet av rött (röda kanalen av RGB-bilden) i område 1 med maxvärdet i bilden som markeras av den röda diamanten kan en uppfattning om antalet tillfällen då de röda lamporna på tornen syns.

Analysen av bilderna genomfördes genom att färgbilden först omvandlades till intensitetsbild (dvs en svart-vit bild), sedan genomfördes beräkningarna på respektive område. Vid analysen av nattbilderna användes enbart den röda färgkanalen i RGB-bilden. Ytterligare ett exempel på bild med analysområden visas i Figur 10.

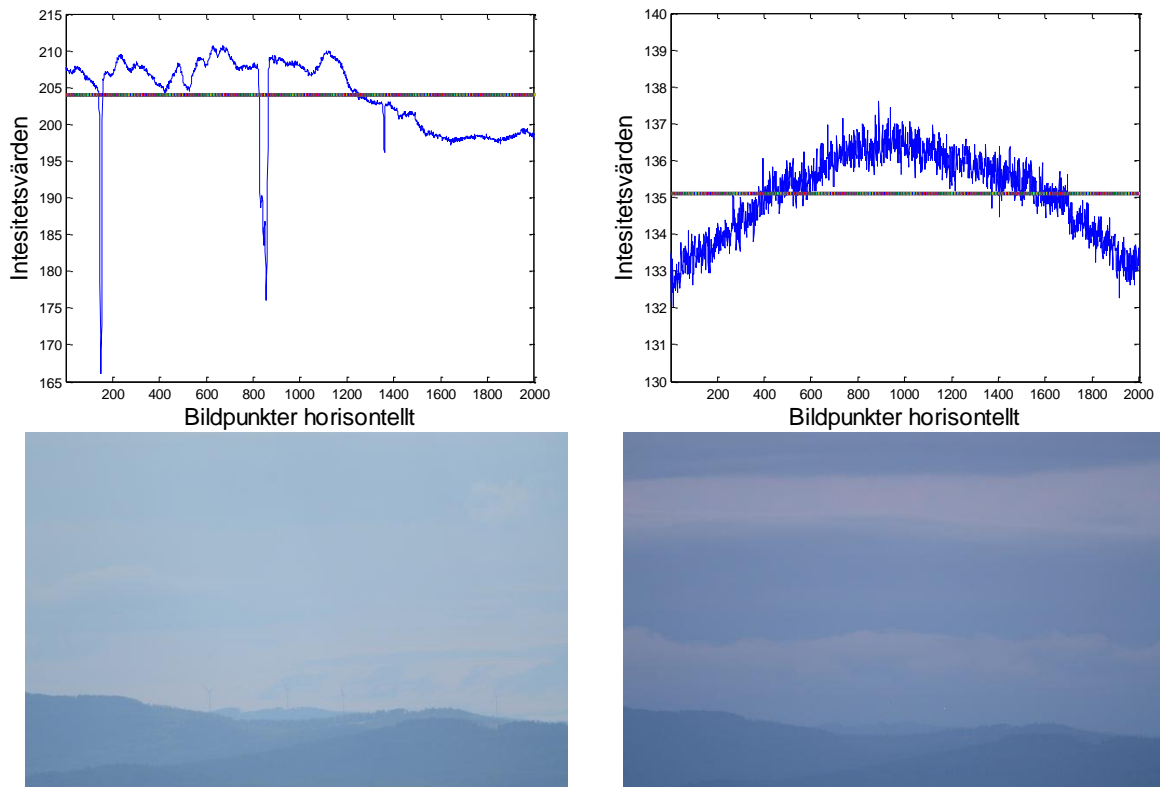


Figur 10. En variant av mätbuffert som visar kontrasten för tre torn i samma bild.

Det vertikala medelvärdet av område 2 (gröna rutan) används för att beräkna kontrastskillnaden mellan vindkraftstorn och bakgrund. Genom att titta på min eller max i förhållande till medelvärdet kan man skapa ett måttetal som är i relation till kontrasten. Eftersom det är relativa intensiteten mellan bakgrund och motsvarande värde på tornet behöver man inte hantera de olika bländar-, tids- och förstärkningsvärden som används i olika bilder. I Figur 11 visas kontrasten i den bild (t.v.) som togs i serien samt från tidig

morgon i slutet av den månaden (2011-07-30 04:30). Värdena som erhålls måste betraktas i relation tillvarandra men även till absoluta maximala relationen, som är 255.

I område 2 (grön ruta) kan upp till tre torn vara möjliga att urskiljas i vissa bilder. Några bilder kommer att inte innehålla alla vindkraftstornen men då frågan är om något torn kan urskiljas så räknas vindkraftstornen som möjliga att se.



Figur 11. Intensitetsvariationen i område 2 i en situation med soldisigt en eftermiddag i juli 2011 (t.v.) med en disig morgon 2011-07-30 kl 04:30. Horisontella linjen motsvarar medelvärdet för alla värden.

Detektorsignalen kan mätas genom att mäta respektive pixelvärde men hänsyn måste tas till kamerainställningen av bländaröppning, slutartid och iso-värde. Den justeringen görs genom att beräkna en kvot, LA eller *nivåjustering*, mellan dessa kameravärden för alla bilder i månaden enligt:

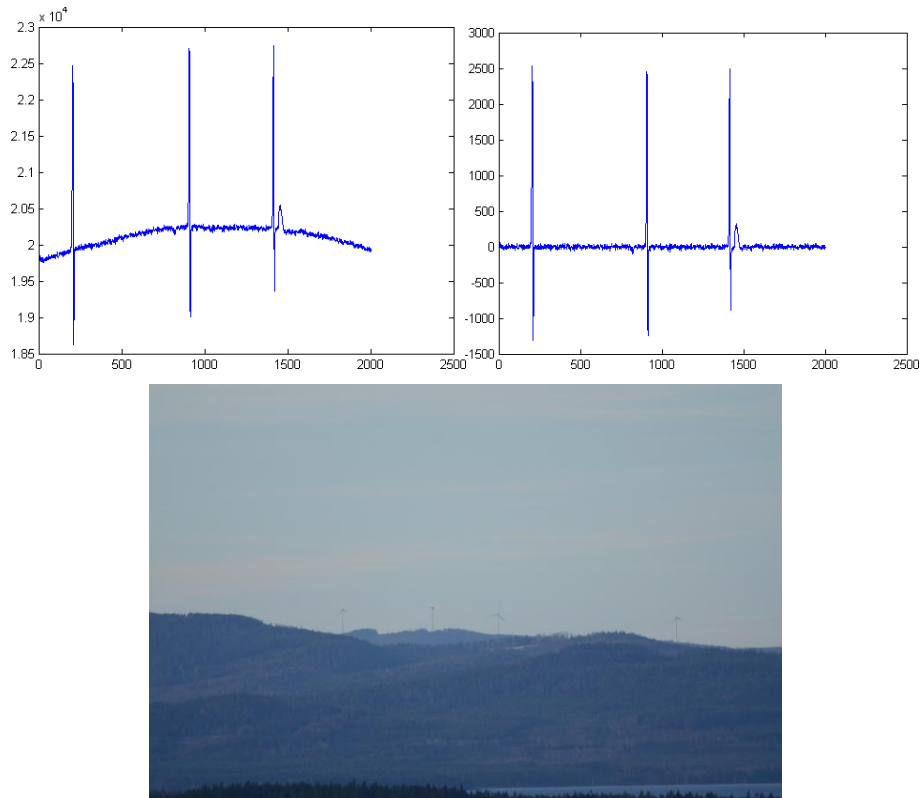
$$LA = \frac{(F/\#_n)^2}{t_n \cdot ISO_n}$$

Detta normerar pixelintensiteten för olika kamerainställningar vilket är en förutsättning för att kunna jämföra olika bilders pixelvärden.

Kontrastkurvor (se Figur 11) har analyserats genom att de har skalats med nivåjusteringen, LA , för att anpassa nivåerna med bländar, tids och detektorkänsligheten. Därefter har kurvorna högpasfilterats, för att minska inverkan av moln som ger oönskade kontraster, se Figur 12. Därefter har arean under den högpasfilterade kurvan beräknats. Detta värde, som något förenklat kan kallas för integrerade kontrastarean, indikerar ifall vindkraftstornen är möjliga att se. Genom att sedan tröskla arean med en minsta gräns, satt av möjligheten att detektera kontrastskillnaden mellan tornet och bakgrund, kan antalet bilder med urskiljbart vindkraftstorn bestämmas.

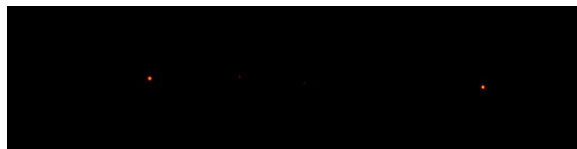
Värderingen av vilken tröskelnivå som skall användas har genomfört genom att studera ett antal slumpmässiga bilder och manuellt jämfört möjligheten att se vindkraftsverken i bilderna.

För att avgöra vilka bilder som fotograferats under natten eller vid en för låg ljusnivå utan att ljusnivån har mätts upp separat så har medelintensitet multiplicerat med nivåjusteringen, p.g.a. bländare, tid och känslighetsinställningen, bestämts för ett område i bilderna. Genom att sortera bilderna i medelintensitet kan andelen som har lägre intensitet är de med 60,5% högsta värdena sorteras bort. Året består av totalt 8760 timmar (räknat på 365 dagar) och under ca 60,5% av dessa timmar skulle ljusnivån kunna överstiga ca 1,6 lx (lm/m^2), beräknat för 60 breddgraden⁴. På grund av molnighet, dimma, snö och regn kommer den siffran vara något lägre. Genom detta har vi antagit att det är möjligt att se tornen något oftare än vad det är i verkligheten, alltså ett konservativt antagande.



Figur 12. Variationer som kommer av belysningssituationen eller moln tas effektivt bort med högpasfilteringen. Original kontrastkurva uppe till vänster och högpasfilterad kurva uppe till höger. Under kurvorna visas bilden som kontrasten är beräknad. Värt att notera är att man ser både positiv och negativ kontrast eftersom solen belyser den vänstra sidan av tornet och den högra ligger i skugga. Även en vinge från det tredje tornet (från vänster) har kommit med i beräkningarna.

För nattbilderna är det synbarheten hos de röda flygvarningslamporna som beräknas genom att ta kontrasten mellan röd kanal i område 1 och den punkt i bilden som högsta värde i den röda färgkanalen (diamanten i analysbilderna i Figur 13). Detta ger oss en fingervisning av hur pass ofta flygvarningslamporna syns under nattetid.



Figur 13. De starkt lysande flygvarningslamporna under en klar natt.

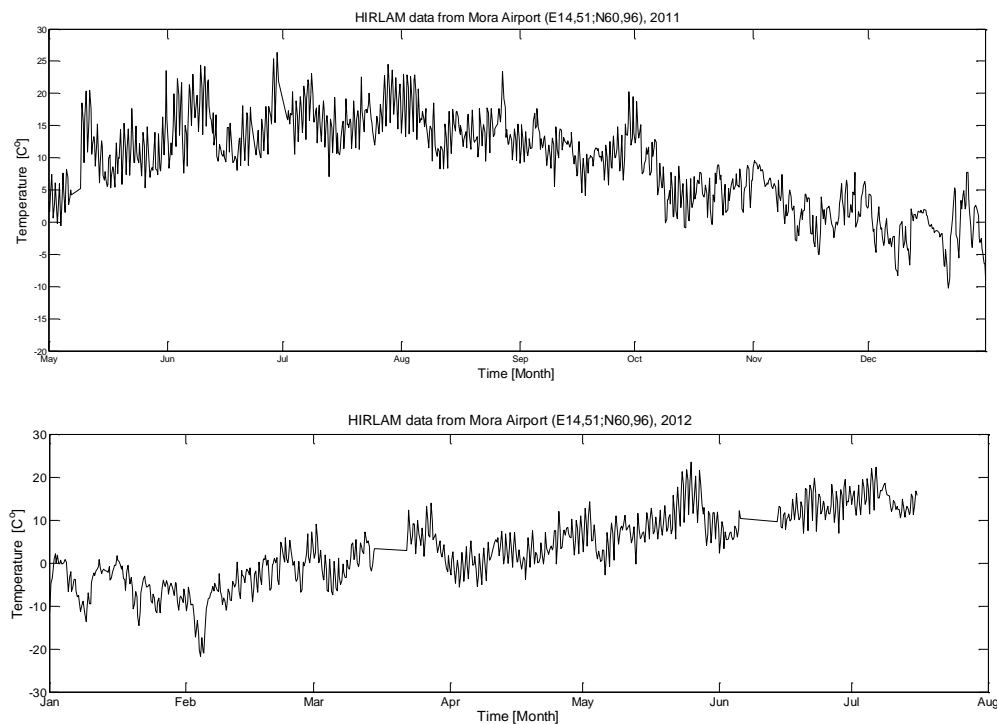
4.2 Väder

Vädersituationen under mätperioden registrerades inte specifikt genom mätning. Däremot har prognosdata samlats för flygplatsen i Mora, sk. HIRLAM 1D prognos. Platsen valdes för att den kan ge en anvisning om grundläggande väderparametrar för trakten. Start och landningsbanan på Mora flygplats ligger på ca 180m.ö.h. vilket endast är 16 m över Siljans medelnivå. Höjden över havet har exempelvis betydelse för lufttrycket.

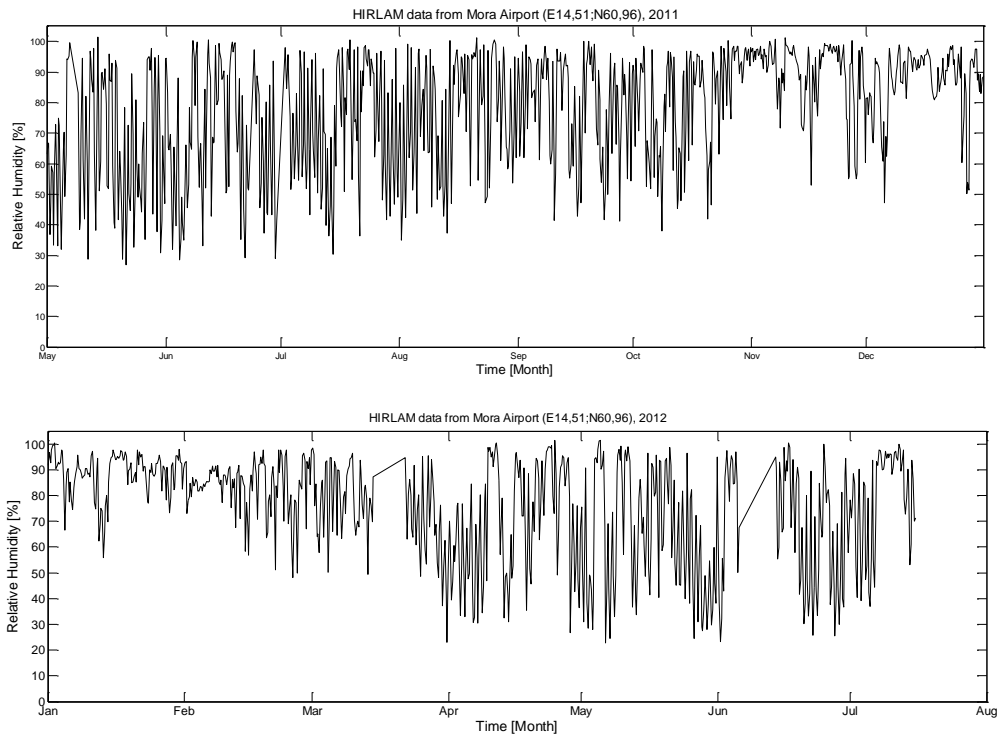
Väderdata som temperatur, relativa luftfuktighet samt tryck kan ge en information om det allmänna väderläget. Den informationen är intressant vid både sökande av bildexempel och tvärt om vid analysen av specifika bilder.

Väder prognoserna har beräknats vid midnatt och sträcker sig för tiden under kommande dygn. Det är alltså inte ett mätvärde men värdet från en kortsiktig prognos som anses vara en relativt bra indikation på väderparametrar som temperatur, tryck och luftfuktighet. Då siktsträckan (Tällberg –Skuruberg) är mycket lång och höjden varierar kraftigt längs sträckan (164 – 507 m) kommer exempelvis temperatur, luftfuktighet och vindar vara mycket olika.

Väderdata från HIRLAM prognoser ger några väderparametrar vid fyra bestämda tillfällen under dagen, kl. 02, kl. 08, kl. 14, kl. 20. Tiden räknas i UTC (Coordinated Universal Time, kallas även Greenwich Mean Time (GMT)) vilket motsvarar kl. 00, kl. 06, kl. 12 respektive kl. 18.

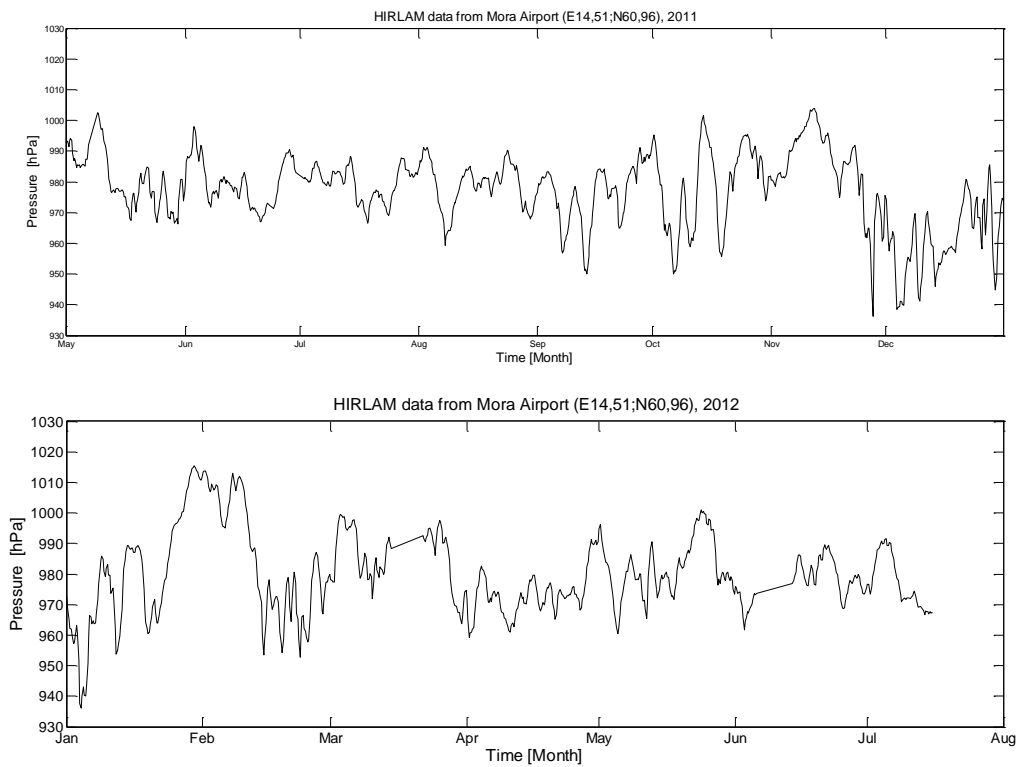


Figur 14. Temperaturen [C°] för den lägsta prognosnivån hämtad från HIRLAM 1D prognos för tiden 2011-04-27 till 2011-12-31.



Figur 15. Luftens relativa fuktighet vid marken för mätperioden 2011 och 2012.

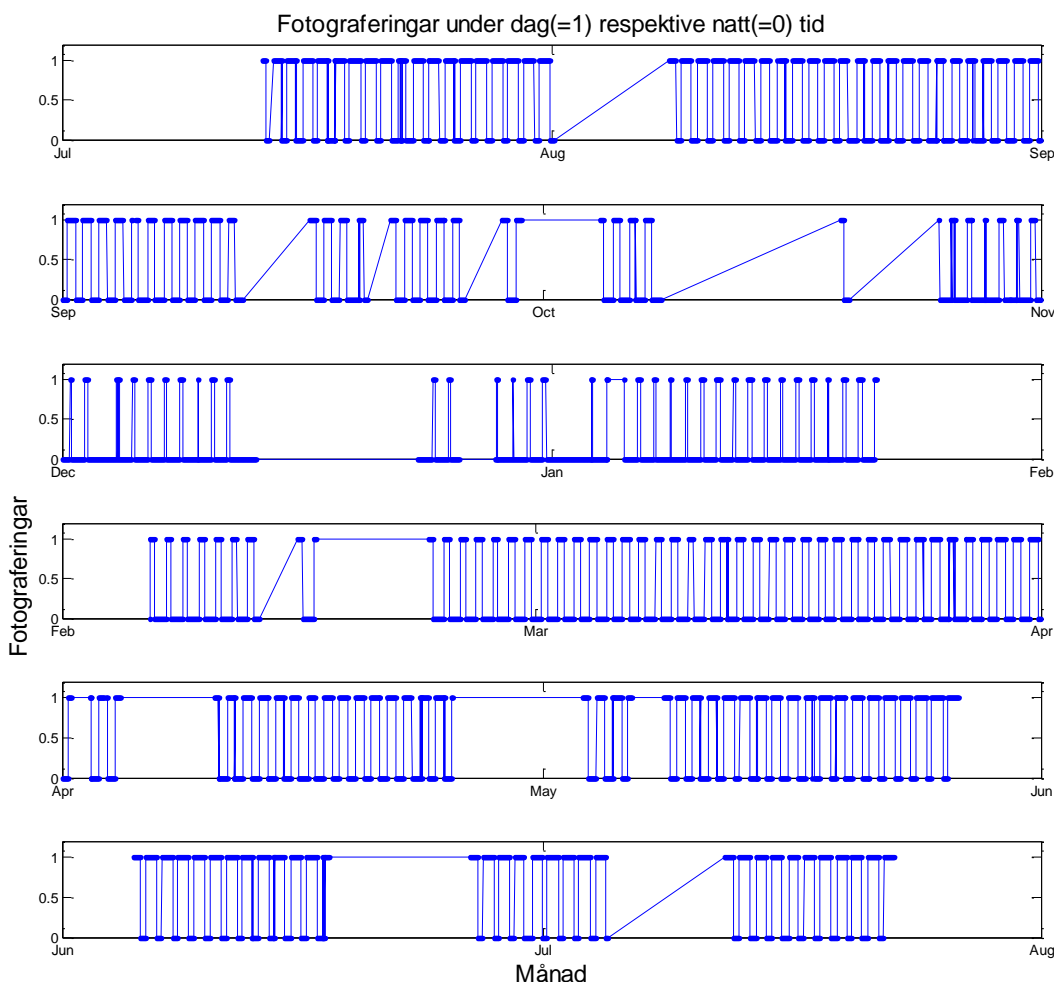
Luftrycket har under perioden haft ett medeltryck på 977 hPa



Figur 16. Luftryck [hPa] för prognos för marknivån (Mora flygplats ca 180 m.ö.h.) hämtad från HIRLAM 1D prognos för tiden 2011-04-27 till 2011-12-31.

5 Resultat

En första kontroll av bildmängden visar under vilka perioder som mätning (fotograferingen) genomfördes, se Figur 17. Varje markering motsvarar ett fotografi, medan linjerna endast binder ihop punkterna. I diagrammet har intensitetsvärden (i ett område) normerats så att värdet 1 motsvarar att ljuset det är möjligt att beräkna kontrasten medan värde 0 motsvarar nattperioder. Fotograferingen började den 13 juli 2011 och avslutades den 22 juli 2012. Vissa luckor i fotograferingen syns i figuren som områden utan vertikala linjer, möjligen med horisontella eller sned linje till nästa grupp av vertikala linje. Under perioden fotograferades vy 34727 gånger av 53870 möjliga, dvs. vid 64,5% av möjliga exponeringar genomfördes.

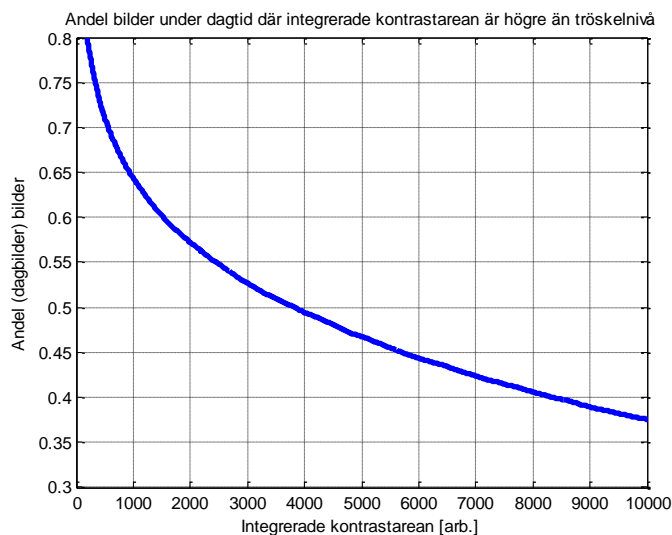


Figur 17. Fotograferingar gjord under dag respektive under natt tid. Varje fotografering markerades med 1 om den gjordes under dagtid samt 0 om den gjordes under dygnets mörka timmar (natt).

Vid bedömningen av synbarheten användes den integrerade arean hos de högpassfilterade och medelvärdesbildade kontrastkurvorna, kallades integrerade kontrastarean i kapitel 4.1. Om den integrerade kontrastarean är tillräckligt stor är vindkraftstornen möjliga att se i bilden. Metoden att sätta gränsvärdet för integrerade kontrastarean, om vindkraftstornen är möjliga att se, beskrivs i bildanalyskapitlet 4.1 ovan. Den integrerade kontrastarean varierar från bild till bild beroende på väder och ljuset. Den integrerade kontrasten beräknades endast för dagbilder.

Dagbilder

Antalet dagbilder som har ett visst värde på den integrerade kontrastarean sjunker kontinuerligt med storleken på detta värde, se Figur 18. Därför gjordes en bedömning av vilken integrerad kontrastarea som behövs för att det skall vara möjligt att se vindkraftstornen.



Figur 18. Andelen bilder, fotograferade under dagtid, som funktion av den integrerade kontrastarean.

Den manuella analysen av bilderna visade att värde på den integrerade kontrastarean bör vara minst 4000 – 5000 för att det skall vara möjligt att se vindkraftstornen i bilden. Detta värde är konservativt så till vida att det är svårt att se vindkraftstornen i bilderna med så låga värden på den integrerade kontrastnivån.

Detta leder till att vindkraftstornen är möjliga att se i ca 48 % av bilderna, mellan 46,8 - 49,5% om man använder alla bilder som ingår i analysen. Motsvarande värde för bilder fotograferade under sommartid, där sommartid avser tiden från första maj till sista augusti, är något lite högre dvs. 49 % (medelvärde av 47,8% och 50,4%). Under vintern, här definierad som tiden från första november till sista mars, är vindkraftstornet möjligt att se i 46% (mellan 44,2 % - 47,3%) av dagbilderna.

Nattbilder

I frågeställningen efterfrågades inte någon analys av nattbilder så därför har inte samma mängd arbete lagts på att analysera den situationen. Det finns dessutom tekniska lösningar som minskar tiden som varningsbelysning på vindkraftstorn är tända.

Under ca 40% av tiden är ljusnivån under 1,6 lux (lm/m^2) därför har ca 40% av de bilder som har de lägsta ljusnivåerna inom delområde 1 räknats bort vid analysen av synbarheten av vindkraftstornen under dagtid. Dessa utsorterade bilder kallas för nattbilder i rapporten. I nattbilderna har antalet bilder med minst ett område eller punkt med kraftig signal i den röda bildkanalen räknats. De bilder som har haft ett sådant område har i detta fall räknats som den eller de röda varningssignalerna är synbara.

I 66% av nattbilderna har ett kraftigt rött område eller röd punkt varit synbar. En uppdelning av nattbilderna gjordes på samma sätt som för dagbilderna i sommar- respektive vinterbilder. Uppdelningen visar att 69% av sommarbilderna respektive 64% av vinterbilderna har något område med hög signal i den röda kanalen.

6 Diskussion

Under perioden genomfördes ca 65% av möjliga exponeringar. Avbrotten i exponeringarna fördelade sig jämt under året med längsta avbrott på ca 14 dagar. Vår bedömning är att avbrotten inte inverkar menligt på fördelningen av möjliga väder eller ljussituationer. Det är alltså tillräckligt många exponeringar under olika delar av året för att använda dra slutsatser kring statistiken.

Kamerans inriktning mot vindkraftstornen påverkades antagligen av att strukturen (fästet eller väggen) värmdes upp under dagen. Detta gjorde att kamerans synfält vandrade under dygnet både vertikalt liksom horisontellt. Konsekvensen är att bilderna kommer att få lite olika utsnitt efterhand. Detta gjorde att analysen krävde en sökfunktion för att hitta någon fix punkt i bilden. Även nattbilder, bilder med dimma, moln eller dålig sikt måste analyseras eller i alla fall räknas till de bilder som inte kunde leverera ett värde på vindkraftverkstornens kontrast, har dålig synbarhet.

En fullständig feluppskattning har inte genomförts inom analysen då den inne innehåller uppskattningar av exempelvis vilka egenskaper ett normalt öga har. I analysen görs en för systemet specifik uppskattning av kontrasten i ett område av bilden. Den specifika parametern, som kallas för integrerade kontrastarean, ger ett mått på hur stor area som har en kontrast som avviker från bakgrunden. Detta åstadkommes genom högpasfiltering av normerade intensitetsvärdena från område 2. Intensitetsvärden i området 2 är vertikala medelvärden av områdets intensitet justerat med nivåjusterings faktor. Den processen var nödvändig för att få jämförbara värden vid urvalet av vilka bilder som kan anses ha något synligt vindkraftstorn. Dock ingår en bedömning, av vid vilket värde på den integrerade kontrastarean som tornet är möjligt att se, i metoden. Eftersom den bedömningen gjordes manuellt uppskattades ett intervall inom vilket den integrerade kontrastarean kan vara. Detta intervall ger ett felvärde på den bedömda parametern integrerade kontrastarean. När integrerade kontrastarean sätts till 4500 ± 500 motsvarar det andelen bilder $48,2\% \pm 1,4\%$. Att ge felgränser på procentvärden leder ofta till misstag i tolkningen därför har vi valt att ge ett intervall för andelen bilder som har synliga vindkraftstorn.

Urvalet av dagbilder har varit konservativt då kamerans integrationstid gör att det går att registrera avläsbara bilder vid en ljusnivå där det inte går att se vindkraftstornen med ögonen. Att dra slutsatsen att synbarhetsvärdet är ca 48%, då det var möjligt att se vindkraftstornen på 48% av bilderna, är en mycket konservativ uppskattning. Det betyder att det inte är möjligt att se vindkraftstornen ens vid så många tillfällen som de fotograferades. En anledning till detta är att förstoringen som görs med kameraoptiken kan jämföras med användning av kikare, exempelvis vanliga biokular på ca 8-10 förstoring. En annan anledning är att gränsen för ljusnivån för att räkna bilden som en dagbild sattes till ett mycket lågt värde. Det betyder att kameran, som har en integrationstid på upp till en sekund, kan registrera betydligt ljussvagare objekt än ögat klarar av. Vid den ljusnivå som kameran ser ett torn kommer ett normalt öga inte alls se det. En uppskattning av hur stort fel som görs med denna konservativa bildbehandling är inte så lätt att genomföra. Det skulle innebära någon typ av kalibrering av kamerans registrering (av bländar, tid iso-tal samt intensitet) i förhållande till ett normalögas egenskap.

Upplösningen hos kameran systemet, se sammanfattning Tabell 1, kan också jämföras med ett s.k. "naket" ögas möjlighet att upplösa detaljer eller människans synskärpa. Ögats kapacitet varierar beroende på individ och försämras med åldern. Ett normalt ögas upplösning anses vara 1 bågminuter ($1/60$ -dels grad) vilket motsvarar en vinkelupplösning på $0,3 \text{ mrad}^{5,6}$.

Synskärpa är den reciproka vinkelupplösningen räknat i bågminuter, dvs en vinkelupplösning på 1 (0,5) bågminut motsvarar en synskärpa på 1 (2). Det finns människor med synskärpa bättre synskärpa än normal upp till och över 2, undantagsfall med synskärpa ända upp till 2,5 -3 har konstaterats. Denna upplösning har ögat endast inom en mycket begränsad del av näthinnan. Synskärpan har exempelvis sjunkit med ca 50% då ett objekt

är ca 2,5° vid sidan om området med bästa synskärpan, eller ner till 20% av synskärpan för ca 10° vid sidan.

Vidare är synskärpa är starkt beroende av belysningen. I månsken har exempelvis synskärpan sjunkit till ca 10%. Även åldern har betydelse för synskärpan belysningsberoende, då både antalet stavar/tappar minskar samt ögats förmåga att adaptera (förändra storleken på pupillen) ändras med ålder.

En direkt jämförelse av ögats upplösning i förhållande till kamerans upplösning visar att kamerasytemet har ca 12,8 gånger högre upplösning än ett normalt öga. Det finns en vanlig uppfattning om att en s.k. normaloptik till småbildskamera system har en fokallängd av ca 40-50 mm. Eftersom kameran som användes har en mindre sensor (APS-C sensor) är den effektiva fokallängden hos kamerasytemet 630 mm vilket är ca 13-15 gånger längre än normaloptiken. Kamerasytemet som användes i studien har alltså en betydligt mycket bättre upplösning än vad ett mycket bra öga har.

Egenskap	Värde	Kommentat
fokallängd	420 mm	
detektorstorlek	23,6×15,7 mm	bredd × höjd (APC)
antal detektor punkter (pixlar)	4928×3264	
bildvinkel	56,2×37,4 mrad	
kamera upplösning (IFOV)	11,4×11,5 µrad	
ögas upplösning	0,15 mrad	synskärpa 2 (0,5/bågminut)
relation upplösning öga/kamera	ca 13 ggr	

Tabell 1. Sammanfattning av kameraegenskaper och jämförelse med ögat.

I nattbilderna hittades områden med hög intensitet i den röda färgkanalen i RGB-bilden. Dessa bedömdes härröra från lampor på vindkraftstornen. I analysen erhöles att 66% av nattbilderna visade minst ett kraftigt rött fält. Bedömning av siktförhållanden är i allmänhet kan kopplas till kontrastförhållanden och att en minskad sikt ger en dämpningen av kontrasten. Under mörker kan en sådan kontrastjämförelse inte genomföras. En klassisk tumregel (inom atmosfäroptiken) säger att en hundrawattslampa syns på avstånd motsvarande dubbla siktavståndet, med normal synskärpa. Alltså kommer de röda lamporna att vara synbara i en större mängd bilder än vad som kan förväntas vid kontrastjämförelserna i dagbilderna.

I nattbilderna gjordes inte något försök att placera in var tornens varningslampor skulle uppträda. Det krävdes endast en pixel med hög intensitet i den röda kanalen. Därför kan exempelvis en billyckta eller annan lampa ha räknats som en varningslampa om den uppträtt någonstans i bilden. Vi bedömde det som osannolikt att andra lampor med den styrkan skulle uppträda i området.

En slutsats är att dessa begränsningar i metoden att använda digitala fotografier för att bedöma synbarheten för ögat gör att det uppskattade värdet av antalet tillfällen då vindkraftstornen är synliga är en överskattning. En observatör utan synhjälpmedel (kikare, kamera med optik med lång fokallängd etc. hit räknas inte korrigeringsmedel för ögat som glasögon eller linser) kommer inte att ha möjlighet att se tornen lika ofta som ett kamerasytem med den kvalitén som användes vid fotograferingen.

7 Slutsatser

En analys av nästan 35000 fotografier av vindkraftsverk på Skuruberg tagna från Green Hotel, Tällberg, har genomförts. Fotograferingen genomfördes automatiskt var tionde minut under ca 1 års tid, från mitten av juli 2011 till mitten av juli 2012, med vissa avbrott beroende på tekniska problem. Avståndet mellan Tällberg och Skuruberg är ca 32 km.

Analysen av fotografierna visar, med en konservativ bedömning, att det i ca 48% av fotografierna tagna under dagtid är det med den använda kamerautrustningen möjligt att se något av de tre vindkraftstornen. Det betyder att det inte är möjligt att se vindkraftstorn i ca 52% av bilder tagna under dagsljus.

Det är möjligt att se vindkraftstornen i ca 46% av bilderna tagna under vintern, från första november till sista mars. På samma sätt är det möjligt att se tornen i 49% av bilderna tagna under sommar månaderna, räknat första maj till sista augusti.

Analysen visar att de röda lamporna är synbara i 66% av nattbilderna. Detta följer vedertagna erfarenheten att lampor syns längre än visuella sikten anger.

Analysen har genomförts på ett konservativt sätt vilket betyder att vi bedömer att de angivna värdena på synbarhet motsvarar en övre gräns. Synbarheten är enligt vår bedömning betydligt lägre. Detta då flera av förutsättningarna och antaganden är sådana att bilderna tydligt visar vindkraftstorn trots att det inte skulle vara möjligt att se tornen utan synhjälpmedel som exempelvis en kikare.

Arbetet har visat att metoden ger en övre gräns för bedömningen av synbarhet utifrån digitala fotografier. Metoden att översätta synbarheten av objekt (vindkraftstorn) i ett digitalt fotografi till synbarhet med ett normalt fungerande öga skulle behöva ytterligare information och mätningar. Ett sådant arbete kunde inte genomföras inom analysen på grund av tids och kostnadsskäl.

8 Referenser

- ¹ Vindkraft kring Siljan – en landskapsbedömning, Länsstyrelsen Dalarnas Län, Plan och beredskapsenheten, rapport 2010:02.
- ² Smith Warren J., “Modern optical engineering. The design of optical systems.” McGraw-Hill, New York, 1990.
- ³ Middleton W. e. Knowles, “Vision through the atmosphere”. University of Toronto Press, Canada, 1952.
- ⁴ Biberman Lucien M., “Electro-optical imaging System Performance and modeling.” SPIE Vol. PM 96, 2000.
- ⁵ Waldman Gary and Wotton John, Electro-optical systems performance modeling. Artech House, Boston, 1993.
- ⁶ Kopeika Norman, “A system engineering approach to Imaging”, SPIE, Bellingham, Washington, USA, 1998.

Länsstyrelsens rapportserie

Här listas Länsstyrelsens samtliga rapporter utgivna de senaste tio åren. Många av dessa finns som pdf-er på Länsstyrelsens webbplats: www.lansstyrelsen.se/dalarna/sv/publikationer.

Många rapporter finns även på Falu Stadsbibliotek. Rapporterna kan beställas från Länsstyrelsen, telefon 023-81 000 med reservation för att upplagan kan ha tagit slut.

- 2002:01** Alkoholsituationen och drog-förebyggande arbete i Dalarna 2001.
2002:02 Projektkatalog för EU-projekt 2000-2001 i Dalarnas län.
2002:03 Fiskbestånd, bottenfauna, och lavar i vattendrag på Fulufjället.
2002:04 Fulufjällets omland, reserapport Abruzzo.
2002:05 Årsrapport 2001 från Sociala enheten.
2002:06 Ej verkställda beslut och domar samt avslag, trots bedömt behov.
2002:07 Årsrapport om Lex Sarahs
2002:08 Boenkät.
2002:09 Epizotiplan 2002.
2002:10 Skallbaggsfaunan på Fulufjället.
2002:11 Det krävs mer än gummistövlar.
2002:12 Falu gruva och tillhörande industrier - industrihistorisk kartläggning.
2002:13 Fågelfaunan på Fulufjället.
2002:14 Detaljhandeln i Dalarna - ett diskussionsunderlag för en regional detaljhandelspolicy.
2002:15 Detaljhandeln i Dalarna - erfarenheter av regional detaljhandelsplanering från Sverige och andra europeiska länder.
2002:16 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2001.
2002:17 Närsalter i Dalälven 1990-2000.
2002:18 Fjällförvaltningen.
2002:19 Projekt Servicedialogen.
2002:20 Fulufjällets omland. Etapp III. Slutrapport.
2002:21 Vägar i Dalarna – kultur-historisk väginventering i Dalarnas län.
2002:22 Uppföljning av överloppsbyggnader i odlingslandskapet.
- 2003:01** Lägesrapport-Hessesjön
2003:02 LVU-ingripande i Dalarnas län.
2003:03 Sammanställning av enkätundersökning inom Individ- och familjeomsorgens verksamhetsområde.
2003:04 EU-projekt 2002 i Dalarnas län.
2003:05 Inventering av näringsläckage från små vattendrag i Dalarnas jordbruksområden.
2003:06 Veterinärapparat.
2003:07 Skyddszoner längs diken och vattendrag i jordbrukslandskapet.
2003:08 Tillsyn över enskild verksamhet och entreprenader 2002.
2003:09 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län, Massa- och pappersindustri, träimpregnering och sågverk.
2003:10 Dalarnas miljömål, remissupplaga.
2003:11 Ej verkställda beslut och domar samt avslag, trots bedömt behov, enligt SoL.
2003:12 Uppföljning av Lex Sarah /socialtjänstlagen).
2003:13 Planering av boende för äldre.
2003:14 Inkomstprövning av rätten till äldre- och handkappsomsorg i Dalarnas län.
2003:15 Kemiska och biologiska effekter vid sodabehandling av försurade ytvatten i Dalarnas län.
2003:16 Ej verkställda beslut och domar samt avslag trots bedömt behov enligt LSS.
2003:17 Projekt utgångsdjur i Dalarna.
2003:18 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2002.
2003:19 Dalarnas miljömål.
2003:20 Tillämpning av fjärranalys i kulturmiljövården.
2003:21 Kommunernas planering för personer med psykiska funktionshinder i Dalarnas län.
2003:22 Beslut om och yttranden över Dalarnas miljömål
2003:23 Användning av fjärranalys och GIS vid tillämpning av EU:s ramdirektiv för vatten i Dalälvens avrinningsområde
2003:24 Provfiskade sjöar i Dalarnas län 2000 – 2002 – Biologisk uppföljning av kalkade vatten.
2003:25 Provfiskade vattendrag i Dalarnas län 2000 – 2002 – Biologisk uppföljning av kalkade vatten.
2003:26 Analys av skogarna i Dalarnas och Gävleborgs län.
- 2003:27 Utvärdering av metod för övervakning av skogsbiotoper.
2003:28 Ledningstillsyn i fem kommuner.
2003:29 Kartläggning av äldreomsorgen.
2003:30 Växtnäringsflöden till och från jordbruket ur ett historiskt perspektiv, 1900 – 2002, i Dalarna.
- 2004:01** Förstärkta näringslivsinsatser och en dörr in i Dalarnas kommuner.
2004:02 EU-projekt 2003 i Dalarnas län. Projekt som delfinansierats med EU-medel under 2003 från Mål 1 Södra Skogslänsregionen och Mål 2 Norra Regionen.
2004:03 Hedersrelaterat våld, en kartläggning i Dalarna.
2004:04 Ej verkställda domar och beslut.
2004:05 Kommersiellt Utvecklingsprogram för Dalarna 2004-2007.
2004:06 Kommunens insatser för personer med psykiska funktionshinder i Smedjebackens kommun i Dalarna.
2004:07 Surstötter i norra Dalarna 1994-2002.
2004:08 Inventering av sandödlor i Dalarnas län.
2004:09 Sammanställning av beviljade projekt 2003.
2004:10 Lenåsen.
2004:11 Måltidssituationen .
2004:12 Tillsyn över enskild verksamhet och entreprenader 2003.
2004:13 Deluppföljning av länsamordnarfunktionen för det alkohol- och drogförebyggande arbetet.
2004:14 Klagomålshantering.
2004:15 Lex Sarah... Det har jag hört tals om.
2004:16 Tillsynsrapport 2004.
2004:17 Alkohol- och drogförebyggare i den lokala praktiken
2004:18 Den kommunala alkohol- och drogförebyggande arbetet – intervjuer med länets kommunalråd.
2004:19 LVU-ingripanden i Dalarnas län – Sammanställning åren 2000 – 2003.

- 2004:20 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län, Industriområden längs Runns norra strand.
- 2004:21 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2003.
- 2004:22 Ämnestransporter i Dalälven 1990-2003.
- 2004:23 Avloppsreningsverk i Dalarna.
- 2004:24 Program för regional uppföljning av miljömål och åtgärder i Dalarna 2004-2006.
- 2004:25 Regional risk- och sårbarhetsanalys för Dalarnas län 2004.
- 2004:26 Uppföljning av mikroströd beviljade under åren 1997-1999.
- 2005:01** Brand i Fulufjällets nationalpark.
- 2005:02 Individuell plan enligt LSS.
- 2005:03 Sammanställning av beviljade projekt 2004
- 2005:04 Vem ser barnet? En granskning av 100 familjehemsplacerade barn åren 2002-2003.
- 2005:05 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län, Kemiindustriområdet – kemtvättar.
- 2005:06 Länsstyrelsens årsredovisning.
- 2005:07 Rättviksheden Inventering av naturvärden inom Enån - Gärdöfältet – Ockrandalgången.
- 2005:08 Domar och beslut.
- 2005:09 Vem ser barnet?
- 2005:10 Trädgränsen i Dalafjällen.
- 2005:11 Lex Sarah 2005.
- 2005:12 Näringslivsklimat och entreprenörskap – en jämförande studie mellan Värmlands, Dalarnas och Gävleborgs län.
- 2005:13 Regional förvaltningsplan för stora rovdjur i Dalarnas län.
- 2005:14 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län – Gruvindustri
- 2005:15 Personligt ombud i mellansverige/myndighetseffekter.
- 2005:16 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2004.
- 2005:17 Delårsrapport.
- 2005:18 Näringslivsstrukturen på Dalarnas Landsbygd.
- 2005:19 Metallhalter i dricksvatten från borrade brunnar i Dalarnas län.
- 2005:20 Personligt ombud i Mellansverige - klienters uppfattningar av de stöd de fått.
- 2005:21 Fisk- och kräftodlingsverksamhet i Dalarnas län – nulägesbeskrivning 2004.
- 2005:22 Tillsyn över enskild verksamhet och entreprenader.
- 2005:23 Efterbehandling av gruvavfall i Falun.
- 2005:24 EnergiIntelligent Dalarna, regionalt energiprogram.
- 2005: 25 Personligt ombud i Mellansverige- ombuden och deras arbete.
- 2006:01** Uppföljning och utvärdering av Dalarnas landsbygdsprogram 1997-2002.
- 2006:02 Strategi för formellt skydd av skog i Dalarnas län.
- 2006:03 Sammanställning av beviljade projekt 2002-2005 . Projektmedel för alkohol- och narkotikaförebyggande insatser.
- 2006:04 Delaktigt i hemtjänsten.
- 2006:05 Verksamhetsplan 2006-2008.
- 2006:06 Årsredovisning 2005.
- 2006:07 Landsbygdprogram för Dalarna.
- 2006:08 Rotogräsgruppen 2003-2005.
- 2006:09 Ej verkställda domar och beslut
- 2006:10 Särskilt boende för personer med demenssjukdom.
- 2006:11 Epizootiberedskap, uppdaterad 2006:12 EnergiIntelligent Dalarna.
- 2006:13 Samrådsredogörelse och beslut, EnergiIntelligent Dalarna.
- 2006:14 Risk- och sårbarhetsanalys 2005.
- 2006:15 Personligt ombud i Mellansverige Vägledning inför framtiden.
- 2006:16 Alla visste om det men alla visste olika. Konsekvenser för enskilda när särskilda boenden avvecklas. Regiontillsyn i fem län.
- 2006:17 Bostadsmarknadsläget i Dalarna 2006-2007.
- 2006:18 Designåret 2005 i Dalarna – slutrapport.
- 2006:19 Ekomat – slutrapport.
- 2006:20 Anmälningsplikten Lex Sarah
- 2006:21 Statens nya geografi.
- 2006:22 Dalarnas Naturminnen.
- 2006:23 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2005.
- 2006:24 Individuell plan enligt LSS.
- 2006:25 Delårsrapport.
- 2006:26 Dokumentation 2006 års regionala energiseminarium.
- 2006:27 Grundvatten och dricksvattenförsörjning – en beskrivning av förhållandena i Dalarnas län 2006.
- 2006:28 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län. Tillståndspliktiga anläggningar i drift.
- 2006:29 Gruvstugor.
- 2006:30 Kartläggning av öppenvården gällande missbruk i Dalarnas län.
- 2006:31 Slitage på leder.
- 2006:32 Anhörigstödet i Dalarna, lägesrapport 2006.
- 2006:33 Kartläggning av den öppna Missbrukar- och beroendevården i Dalarnas län.
- 2006:34 Vattnets näringsgrad i Nedre Milsbosjön under de senaste årtusendena.
- 2006:35 Vedskalbaggar i Gåsbergets och Trollmosseskogens naturreservat, Ore socken, Rättviks kommun.
- 2006:36 Bottenfauna i Dalarna juni 2005.
- 2006:37 Dalarnas miljömål 2007–2010. Remissversion.
- 2006:38 Satellitdata för övervakning av våtmarker.
- 2006:39 Inventering av vattensalamandrar i Dalarnas län 2006.
- 2007:01** Miljömålen i skolan – en handledning för lärare i Dalarna.
- 2007:02 Regional risk och sårbarhetsanalys 2006.
- 2007:03 Verksamhetsplan för Länsstyrelsen Dalarna 2007-2009.
- 2007:04 Årsredovisning 2006 för Länsstyrelsen Dalarna.
- 2007:05 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län, Gruvindustri – etapp 2.
- 2007:06 Luftkvalitet i Dalarnas större tätorter under perioden 2006.
- 2007:07 Dalarnas miljömål 2007–2010.
- 2007:08 Samrådsredogörelse och beslut till Dalarnas miljömål 2007–2010.
- 2007:09 Fjärranalys i kulturmiljövärden.
- 2007:10 Ej verkställda domar och beslut 2006.
- 2007:11 Vattenkemiska effekter av 10 års våtmarkskalkning i Skidbågsbäcken.
- 2007:12 Bostadsmarknadsenkät 2007-08.
- 2007:13 Kartläggning av farliga kemikalier.
- 2007:14 Metaller, uran och radon i vatten från dricksvattenbrunnar.
- 2007:15 Fäbodbete & Rovdjur i Dalarna.
- 2007:16 Anmälningskyldigheten En sammanställning av Lex Sarahanmälningar i kommunal och enskild verksamhet i Dalarnas län.
- 2007:17 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län. Primära och sekundära metallverk, metallgjutier och ytbehandling av metall.
- 2007:18 Redovisning av hur kommunerna i Dalarna använder sig av sina korttidsplatser.
- 2007:19 Delårsrapport 2006-06-30.
- 2007:20 Vindområden i Dalarnas län – Redovisning inför Energimyndighetens

- ställningstagande om riksintresse-områden för vindkraft 2007.
- 2007:21 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2006.
- 2007:22 Bioenergipotentialet i Dalarnas län.
- 2007:23 Dokumentation av 2007 års energiseminarium.
- 2007:24 Inventering av förorenade områden – kemiindustrisektorn
- 2007:25 Tillsyn över enskild verksamhet
- 2007:26 Verksamhetstillsyn inom socialtjänsten i Hedemora kommun 2007.
- 2007:27 Verksamhetstillsyn inom socialtjänsten i Rättviks kommun 2007.
- 2007:28 Regionala landskapsstrategier i Dalarnas län.
- 2008:01** Regional risk och sårbarhetsanalys.
- 2008:02 Verksamhetsplan 2008-2019.
- 2008:03 Årsredovisning 2007 för Länsstyrelsen Dalarna.
- 2008:04 Milsbosjöarna - ett pilotprojekt inför arbetet med åtgärdsprogram inom EU:s Ramdirektiv för vatten.
- 2008:05 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län – verkstadsindustrin.
- 2008:06 Naturbeteskött.
- 2008:07 Förstudie ångar.
- 2008:08 Förstudie fåbodrar.
- 2008:09 Design för företag i Dalarna.
- 2008:10 Bostadsmarknadsenkät 2008-09.
- 2008:11 Stormusselinventering
- 2008:12 Fåbodbruk ur ett brukarperspektiv.
- 2008:13 Organiska miljögifter i grundvatten.
- 2008:14 Inventering av förorenade områden i Dalarna län — Nedlagda kommunala deponier.
- 2008:15 Vattenvegetation i Dalarnas sjöar; Inventeringar år 2005 och 2006.
- 2008:16 Uppdrag barn i Dalarnas län.
- 2008:17 Identifiering av riskområden för fosforförluster i ett jordbruksdominerat avrinningsområde i Dalarna.
- 2008:18 Inventering av vildbin i Dalarna
- 2008:19 Inventering av steklar i sandtallskog.
- 2008:20 Inventeringsmetodik för klipplavar.
- 2008:21 Kommunernas beredskap för personer med utländsk bakgrund inom äldreomsorgen.
- 2008:22 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2007.
- 2009:01** Metod för kemikaliekontroll inom ramen för miljö kvalitetsmålet Giffri miljö.
- 2009:02 Verksamhetstillsyn inom socialtjänsten i Leksand kommun 2008.
- 2009:03 Bibaggen i Dalarna.
- 2009:04 Vattenvårdsplan för Dalälvens avrinningsområden.
- 2009:05 Verksamhetsplan.
- 2009:06 Årsredovisning 2008 för Länsstyrelsen Dalarna.
- 2009:07 Verksamhetstillsyn Personer med demenssjukdom i ordinärt boende.
- 2009:08 När lanthandeln stänger.
- 2009:09 Laserskanning från flyg och fornlämningar i skog.
- 2009:10 Bostadsmarknadsenkät 2009-10.
- 2009:11 Tillsyn över energihushållning - Erfarenheter från Dalarna.
- 2009:12 Inventering av förorenade områden, grafiska industrin.
- 2009:13 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län – sammanfattningsrapport.
- 2009:14 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2008.
- 2009:15 Anmälningsskyldigheten. Sammanställning 2008.
- 2009:16 Rosa Kampanjen. Mot illegal alkoholhantering.
- 2009:17 Program för uppföljning av Dalarnas miljömål 2009-2011.
- 2009:18 Insekter på brandfält.
- 2009:19 Styrel: Länsförsök Dalarna 09 – Slutrapport.
- 2009:20 Vattenuttag för snökanoner i Dalarnas län.
- 2009:21 Serviceuppdragen.
- 2009:22 Organiska miljögifter.
- 2009:23 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län – Avfallssektorn.
- 2009:24 Övervakning av vedlevande insekter i Granåsens värdetrakt.
- 2009:25 Risk- och sårbarhetsanalys 2009.
- 2009:26 Länsstyrelsernas bevakningsuppdrag/betaljtjänster.
- 2009:27 Länsövervakningsprojekt – verksamhetsavfall 2008.
- 2010:01** Dalarnas regionala serviceprogram 2010-2013.
- 2010:02 Vindkraft kring Siljan?
- 2010:03 Verksamhetsplan 2010.
- 2010:04 Mer träd på myrar de senaste 20 åren.
- 2010:05 Verifiering av kemisk status Badelundaåsen inom Borlänge, Sätters och Hedemora kommun.
- 2010:06 Verifiering av kemisk status Badelundaåsen inom Avesta kommun.
- 2010:07 Årsredovisning 2009.
- 2010:08 Metallpåverkade sjöar och vattendrag i Dalarna. Konsekvenser av en tusenårig gruvhistoria.
- 2010:09 Kartläggning av farliga kemikalier – tillsynsprojekt.
- 2010:10 Bostadsmarknaden i Dalarna 2010.
- 2010:11 Kartläggning av SFI i Dalarna – och en kvalitativ studie.
- 2010:12 Metaller i fisk i Dalälvens sjöar.
- 2010:13 Växtplanktonsamhällen i Dalälvens sjöar.
- 2010:14 Fisk i Dalälvens sjöar.
- 2010:15 Saxdalen. Miljöanalys av ett historiskt gruvområde samt konsekvenser av en efterbehandling.
- 2010:16 Utvärdering av biologiska bedömningsgrunder för sjöar.
- 2010:17 Uppföljning av regionalt företagsstöd med slutligt beslut år 2004.
- 2010:18 Långsiktig strategisk plan för omarrondering i Dalarnas län.
- 2010:19 Långsiktig strategisk plan för omarrondering i Dalarnas län – projektrapport.
- 2010:20 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2009.
- 2010:21 Mjukbottenfaunan i Dalälvens sjöar – struktur och funktion.
- 2010:22 Intervjuer med ängsbrukare.
- 2010:23 Bevakning av grundläggande betaltjänster.
- 2010:24 Regional risk- och sårbarhetsanalys 2010.
- 2010:25 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län – industri-deponier.
- 2010:26 Klimatanpassningsstrategi 2020.
- 2010:27 Biotopkartering av rinnande vatten. Beskrivning och jämförande analys av metoder i Dalarna, Jönköping och Västernorrland.
- 2011:01** Malingsbo-Klotens framtid. Utredning om natur- och friluftsvärden.
- 2011:02 Främmande musslor i Kärtyllasjön i Dalarna 2010.
- 2011:03 Kartering av brandfält från satellitdata. Koncept för årlig kartering.
- 2011:04 Verksamhetsplan 2011.
- 2011:05 Klimatanpassningsstrategi 2020. Prioriterade sektorer i Dalarnas län.
- 2011:06 Utveckling av metoder för mätning av ljudnivåer i fjällen.
- 2011:07 Är Dalarna jämställt? Lägesrapport 2011.
- 2011:08 Årsredovisning 2010.
- 2011:09 Strategi för hållbar turistutveckling i Fulufjällsområdet.
- 2011:10 Sustainable Tourism Development Strategy.

- 2011:11 Elfenbenslaven i Sverige.
- 2011:12 Jättesköldlav.
- 2011:13 Strategi Miljögifter 2011-2012, Problembild för Dalarnas län.
- 2011:14 Kommunala energi- och klimatstrategier.
- 2011:15 Vindkraftsunderlag för Dalarnas klimat- och energistrategi.
- 2011:16 Bostadsmarknaden i Dalarna 2011
- 2011:17 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2010
- 2011:18 Inventering av förorenade områden – Nedlagda kommunala deponier i fem kommuner
- 2011:19 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län – Förorenade sediment
- 2011:20 Närvärme - en resurs i energiomställningen.
- 2011:21 Gemensamma dataunderlag i Vanån.
- 2011:22 Inventering av kungsörn i riksintresseområden för vindkraft i Rättvik, Mora och Orsa.
- 2011:23 Historiska våtmarker i odlingslandskapet.
- 2011:24 Effektiva miljömålsåtgärder. En utvärdering i fyra län.
- 2011:25 Genetiska studier av öring från Lurån och Sångåns vattensystem.
- 2011:26 Provfiske inom Dalarnas fjällreservat och nationalparker år 2009 - en resultatsammanställning.
- 2011:27 Bevakning av grundläggande betaltjänster.
- 2011:28 Underlag för gränshandel och köpcentrum i Sälen.
- 2011:29 Plan för tillsynsvägledning enligt miljöbalken 2012-2014.
- 2011:30 Regional risk- och sårbarhetsanalys för Dalarnas län 2011.
- 2011:31 Kommunala etableringsinsatser för vissa nyanlända i Dalarna: SFI, samhällsorientering och andra yrkesförberedande insatser.
- 2012:01** Miljökvalitetsnormer och luftkvaliteten i Dalarna
- 2012:02 Vattenförsörjningsplan Dalarnas län.
- 2012:03 Materialförsörjningsplan - Dalarnas län.
- 2012:04 Fladdermusfaunan i Dalarna - Sammanställning av inventeringar åren 2008-2010
- 2012:05 Potentialer för solenergi i Dalarna
- 2012:06 Hur går miljöarbetet regionalt och lokalt? – delprojekt i fördjupad utvärdering av Sveriges miljömål 2012. Länsstyrelserna och RUS
- 2012:07 Årsredovisning 2011
- 2012:08 Kransalger i Dalarna
- 2012:09 Skyddsvärda träd i Dalarna
- 2012:10 Ängssvampar i Dalarna
- 2012:11 Betaltjänster – bredband och ny teknik
- 2012:12 Åtgärdsplan för flottledsrensade vattendrag i Dalarnas län
- 2012:13 Utvärdering av företagsstöd, Regional konkurrenskraft och sysselsättning i Norra Mellansverige
- 2012:14 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2011
- 2012:15 Bostadsmarknaden i Dalarna 2012
- 2012:16 Vedinsekter på död tall och brandfält i Dalarna 2011 - en inventering av ÅGP-arter på nydöd tall, äldre tallved och i bränd skog
- 2012:17 Grundvattenundersökningar i Dalarna 2010-2011
- 2012:18 Plan för tillsynsvägledning enligt miljöbalken
- 2012:19 Bevakning av grundläggande betaltjänster
- Länsstyrelsernas årsrapport 2012
- 2012:20 Energi- och klimatstrategi för Dalarna.
- 2012:21 Växtplankton i 33 sjöar i Västmanlands, Stockholms och Dalarnas län 2011
- Klassificering av ekologisk status
- 2012:22 Regional risk- och sårbarhetsanalys för Dalarnas län 2012
- 2013:01** Raggbocken, hotad skalbagge i Dalarna, Åtgärdsprogram i fyra skogslandskap
- 2013:02 Årsredovisning 2012
- Länsstyrelsen i Dalarnas län
- 2013:03 Underlag för potentialberäkningar av förnybar energi.
- 2013:04 Energihushållning i VA-sektorn
- Ett gemensamt samverkansarbete för alla VA-huvudmän i Dalarna
- 2013:05 Trygghetens värde – sociala risker ur ett ekonomiskt perspektiv
- 2013:06 Fakta om småkryp i Dalarnas vattendrag
- 2013:07 Fältgentiana i Dalarna
- Lägesrapport om en av våra ovanligaste växter
- 2013:08 Jordbrukets klimatpåverkan – globala utsläpp och lokala åtgärder
- 2013:09 Levande vatten
- Förslag för att minska negativa effekter från kraftverk och dammar i Vanåns avrinningsområde.
- 2013:10 Djurägares erfarenheter av rovdjursavvisande stängsel
- 2013:11 Dalarnas miljömål – Miljömål
- 2013:12 Dalarnas Miljömål – Åtgärdsprogram 2013 – 2016
- 2013:13 Dalarna - Pilotlän för grön utveckling – Slutrapport och vägledning
- 2013:14 Värna Vårda Visa
- 2013:15 Hur synliga är vindkraftverk på långt avstånd?

Vindkraft – så mycket syns den

Diskussionerna om hur mycket vindkraftverk stör miljön har gått heta under senare år. Men hur mycket syns vindkraften? Totalförsvarets Forskningsinstitut har gjort denna studie av hur synbara vindkraftverk i Siljansområdet är på tre miles. Studien är beställd av Dala Vind AB och Länsstyrelsen Dalarna och finansierad av Energimyndigheten.

För din QR-läsare över den här koden, så hamnar du på vår webb med fler intressanta rapporter.

