



Direktoratet for
naturforvaltning

Visualisering av planlagte vindkraftverk

5
2007



V
E
I
L
E
D
E
R

Visualisering av planlagte vindkraftverk

Veileder

Veileder nr. 5/2007

Visualisering av planlagte vindkraftverk

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat
Redaktør: Ina Rognerud (Norges vassdrags- og energidirektorat)
Forfatter: Landskapsarkitekt MNLA Trond Simensen (SWECO Grøner)

Trykk: NVEs hustrykkeri
Forsidefoto: Smøla vindkraftverk. Foto: Bertram Brochmann
ISSN: 1501-0678

Sammendrag: Ved behandling av søknader om å få bygge og drive vindkraftverk er de visuelle virkningene av den planlagte utbyggingen viktige. En mest mulig realistisk framstilling av de visuelle virkningene er derfor en viktig del av beslutningsgrunnlaget ved vurdering av om konsesjon skal meddeles, og som grunnlag for vedtak om reguleringsplan. Denne veilederen beskriver forhold som er viktige ved vurderingen av de visuelle virkningene av et vindkraftverk, og gir råd om egnede verktøy og metoder som kan benyttes for å visualisere dette.

Emneord: Vindkraft, vindkraftverk, visuelle virkninger, visualiseringer, landskap, synlighetskart.

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

Oktober 2007

Innhold

Forord	6
1 Innledning	7
2 Visuelle virkninger av vindkraftverk	7
3 Teoretiske synlighetskart	8
4 Fotorealistiske visualiseringer	9
5 Andre teknikker for dokumentasjon av visuelle virkninger	11
Vedlegg I Utfyllende bakgrunnsstoff	
Vedlegg II Teknisk bakgrunnsinformasjon	

Forord

Denne veilederen gir råd om egnede verktøy og metoder som bør benyttes ved visualisering av planlagte vindkraftverk, og beskriver forhold som er viktige ved vurderingen av de visuelle virkningene. Målgruppen for veilederen er hovedsakelig tiltakshavere og konsulenter, men den vil også være nyttig for kommunen som planmyndighet og for høringsinstanser. Innholdet i veilederen vil inngå i grunnlaget for NVEs fastsetting av utredningsprogrammer og vurdering av visualiseringsmateriale i konsekvensutredninger og konsesjonssøknader for vindkraftverk.

Det ble høsten 2006 tatt initiativ til å utarbeide et forslag til en ny veileder om visualiseringer av planlagte vindkraftverk. Bakgrunnen for dette var et behov for økt kvalitet på visualiseringer som utarbeides i forbindelse med konsekvensutredninger, og et ønske om felles retningslinjer for hvordan visualiseringer bør utføres for å få en mest mulig realistisk fremstilling av de visuelle virkningene. Det ble nedsatt en arbeidsgruppe der mandatet var å utarbeide et forslag til ny veiledning gjeldende visualiseringer.

Veilederen er utarbeidet som et samarbeidsprosjekt med følgende deltagere: Norsk Hydro ASA v/Svein Solhjell, Statkraft Development AS v/Harald Kristoffersen, SWECO Grøner v/Trond Simensen, Direktoratet for naturforvaltning v/Kristin Bodsberg, Riksantikvaren v/Kristi Vindedal og Norges vassdrags- og energidirektorat v/Arne Olsen og Ina Rognerud. Trond Simensen har skrevet veilederen på vegne av arbeidsgruppen.

I forbindelse med arbeidet med veilederen har arbeidsgruppen i perioden februar – august 2007 hatt flere møter, og det ble arrangert et høringsmøte med konsulenter i juni 2007 der flere aktuelle problemstillinger ble belyst. Arbeidsgruppen har videre gjennomført en befaringsreise til Hitra og Smøla.

Veilederen erstatter den delen av NVE-rapport 19:1998 som omhandler visualisering av vindkraftverk.

Oslo, oktober 2007

Bjørn Wold
(sign.)
avdelingsdirektør
NVE

Marit Huuse
(sign.)
avdelingsdirektør
RA

Berit Lein
(sign.)
avdelingsdirektør
DN

1 Innledning

Ved behandling av søknader om å få tillatelse til å bygge og drive vindkraftverk er de visuelle virkningene av den planlagte utbyggingen viktige. Dokumentasjonen av visuelle virkninger som så langt har ligget til grunn for behandlingen av søknader om å bygge og drive vindkraftverk har vært av varierende kvalitet. En mest mulig realistisk framstilling av de visuelle virkningene er en viktig del av beslutningsgrunnlaget ved vurdering av om konsesjon skal meddeles eller ikke, og som grunnlag for vedtak om reguleringsplan. Denne veilederen beskriver forhold som er viktige ved vurderingen av de visuelle virkningene av et vindkraftverk, og gir råd om egnede verktøy og metoder som kan benyttes. Verdier i landskapet og betydningen av disse behandles ikke i denne veilederen. Det er heller ikke vurdert hvordan de visuelle virkningene påvirker landskapets karakter. Generell veiledning om planprosessen for utbygging av vindkraft er heller ikke tatt med i dette dokumentet.

Anbefalingene i veilederen bygger på erfaringer med over 10 års arbeid med vindkraft i Norge, observasjoner av visuelle virkninger av norske vindkraftverk og gjennomgang av et utvalg av norsk og internasjonal litteratur om emnet.

Det er ønskelig med felles retningslinjer for utarbeiding av visualiseringer, slik at ulike prosjekter kan vurderes på et likt grunnlag. Veilederen skal bidra til en mest mulig realistisk fremstilling av de visuelle virkningene av et vindkraftverk og bidra til å sikre et best mulig beslutningsgrunnlag for involverte myndigheter, samt gi et bedre grunnlag for lokal medvirkning. Målgruppen for veilederen er hovedsakelig tiltakshavere og konsulenter. Veiledningen vil også være nyttig for kommunen som planmyndighet og høringsinstanser.

Det finnes flere aktuelle verktøy og metoder for å gi et realistisk inntrykk av de visuelle virkningene av et vindkraftverk. De mest aktuelle verktøyene per i dag er:

- Teoretiske synlighetskart (kapittel 3)
- Fotorealistiske visualiseringer (kapittel 4)
- Dataperspektiv/trådmodeller (kapittel 5)
- Todimensjonale animasjoner (kapittel 5)
- Tredimensjonale terrengmodeller (kapittel 5)

2 Visuelle virkninger av vindkraftverk

Forhold som er viktige for opplevelsen av vindturbiner er:

- Avstand til turbinene
- Vindkraftverkets utstrekning
- Landskapet
- Vær-, lys-, og siktforhold
- Eventuelle virkninger av skyggekast

Alle disse faktorene må tas med i betraktningen når de visuelle virkningene skal illustreres, beskrives og vurderes. Hvilke faktorer som vil være viktige for det enkelte vindkraftverk vil variere avhengig av stedsspesifikke forhold. Dette er nærmere omtalt i vedlegg I, kapittel 2.

3 Teoretiske synlighetskart

Teoretiske synlighetskart er kart som viser områder hvor et planlagt vindkraftverk teoretisk kan være synlig. Ordet ”teoretisk” brukes fordi de fleste synlighetsberegninger ikke tar hensyn til vegetasjon, bygninger og andre naturlige sikhindre – det er bare terrengformen som ligger til grunn for beregningene. Det finnes i dag en rekke programvarepakker som utarbeider teoretiske synlighetskart basert på digitale terrengmodeller.

Teoretisk synlighetskart er godt egnet til å få fram en oversikt over områder hvor vindkraftverket kan være synlig, og områder hvor det ikke vil være synlig. Teoretiske synlighetskart er derfor nyttige for å identifisere egnede fotostandpunkt for visualisering, og som et arbeidsverktøy i planleggingsprosessen for et vindkraftverk. Forhold som er viktige ved utarbeiding av teoretiske synlighetskart er oppsummert i tabellen nedenfor:

Tabell 3.1: Utarbeiding av teoretiske synlighetskart.

Utarbeiding av teoretiske synlighetskart	
Grunnlagsdata	<ul style="list-style-type: none">• Digital terrengmodell basert på kartgrunnlag med 20 meters koter eller bedre.• For eventuelle detaljerte beregninger i vindkraftverkets nærområde bør 5 meters koter benyttes som beregningsgrunnlag.
Beregningsparametre	<ul style="list-style-type: none">• Synlighet beregnes for ruter på maksimalt 50x50 m, fra en betrakterhøyde 1,8 m over bakkenivå.• For vindkraftverkets nærområder bør beregningene utføres for turbinenes totale høyde (fra fundament til vingespiss). Kart i målestokk 1:50 000 er egnet for å presentere resultatene av disse beregningene.• For et større influensområde kan beregningene gjerne utføres for turbinenes navhøyde, da feltundersøkelser har vist at vingesveip fra turbinenes rotorblader sjelden kan registreres på lengre avstander. For et større influensområde bør synlighetsanalysen presenteres på kart i en mindre målestokk (for eksempel 1:200 000). Synlighetsberegningene bør avsluttes 20 kilometer fra vindkraftverkets ytre avgrensning.• Dersom det er behov for detaljerte synlighetsberegninger kan det brukes et beregningsgrunnlag med mer detaljert høydeinformasjon (ekvidistanse fra en til fem meter). Da vil det også være fornuftig å beregne synligheten for mindre ruter (for eksempel 25x25 m, 10x10 m).
Presentasjon av teoretisk synlighet på kart	<ul style="list-style-type: none">• Teoretisk synlighet bør vises med transparente farger på et grunnlagskart i gråtoner, evt. med en svak fargesjattering. Fargenes intensitet bør ikke tones ned med økende avstand.• Det er ønskelig at synlighetskartet har en kategoriinndeling som viser antallet helt eller delvis synlige turbiner.• Avstandssoner fra vindkraftverkets ytre avgrensning og målestokk bør vises på kartet, slik at avstander kommer klart fram.

4 Fotorealistiske visualiseringer

Forhold som er viktige ved utarbeiding av fotorealistiske visualiseringer er oppsummert i tabellen nedenfor:

Tabell 4.1: Utarbeiding og presentasjon av fotorealistiske visualiseringer.

Utarbeiding og presentasjon av fotorealistiske visualiseringer	
Valg av fotostandpunkt for visualisering	<ul style="list-style-type: none">▪ Det bør utarbeides fotorealistiske visualiseringer av et planlagt vindkraftverk fra tilstrekkelig mange fotostandpunkt til å gi et realistisk og representativt bilde av vindkraftverket og av karakteristiske trekk ved landskapet. Antall visualiseringer bør normalt være 5-10. Det vil sjelden være behov for mer enn 10 visualiseringer.▪ Fotostandpunkt kan velges på bakgrunn av en teoretisk synlighetsanalyse. Valg av fotostandpunkt bør foregå i samråd med vertskommune(r) og lokale interessenter, og basere seg på dialog med regionale myndigheter, høringsuttalelser og innspill fra fagkonsulenter for naturmiljø, friluftsliv, kulturminner og kulturmiljø og reiseliv. I meldingsfasen er det viktig at lokale og regionale myndigheter, interessegrupper og befolkningen for øvrig gir innspill til hvilke områder som er aktuelle for en nærmere vurdering og dokumentasjon av de visuelle virkningene.▪ Visualiseringene bør vise prosjektet både fra relativt nær avstand (opp til ca 2-3 km) og midlere avstand (fra ca 2-3 og opp til ca 10-12 km). På lengre avstander (over ca 10-12 km) bør andre visualiseringsteknikker enn fotorealistiske visualiseringer velges.▪ Minst ett av fotostandpunktene bør velges ut med tanke på å gi en samlet oversikt over vindkraftverket der alle eller det maksimale antall vindturbiner er synlig. Det er også ønskelig at et av fotostandpunktene velges med sikte på å vise infrastruktur i form av veier, nettilknytning osv.▪ Fotostandpunktene bør representere ulike områdetyper og ulike typer utsikt. Det vil være særlig viktig å utarbeide visualiseringer fra områder og lokaliteter med nasjonal og regional verdi for relevante tema. Valg av fotostandpunkter bør begrunnes.▪ Fotostandpunktene med fotoretning og vinkel (utsnitt) bør vises på et kart i målestokk 1:50 000 eller 1:100 000, gjerne på det teoretiske synlighetskartet.▪ Det bør lages en kortfattet beskrivelse av de visuelle virkningene for de fleste lokaliteter hvor det er kommet fram ønske om visualisering av vindkraftverket. Dette gjelder både for de punktene det er utarbeidet visualisering, og der dette ikke er gjort.▪ Det bør vurderes hvorvidt det i tillegg er relevant å illustrere samlede virkninger av flere vindkraftverk. I så fall bør valg av fotostandpunkt ta høyde for dette. Dette vil normalt være relevant der flere vindkraftverk planlegges innenfor en radius på ca 30 kilometer.

<p>Råd om fotografering og fotokvalitet</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Brennvidde og kameraformat for bilder (og dermed for visualiseringer) bør alltid noteres og oppgis når bildene brukes til visualiseringer. ▪ Det bør tilstrebes at fotografiene tas i normalt dagslys med gode siktforhold. Vær- og lysforholdene ved fotografering bør være slik at vindturbiner vil tre klart fram på en visualisering. ▪ For å gi en bedre forståelse av landskapet i området og forholdet mellom nære og fjerne objekter, bør et bilde inneholde både forgrunn, mellomgrunn og bakgrunn. ▪ Ved befaring med fotografering bør det tas bilder fra så mange fotostandpunkt som mulig slik at det kan utarbeides visualiseringer i etterkant ved behov. ▪ For å kompensere for undereksponering, overeksponering, flatt lys, støv på linsen og lignende kan bildene som skal brukes i visualisering gjerne justeres i bilderedigeringsverktøy. Omfattende manipulering av bilder som skal brukes som grunnlag for visualiseringer (før vindkraftverket legges inn) bør unngås. ▪ Når enkeltbilder skal settes sammen til en panoramaserie, bør det fotograferes med lik eksponering for alle bildene i et panorama, det bør fotograferes med omtrent en tredjedels overlapp mellom hvert bilde og det bør brukes stativ med muligheter for å vatre kameraet.
<p>Utarbeiding av fotorealisticke visualiseringer</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fotorealisticke visualiseringer bør utarbeides med ved hjelp av programvare som er egnet for formålet. ▪ Dimensjonene på turbintypen som benyttes i visualiseringene bør i hovedtrekk samsvare med omsøkt utbyggingsløsning. Dersom flere turbinstørrelse og oppstillingsmønstre er aktuelle, bør den turbintypen og utformingen som vil ha den mest omfattende visuelle virkningen som hovedregel vises. En tilleggsvisualisering fra minst ett av fotostandpunktene bør da vise alternativ turbinstørrelse. ▪ Som hovedregel er det bedre å overdrive den visuelle kontrasten noe enn å dempe den. ▪ Oppstillingsplasser, veier, kraftledninger, transformatorstasjon og andre elementer i et vindkraftverk som vil være synlige skal vises på visualiseringene. ▪ Visualiseringer i panoramaformat kan ofte være nødvendige for å gi en framstilling av utbredelsen av et vindkraftverk og forholdet til landskapet omkring. Visualiseringer i panoramaformat bør utarbeides ved å ta utgangspunkt i visualiseringer av vindkraftverket som en serie enkeltbilder som deretter settes sammen til et panorama. Bildevinkelen som dekkes av et panoramabilde bør ikke overstige 120 grader da dette vil gi et lite representativt inntrykk av hvordan motivet oppleves i virkeligheten.

Presentasjon av visualiseringer

- Som et vedlegg til konsesjonssøknad, konsekvensutredning og forslag til reguleringsplan bør visualiseringene presenteres i et format som gir et realistisk inntrykk av vindkraftverkets dimensjoner fra en normal betrakningsavstand (30-50 cm). Dette gjelder både visualiseringer basert på enkeltbilder og visualiseringer i panoramaformat.
- En anbefalt betrakningsavstand på 30-50 cm vil sammen med kameraets brennvidde og bildevinkel være styrende for valg av presentasjonsformat. Programvare for fotorealistisk visualisering kan beregne anbefalt betrakningsavstand automatisk. Eksempelvis kan en visualisering basert på et enkeltbilde tatt med 50 mm normalobjektiv (for 35 mm film) forstørres og gjengis i størrelsen 24 x 16 cm. Dette gir et tilnærmet realistisk inntrykk av størrelsesforhold og dimensjoner på en betrakningsavstand på 37 cm. Bildet får da plass på en liggende A4-side sammen med opplysninger om foto og visualisering.
- Andre presentasjonsformat kan også være aktuelle, Det vesentlige er at det sammen med visualiseringene gjengis opplysninger som gjør det mulig å se hvordan visualiseringen er utarbeidet og vurdere hvorvidt visualiseringen gir et realistisk bilde av vindkraftverket.
- For panoramabilder kreves A3 eller enda større format for å gi et tilstrekkelig inntrykk av vindkraftverket i en trykket rapport. Korrekt betrakningsavstand bør alltid oppgis sammen med panoramavisualiseringene. Alternativt kan panoramabildet presenteres "ute av målestokk" i et mindre format for å gi en forståelse av vindkraftverkets utstrekning og forholdet til landskapet omkring. Da kan et av enkeltbildene som inngår i panoramabildet presenteres i et format som gir et riktig inntrykk av vindkraftverkets dimensjoner som beskrevet i punkt over.
- Følgende opplysninger bør presenteres sammen med visualiseringen:
 - Objektivets brennvidde (tilsvarende 35 mm film) og bildevinkel
 - Dato og klokkeslett for fotografering
 - Koordinater for fotostandpunkt (måles med GPS)
 - Fotoretning (kompassretning)
 - Avstand til nærmeste vindturbin
 - Dimensjoner på turbinene som er vist i visualiseringen
 - Anbefalt betrakningsavstand til visualiseringen
 - For panoramabilder bør det opplyses om hvor mange enkeltbilder som inngår i panoramaet.

5 Andre teknikker for dokumentasjon av visuelle virkninger

Dataperspektiv (for eksempel trådmodeller) kan brukes i kombinasjon med fotografi og fotomontasje som både arbeids- og presentasjonsverktøy. På avstander over 10-12 kilometer foretrekkes slike dataperspektiv framfor fotomontasjer fordi turbinene vanskelig kan gjengis realistisk i en fotomontasje på så store avstander.

En todimensjonal animasjon er en filmsekvens basert på en visualisering hvor vindturbinene roterer med realistisk hastighet. Det anbefales at det utarbeides 2D-animasjoner til bruk i folkemøter og på internettsider.

I tredimensjonale terrengmodeller kan betrakteren ved å bevege seg i et mer eller mindre naturtro digitalt landskap og se det planlagte vindkraftverket fra flere ståsteder. 3D-animasjoner kan være nyttig for å simulere opplevelsen av et vindkraftverk sett fra en viktig båtrute, en nasjonal turistvei eller lignende, gitt at tempoet på bevegelsen er realistisk.

Visualisering av planlagte vindkraftverk

Vedlegg I

Utfyllende bakgrunnsstoff

Innhold

1	Bakgrunn og formål	3
1.1	BAKGRUNN FOR VEILEDEREN	3
1.2	HVORDAN VEILEDEREN ER UTARBEIDET	3
1.3	AKTUELLE VERKTØY FOR DOKUMENTASJON AV VISUELLE VIRKNINGER	4
2	Visuelle virkninger av vindkraftverk	5
2.1	AVSTAND TIL VINDTURBINENE	6
2.2	VINDKRAFTVERKETS UTSTREKNING	7
2.3	LANDSKAPET	7
2.4	VÆR-, LYS-, OG SIKTFORHOLD	8
2.5	SKYGGEKAST.....	8
3	Teoretiske synlighetskart	10
3.1	TEORETISKE SYNLIGHETSKART	10
3.2	UTARBEIDING AV TEORETISKE SYNLIGHETSKART	10
4	Fotorealistiske visualiseringer	13
4.1	GENERELT	13
4.2	VALG AV FOTOSTANDPUNKT FOR VISUALISERING.....	13
4.3	RÅD OM FOTOGRAFERING OG FOTOKVALITET	16
4.4	RÅD OM UTARBEIDING AV FOTOREALISTISKE VISUALISERINGER	19
4.5	PRESENTASJON AV VISUALISERINGER	22
5	Andre teknikker for dokumentasjon av visuelle virkninger	25
5.1	DATAPERSPEKTIV/TRÅDMODELLER.....	25
5.2	TODIMENSJONALE ANIMASJONER	25
5.3	TREDIMENSJONALE TERRENGMODELLER	26
6	Definisjoner	27
7	Kilder	29

1 Bakgrunn og formål

1.1 Bakgrunn for veilederen

Ved behandling av søknader om å bygge og drive vindkraftverk er de visuelle virkningene av den planlagte utbyggingen viktige. En mest mulig realistisk framstilling av de visuelle virkningene er derfor en viktig del av beslutningsgrunnlaget ved vurdering om konsesjon skal meddeles eller ikke og som grunnlag for vedtak om reguleringsplan. Denne veilederen beskriver forhold som er viktige ved vurderingen av de visuelle virkningene av et vindkraftverk, og gir råd om egnede verktøy og metoder som kan benyttes for å framstille visualiseringene så virkelighetstro som mulig. Verdier i landskapet og betydningen av disse behandles ikke i denne veilederen. Det er heller ikke vurdert hvordan de visuelle virkningene påvirker landskapets karakter. Generell veiledning om planprosessen for utbygging av vindkraft er heller ikke tatt med i dette dokumentet.

Dokumentasjonen av visuelle virkninger som så langt har ligget til grunn for behandling av søknader om å bygge og drive vindkraftverk har vært av varierende kvalitet. Det er i enkelte sammenhenger blitt stilt spørsmål om fotovisualiseringer gir et feilaktig bilde av virkeligheten, basert på tvil om metodikken som ligger bak visualiseringene. Det er derfor et behov for å gi råd om framgangsmåte og presentasjonsform i en veileder, slik at tiltakshavere er inneforstått med hva NVE forventer i denne sammenheng. Veilederen vil også gjøre det enklere å kontrollere at de visuelle virkningene er tilstrekkelig dokumentert, og at visualiseringene gir et realistisk og representativt bilde av det omsøkte vindkraftverket.

Veilederen skal også bidra til å sikre et best mulig beslutningsgrunnlag for involverte myndigheter, samt gi et bedre grunnlag for lokal medvirkning. Målgruppen for veilederen er tiltakshavere og konsulenter. Veiledningen vil også være nyttig for kommunen som planmyndighet og for høringsinstanser.

1.2 Hvordan veilederen er utarbeidet

Veilederen er utarbeidet av en arbeidsgruppe med representanter fra Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Direktoratet for naturforvaltning (DN), Riksantikvaren (RA), konsulentbransjen (representert ved SWECO Grøner AS) og energibransjen (representert ved Statkraft Development AS og Norsk Hydro ASA).

En rekke konsekvensutredninger av vindkraftverk er gjennomgått og vurdert. I tillegg er tilgjengelige verktøy for dokumentasjon av visuelle virkninger vurdert. I arbeidet med veilederen er det videre gjennomført en befaring til vindkraftverkene på Hitra i Sør-Trøndelag fylke og Smøla i Møre og Romsdal fylke. Under befaringen ble det gjort observasjoner av visuelle virkninger av de to vindkraftverkene på ulike avstander og under skiftende vær-, lys- og siktforhold. Visualiseringene og beskrivelsene av forventede virkninger fra konsekvensutredningene ble sammenlignet med situasjonen etter utbygging. Veilederen bygger videre på en gjennomgang av et utvalg av norsk og internasjonal litteratur om emnet. Viktige kilder og bakgrunns litteratur er gjengitt i dette vedleggets kapittel 7.

Gruppen har hatt et møte der representanter for konsulentbransjen var invitert til å komme med kommentarer. Det ferdige innholdet står likevel for gruppens regning.

1.3 Aktuelle verktøy for dokumentasjon av visuelle virkninger

Det finnes flere aktuelle verktøy og metoder for å gi et realistisk inntrykk av de visuelle virkningene av et vindkraftverk.

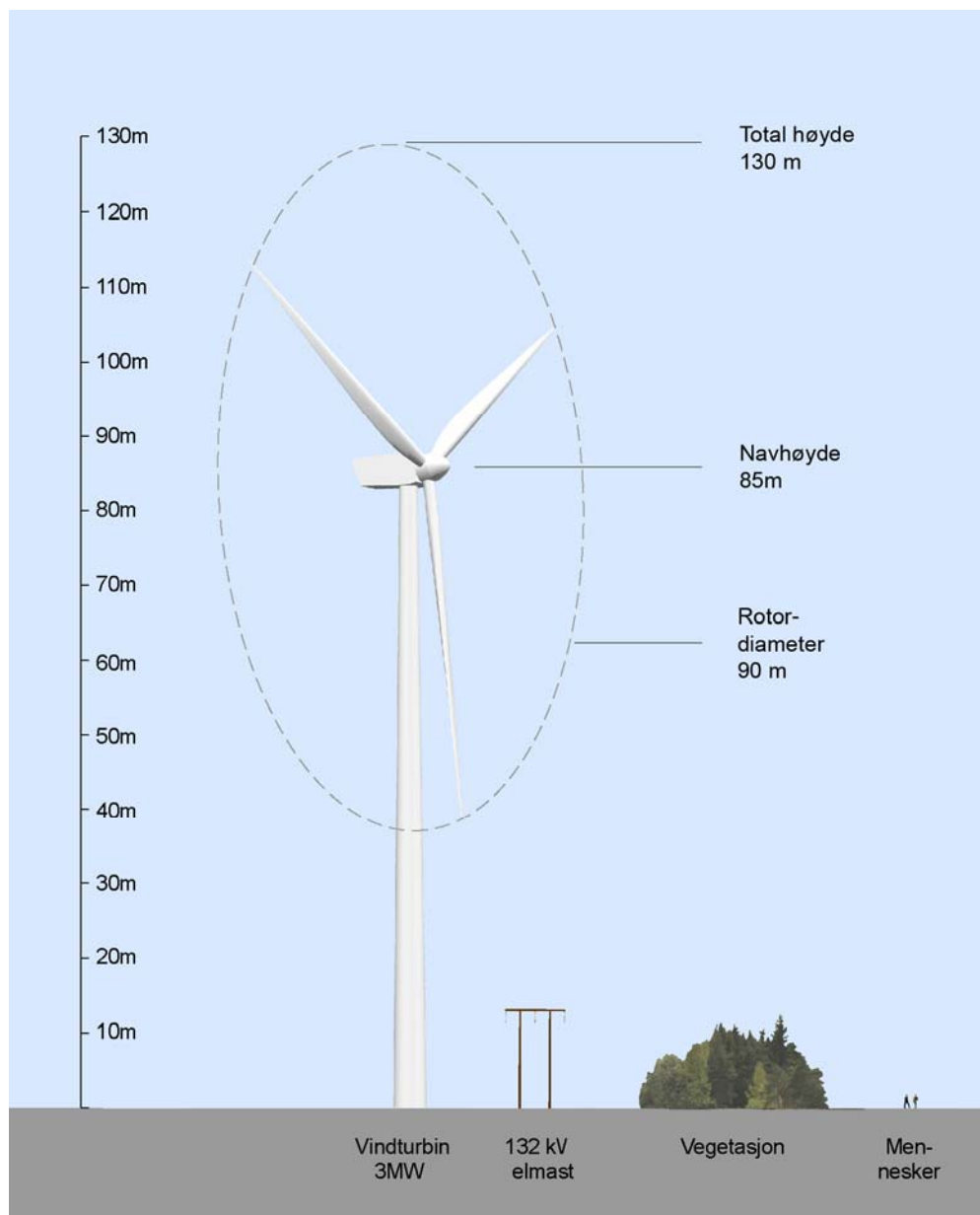
De mest aktuelle verktøyene per i dag er:

- Teoretiske synlighetskart
- Fotorealistiske visualiseringer
- Dataperspektiv/trådmodeller
- Todimensjonale animasjoner
- Tredimensjonale terrengmodeller

Fordeler og ulemper ved de ulike verktøyene, og råd om bruk og metode er nærmere omtalt i kapittel 3, 4 og 5.

2 Visuelle virkninger av vindkraftverk

Vindturbiner er store konstruksjoner som vil være synlige over store avstander og de vil normalt få en eksponert plassering i landskapet. En moderne vindturbin består av rotor med vinger, maskinhus med generator og kontrollsystem, samt tårn og fundament. Turbinenes utforming, dimensjoner og proporsjoner vil variere avhengig av turbintype. Typiske dimensjoner og proporsjoner for en vindturbin er vist i figur 2.1.



Figur 2.1: Vindturbiner er store konstruksjoner som er godt synlige i landskapet. Illustrasjonen viser typiske dimensjoner for en 3 MW vindturbin sammenlignet med en 132 kV kraftledningsmast, vegetasjon og mennesker. Illustrasjon: Trond Simensen.

Størrelsen på vindturbinene er avgjørende for hvordan rotasjonshastigheten oppleves. Med samme rotasjonshastighet ved vingespissen, vil en stor vindturbin bruke lenger tid på å fullføre en rotasjon enn en mindre vindturbin. Antall omdreininger pr. minutt blir dermed lavere. Store turbiner ser dermed ut som de roterer mye roligere enn små vindturbiner.

Det finnes en del forskning, mye erfaring og et relativt stort tilfang av veiledning som omhandler vurderingen av visuelle virkninger av vindkraftverk og vektlegging av avstand, visuelle influenssoner og synlighet. Forhold som er viktige for opplevelsen av vindturbiner er:

- Avstand til turbinene
- Vindkraftverkets utstrekning
- Landskapet
- Vær-, lys-, og siktforhold
- Eventuelle virkninger av skyggekast

Dette er faktorer som må tas med i betraktningen når de visuelle virkningene skal illustreres, beskrives og vurderes. I tillegg kan vindturbinenes dimensjoner (forholdet mellom rotorlengde og tårnhøyde) være av betydning.

Hvilke faktorer som vil være viktige for det enkelte vindkraftverk vil variere avhengig av stedsspesifikke forhold. I det følgende er det gitt en kort beskrivelse av hvordan de ulike forholdene kan påvirke det visuelle inntrykket av et vindkraftverk. Verdier i landskapet og betydningen av disse behandles ikke i denne veilederen. Det er heller ikke vurdert hvordan de visuelle virkningene påvirker landskapets karakter.

2.1 Avstand til vindturbinene

Erfaringer fra norske vindkraftverk viser at synligheten avtar med økende avstand. Andre forhold kan også ha stor betydning for de visuelle virkningene, slik at avstand til vindturbinene alene ikke er et tilstrekkelig kriterium ved vurdering av hvordan turbinene oppleves. I det følgende er det oppsummert noen generelle erfaringer om avstandens betydning for opplevelsen av et vindkraftverk, med forbehold om at dette kan variere fra sted til sted.

I vindkraftverkets nærområder (opp til ca. 2-3 kilometer) kan man tydelig oppfatte turbinenes store dimensjoner sammenlignet med de eksisterende landskapselementer. Turbinene kan være et dominerende element i landskapsbildet. De nærmeste 3-400 meter må man løfte blikket for å fange hele synet av en vindturbin. Så sant det ikke er tett tåke, har sikten liten betydning for opplevelsen av turbinene i nærsonen. Detaljer ved turbinenes utforming og farge kan oppfattes.

På midlere avstander (fra ca. 2-3 km til ca. 10-12 km) vil siktforholdene spille en viktig rolle. Også her vil turbinenes utforming oppfattes, men detaljene sløres. Størrelsen på turbinene oppfattes ikke alltid klart, fordi det er vanskelig å vurdere avstanden til dem. Terrengformer og vegetasjon vil påvirke det visuelle inntrykket, og mange steder skjule turbinene helt eller delvis. Men erfaringer fra Hitra og Smøla viser at vindturbinene oppfattes som tydelige landskapselementer og setter sitt preg på opplevelsen av landskapet på om lag 10-12 kilometers avstand, selv der terrengformer og vegetasjon bidrar til å dempe det visuelle inntrykket.

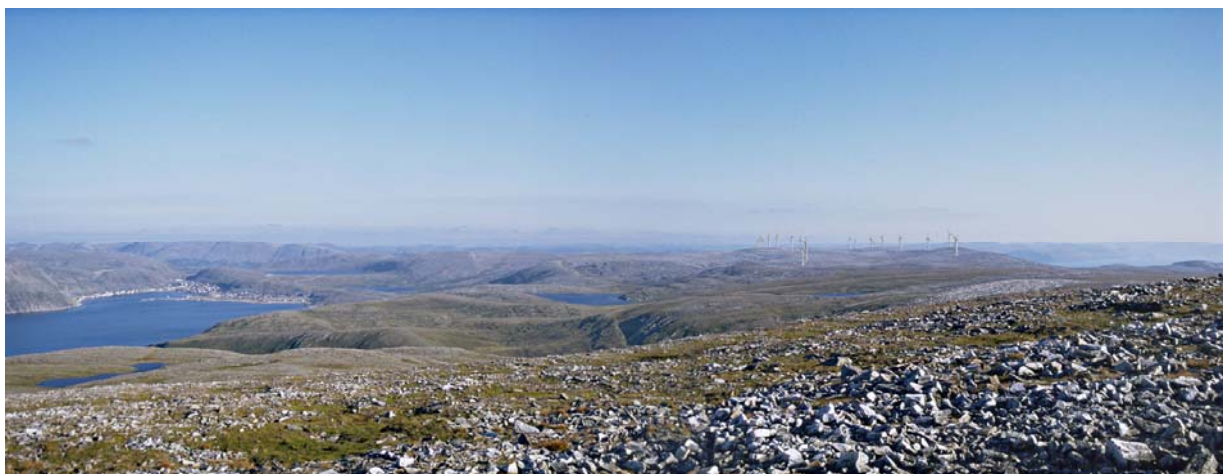
På lange avstander (over ca 10-12 km) er turbinenes synlighet helt avhengig av værforholdene. Erfaringer fra vindkraftverkene på Hitra og Smøla viser at det er mulig å oppfatte vindturbiner på avstander opp til ca 30-40 kilometer fra vindkraftverket ved spesielle siktforhold (turbinene på Smøla kan ved spesielle værforhold skimtes fra Håvikfjellet på Hitra). Synlighet på så lange avstander opptrer imidlertid kun ved spesielt klare siktforhold og når betrakterne leter spesielt etter vindturbiner med blikket. Det er særlig når det er store fargekontraster at vindturbiner kan være godt synlig på avstander over 15-20 kilometer. Grått vær vil ofte føre til at turbinene forsvinner mot himmelen, mens sikten i klarvær ofte vil sløres av en dis. På lange avstander vil også jordkrumningen påvirke

synligheten. På 25 kilometers avstand vil synligheten til et vertikalt objekt i et flatt terreng reduseres med ca. 40 meter på grunn av krumningen i jordens overflate.

2.2 Vindkraftverkets utstrekning

Antall synlige turbiner er viktig for opplevelsen av et vindkraftverk. Mange turbiner vil normalt oppleves som mer visuelt dominerende enn få turbiner når dimensjonene for øvrig er like. Store og færre turbiner gir ofte et roligere visuelt uttrykk enn mange små turbiner. Videre er utstrekningen av vindkraftverket viktig for opplevelsen. Selv om visualiseringer alltid har vindkraftverket i sentrum, bør man være oppmerksom på at et vindkraftverk som regel bare er synlig i en avgrenset del av synsfeltet når man befinner seg i et landskap. Når vindkraftverket dekker en liten del av det totale synsfeltet er de visuelle virkningene normalt mindre omfattende enn når vindturbiner er synlige i store deler av synsranden. Hva som er naturlig utsiktsretning på stedet vil også ha betydning for den visuelle opplevelsen. Det bør vurderes om betrakteren som regel vil ha vindkraftverket i ryggen, eller om det vil inngå som en del av den naturlige utsikten på stedet.

Terrengformer og vegetasjon vil mange steder skjule turbinene helt eller delvis, og det kan ofte være områder inntil vindkraftverket hvor det ikke er mulig å se vindturbiner. Fra enkelte utsiktspunkter vil hele vindturbiner være synlige, fra andre vil kun deler av rotorbladene være synlige. Synet av en hel turbin oppfattes gjerne mer harmonisk og helhetlig enn en glimtvis opplevelse av rotorblader i bevegelse. Dette gjelder særlig helt inntil et vindkraftverk. På midlere og lengre avstander (mer enn ca 2-3 kilometer unna) vil slike vingesveip i liten grad tiltrekke seg oppmerksomhet eller påvirke opplevelsen av et landskap.



Figur 2.2: Fra enkelte utsiktspunkt kan oppstillingsmønsteret i et vindkraftverk oppfattes tydelig, som her ved Kjøllefjord vindkraftverk sett fra Vindhamran. Fra dette utsiktspunktet danner vindkraftverket en klart avgrenset gruppe objekter i landskapet. Turbinene danner to tydelige rekker som følger terrenget. Tiltakshaver: Statkraft Development AS. Foto og visualisering: Einar Berg, Inter Pares as.

2.3 Landskapet

Betrakterens posisjon i landskapet i forhold til vindkraftverket har betydning for synligheten. Når turbinene er lokalisert høyt i terrenget og sees i silhuett mot himmelen, vil de visuelle virkningene oftest være mer omfattende enn i et flatt terreng.

Variasjon i terrengform, mangfold av landskapselementer og andre fokuspunkter i forgrunnen vil påvirke den visuelle opplevelsen av et vindkraftverk. I et variert og småkupert landskap som er rikt på landskapselementer i forgrunnen, vil opplevelsen av et vindkraftverk være annerledes enn i et åpent

landskap med stor skala, som for eksempel en ensartet flat vidde. Hvordan romlige forhold i landskapet påvirker opplevelsen av et vindkraftverk må vurderes konkret i hvert enkelt tilfelle.

Hvorvidt vindkraftverket framstår som en klart avgrenset gruppe objekter i landskapet eller har en mer uklar avgrensning er vesentlig ved vurdering av de visuelle virkningene. Et vindkraftverk framstår normalt som mer harmonisk når turbinene har ensartet design, farge, dimensjoner og omdreiningshastighet. På enkelte lokaliteter vil det være mulig å arbeide med turbinenes oppstillingsmønster som visuell form. Et strengt geometrisk oppstillingsmønster vil imidlertid ofte bare oppfattes fra utvalgte utsiktspunkter, selv i et flatt landskap. Jo større variasjon det er i terrengformene, jo vanskeligere er det å skape et geometrisk oppstillingsmønster.

2.4 Vær-, lys-, og siktforhold

Vær-, lys- og siktforholdene vil påvirke vindkraftverkets synlighet. Tåke, regn-, snøvær og dis reduserer sikten. Direkte sollys på turbinene øker turbinenes synlighet ved de fleste avstander. Turbinene er derfor ofte mest synlige fra synspunkter i en bue fra øst via sør til vest for vindkraftverket. Fra nordsiden av et vindkraftverk vil turbinene gjerne sees med baklys, noe som reduserer synligheten noe.

I tillegg til at det er et krav fra luftfartsmyndighetene, har det utviklet seg en tradisjon og et symbolspråk for at vindturbiner skal være hvite eller lysegrå. Lysforholdene vil likevel ha stor betydning for hvordan fargen på turbinene oppleves. Mot en grå himmel blir også turbinene grå og som regel mindre synlig enn i klart vær. Unntaket er når sola skinner på turbinene med en mørk himmel som "bakteppe". Når sola står bak turbinene ser turbinene mørke ut. I klart vær og solskinn trer de hvite turbinene klart fram mot den blå himmelen. Langs kysten vil ofte dis sløre kontrasten på lengre avstander, særlig midt på dagen. Disse faktorene er det viktig å være oppmerksom på ved utarbeiding av visualiseringer.

2.5 Skyggekast

Skyggekast oppstår når vindturbinen blir stående mellom solen og et mottakerpunkt og det dannes en skyggeeffekt av rotorbladenes bevegelser. Slike skygger kan spesielt være problematiske når de faller på lysåpninger som vinduer. Sett innenfra kan den roterende skyggen kutte sollyset og skape en blinkende effekt, gjerne kalt stroboskopeffekten, med en frekvens lik tre ganger vindturbinens rotasjonsfrekvens. En roterende skygge vil også være uheldig når den faller på områder som benyttes til stedbundne rekreasjonsformål, men virkninger av skyggekast vil da normalt være vesentlig mer beskjedent. Hvor og når skyggekast kan oppstå avhenger blant annet av geografisk plassering og lokal topografi. I og med at skyggenes intensitet avtar med avstanden fra turbinen og blir mer og mer diffus, vil den i avstander på mer enn ca. 2 kilometer fra turbinen være lite merkbar. Effekten er mest merkbar når sola står lavt på himmelen. Om vinteren kastes skyggene langt i nordlig retning, mens de om sommeren blir lange mot sørvest om morgenen og sørøst om kvelden. Med utgangspunkt i informasjon om vindturbinens utforming og plassering, geografisk og i forhold til et gitt område, kan tiden hvor skyggen teoretisk kan ramme området bestemmes. Summen av all tid skyggen kan oppstå på et gitt sted kalles maksimal teoretisk skyggekast (uten hensyn til værforhold).



Figur 2.3: Bilder fra eksisterende vindkraftverk som viser hvor mye lysforholdene har å si for hvordan fargen på turbinene oppleves. De to turbinene på bildet til venstre har samme farge, men skygge fra skyer gjør at den fremste turbinen ser grå ut, mens den bakerste turbinen som står i sollyset er hvit. I motlys som på bildet til høyre, ser turbinen nesten svart ut. Foto: Trond Simensen.

3 Teoretiske synlighetskart

3.1 Teoretiske synlighetskart

Teoretiske synlighetskart er kart som viser områder hvor et planlagt vindkraftverk teoretisk kan være synlig. Ordet ”teoretisk” brukes fordi de fleste synlighetsberegninger ikke tar hensyn til vegetasjon, bygninger og andre naturlige sikthindre – det er bare terrengformen som ligger til grunn for beregningene. I realiteten vil vindkraftverket dermed være synlig fra et mindre område enn det som vises på det teoretiske synlighetskartet. Det finnes i dag en rekke programvarepakker som utarbeider teoretiske synlighetskart basert på digitale terrengmodeller.

Det kan være aktuelt å ta i bruk beregningsmetoder som også tar hensyn til vegetasjon, bygninger og lignende. Enkelte programmer gjør dette allerede i dag. Med stor sannsynlighet vil det vil likevel alltid være knyttet feilkilder til slike beregninger, og kvaliteten på synlighetskartene vil alltid være avhengig av kvaliteten på kartgrunnlaget som brukes som beregningsgrunnlag. Teoretiske synlighetskart kan vise antall synlige turbiner (helt eller delvis) i ulike områder, men de kan ikke dermed brukes direkte til å vurdere omfanget av de visuelle virkningene.

På tross av disse begrensningene, er et teoretisk synlighetskart godt egnet til å få fram en oversikt over områder hvor vindkraftverket kan være synlig, og områder hvor det ikke vil være synlig. Teoretiske synlighetskart er derfor nyttige for å identifisere egnede fotostandpunkter for visualisering, og som et arbeidsverktøy i planleggingsprosessen for et vindkraftverk. Kartene bør helst utarbeides tidlig i planprosessen som et grunnlag for konsekvensutredninger.

3.2 Utarbeiding av teoretiske synlighetskart

Som vedlegg til konsesjonssøknad med konsekvensutredning og forslag til reguleringsplan bør det utarbeides kart som viser teoretisk synlighet for vindkraftverket. Synlighetsanalysen bør utarbeides for et område som strekker seg 20 kilometer unna vindkraftverkets ytre avgrensing. Synlighet bør beregnes for ruter på maksimalt 50x50 m fra en betrakterhøyde 1,8 meter over bakkenivå. Synlighetskartet bør vise antall helt eller delvis synlige turbiner for de aktuelle områdene.

Teoretisk synlighet bør beregnes på grunnlag av en terrengmodell basert på kartgrunnlag med 20-meters-koter eller bedre. Med 20-meters koter som beregningsgrunnlag (som er vanlig i Norge i dag), bør man være forsiktig med å presentere resultatene av beregningene i stor målestokk (dvs. på detaljerte kart). Dette vil gi et feilaktig inntrykk av detaljeringsgraden i beregningene. Dersom det er behov for detaljerte synlighetsberegninger, for eksempel i vindkraftverkets nærområder, kan det brukes et beregningsgrunnlag med mer detaljert høydeinformasjon (ekvidistanse fra en til fem meter). Da vil det også være hensiktsmessig å beregne synligheten for mindre ruter (for eksempel 25x25 m, 10x10 m).

Planområdets form og størrelse og topografien i området må være styrende for presentasjonsmålestokken. Kartseriene 1:50 000 og 1:250 000 fra Statens kartverk er egnede grafiske presentasjonsgrunnlag for synlighetskartene.

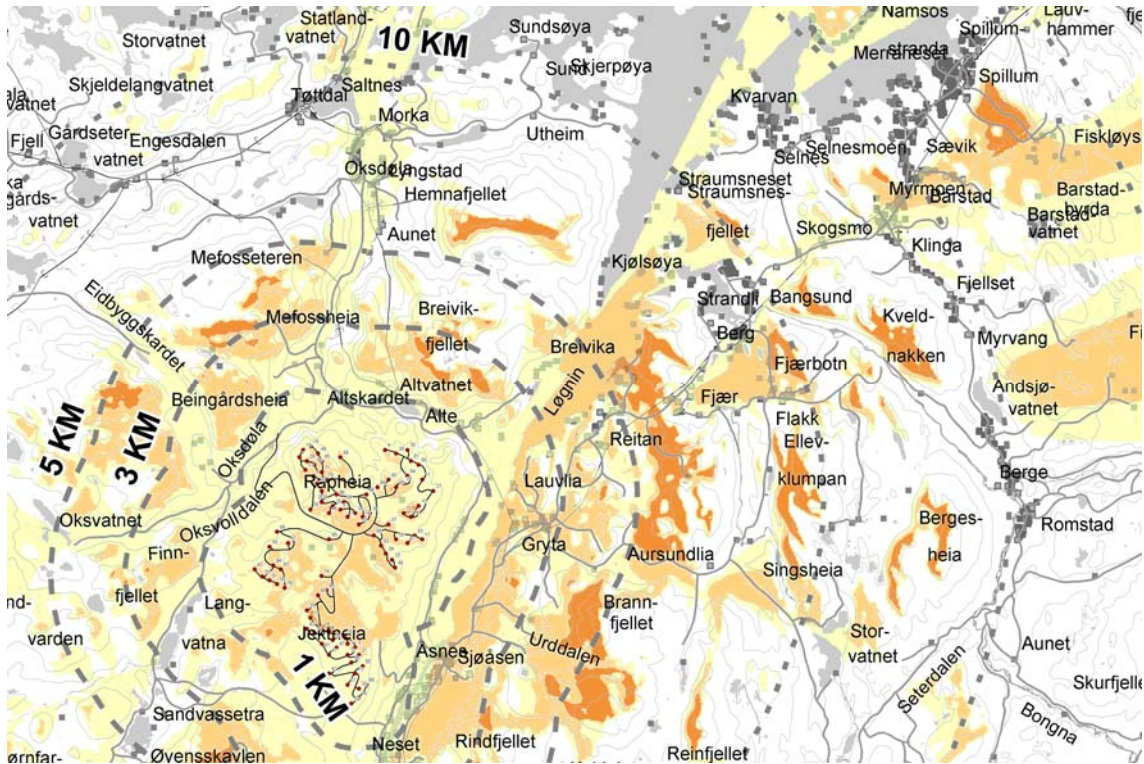
For vindkraftverkets nærområder bør beregningene utføres for turbinenes totale høyde (fra fundament til vingspiss). Kart i målestokk 1:50 000 er egnet for å presentere resultatene av disse beregningene. For et større influensområde bør synlighetsanalysen presenteres på kart i en mindre målestokk (for eksempel 1:200 000). For dette synlighetskartet kan beregningene gjerne utføres for turbinenes navhøyde, da feltundersøkelser har vist at vingesveip fra turbinenes rotorblader sjelden kan registreres på lengre avstander.

Ettersom vindturbinene sjelden vil kunne sees på avtander over 20 kilometer, langt mindre påvirke opplevelsen av landskapet, bør beregningene avsluttes 20 kilometer fra vindkraftverkets ytre avgrensning.

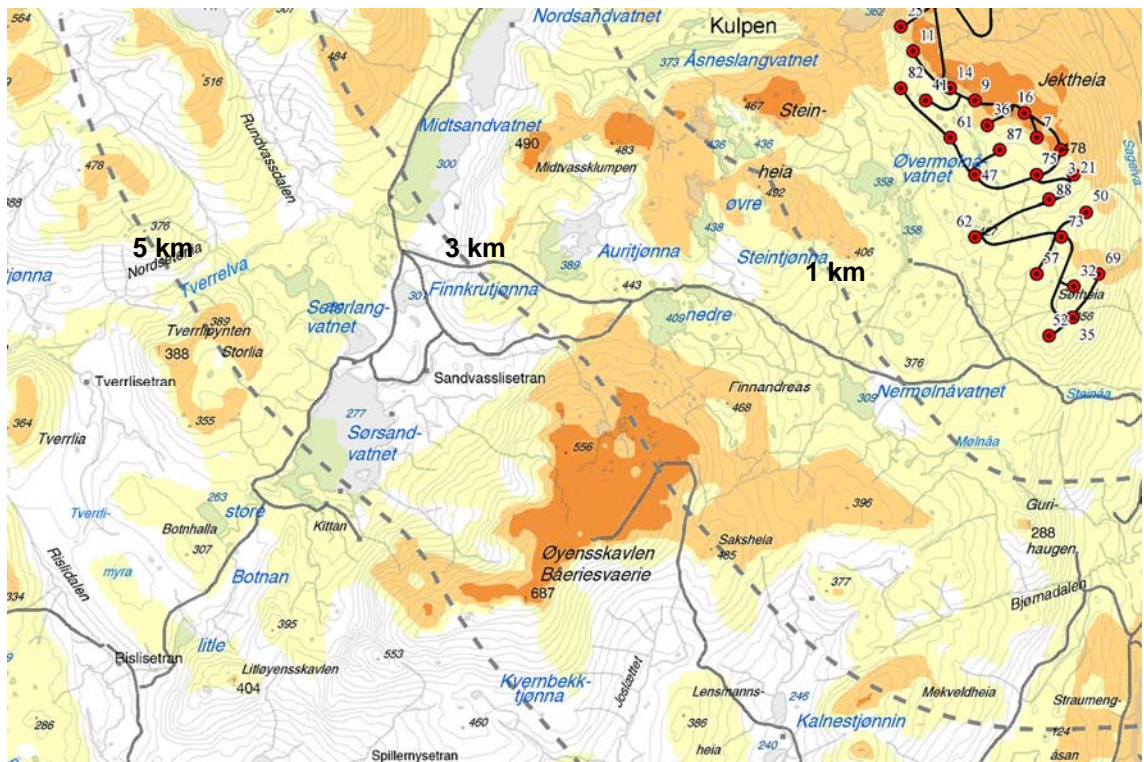
Målestokk og avstandssoner fra vindkraftverkets ytre avgrensning bør vises på kartene slik at avstandsforhold kommer klart fram. Synlighetsberegningene bør vises med transparente farger på et grunnlagskart i gråtoner, eventuelt med en svak fargesjattering. Fargenes intensitet bør ikke tones ned med økende avstand, siden synlighetskartet da kan gi et feilaktig inntrykk av at kartet illustrerer *omfanget* av de visuelle virkningene. Det er ønskelig at synlighetskartet har en kategoriinndeling som viser antallet helt eller delvis synlige turbiner. Kategoriintervallene må tilpasses det enkelte prosjekt slik at de blir mest mulig informative.

0 (ikke synlig)	Opptil 1/3 av vindkraftverket synlig (1-10 turbiner)	1/3 til 2/3 av vindkraftverket synlig (10-20 turbiner)	2/3 til hele vindkraftverket synlig (20-30 turbiner)
RGB-fargekode: 255, 255, 255	RGB-fargekode: 255, 255, 190	RGB-fargekode: 255, 211, 128	RGB-fargekode: 243, 145, 54
CMYK-fargekode: 0,0,0,0	CMYK-fargekode: 2, 0, 31, 0	CMYK-fargekode: 0, 17, 58, 0	CMYK-fargekode: 1, 51, 90, 0

Figur 3.1: Eksempel på en fargeskala med fire fargekategorier som viser hvor stor del av vindkraftverket som er helt eller delvis synlig; ingen synlige turbiner, inntil 1/3, inntil 2/3 og inntil hele vindkraftverket helt eller delvis synlig. Det bør opplyses hvor mange turbiner som er synlige innenfor de ulike fargekategoriene.



Figur 3.2: Utsnitt fra synlighetskart som viser antall synlige turbiner i målestokk 1:200 000. Kartet er utarbeidet for et område på inntil 20 km fra vindkraftverkets ytre avgrensing.



Figur 3.3: Utsnitt fra synlighetskart som viser synlighet i vindkraftverkets nærområder i målestokk 1:50 000.

4 Fotorealistiske visualiseringer

4.1 Generelt

Fotorealistiske visualiseringer er et egnet verktøy for å framstille visuelle virkninger av ulike typer landskapsendringer. Et fotografi eller en fotorealistisk visualisering kan aldri gjenskape virkeligheten, men det kan gi et realistisk inntrykk av hvordan ulike landskapsendringer vil fortone seg. Det menneskelige øye beveger seg hele tiden, og hjernen produserer et dynamisk og komplekst mentalt bilde av omgivelsene med stor dybdevirkning. Kameraet gjengir kun et flatt, statisk øyeblikksbilde, et begrenset utsnitt av en tredimensjonal virkelighet som et menneske vil oppleve fra samme standpunkt. Fargegjengivelse, lysnivåer og eksponering vil variere avhengig av kameraet som benyttes, og kontrastene i et fotografi er langt mindre tydelige enn de oppleves i virkeligheten.

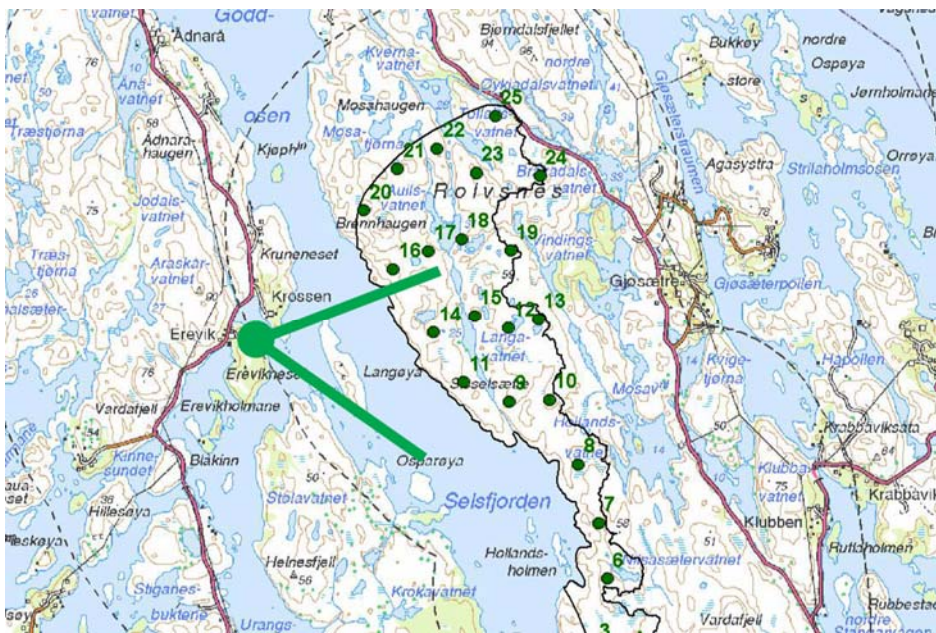
Fotorealistiske visualiseringer skal gi et realistisk inntrykk av et planlagt vindkraftverk, og det er derfor vesentlig at visualiseringene er representative og nøyaktige. Det finnes flere gode spesialprogrammer for visualisering av vindturbiner. Ved riktig bruk av disse programmene blir turbinene skalert og plassert nær 100 prosent korrekt i motivet. Dette er i Norge bekreftet ved kontroll av visualiseringene som i sin tid ble utført i forbindelse med konsekvensutredning av vindkraftverkene på Hitra og Smøla. Erfaringer har imidlertid også vist at bruken av ulike brennvidder og formater for presentasjon gjør at visualiseringene ikke alltid gir et realistisk inntrykk av avstanden til vindkraftverket. Selv om fagfolk lett kompenserer for dette, vil mange kunne få et galt inntrykk av størrelsesforhold og dimensjoner i et vindkraftverk ved bruk av et uheldig presentasjonsformat.

4.2 Valg av fotostandpunkt for visualisering

- Det bør utarbeides fotorealistiske visualiseringer av et planlagt vindkraftverk fra tilstrekkelig mange fotostandpunkt til å gi et realistisk og representativt bilde av vindkraftverket og av karakteristiske trekk ved landskapet. Antall visualiseringer bør normalt være 5-10. Det vil sjelden være behov for mer enn 10 visualiseringer.
- Fotostandpunktene kan velges på bakgrunn av en teoretisk synlighetsanalyse. Valg av fotostandpunkt bør foregå i samråd med vertskommune(r) og lokale interessenter, og basere seg på dialog med regionale myndigheter, høringsuttalelser og innspill fra fagkonsulenter for naturmiljø, friluftsliv, kulturminner og kulturmiljø og reiseliv. I meldingsfasen i en konsekvensutredningsprosess er det viktig at lokale og regionale myndigheter, interessegrupper og befolkningen for øvrig gir innspill til hvilke områder som er aktuelle for en nærmere vurdering og dokumentasjon av de visuelle virkningene.
- Fotostandpunktene bør vise både nær- og fjernvirkning av vindkraftverket. Det er normalt mindre viktig å vise hvordan prosjektet ser ut fra selve planområdet enn fra relevante fotostandpunkt utenfor. Visualiseringene bør både vise prosjektet både fra relativt nær avstand (opp til ca 2-3 km) og midlere avstand (fra ca 2-3 og opp til ca 10-12 km). På lengre avstander (over ca 10-12 km) bør andre visualiseringsteknikker enn fotorealistiske visualiseringer velges.
- Fotostandpunktene bør representere ulike områdetyper og ulike typer utsikt (fra bebyggelse, turområder, kulturminner og kulturmiljøer og viktige ferdselsårer som for eksempel turistveier, stier, skipsleia osv.). Fotostandpunkt bør videre velges med sikte på å vise vindkraftverket for ulike målgrupper (fastboende, turister, turgåere osv.). Fotostandpunktene bør i størst mulig grad representere den typiske utsikten fra stedet og få fram karakteristiske trekk i landskapet. Lokaliteter med stor ferdsel, hvor folk

oppholder seg i lengre perioder eller steder hvor utsikten har betydning for aktiviteten på stedet, bør prioriteres. Valg av fotostandpunkt bør begrunnes.

- Minst ett av fotostandpunktene bør velges ut med tanke på å gi en oversikt over vindkraftverket i hele sin utstrekning der alle eller det maksimale antall vindturbiner er synlig. Det er også ønskelig at et av fotostandpunktene velges med sikte på å vise infrastruktur i form av veier, nettilknytning osv.
- Det vil være særlig viktig å utarbeide visualiseringer fra områder og lokaliteter med nasjonal og regional verdi for relevante tema (for eksempel landskap, friluftsområder og kulturmiljøer med nasjonal og regional verdi, nasjonalparker, områder på UNESCO verdensarvliste og naturvernområder) gitt at de visuelle virkningene kan påvirke formålet med vernet.
- Fotostandpunktene bør vises på et kart i målestokk 1:50 000 eller 1:100 000 som i tillegg til fotostandpunkt også viser fotoretning og vinkel (utsnitt). Lokalisering og avgrensning av vindkraftverket bør vises på kartet. Dersom det er hensiktsmessig kan fotostandpunktene presenteres på det teoretiske synlighetskartet.



Figur 4.1: Fotostandpunkt, fotoretning og fotovinkel bør vises på kart.

Det bør vurderes hvorvidt det i tillegg er relevant å illustrere samlede virkninger av flere vindkraftverk. Dette kan være aktuelt for planlagte vindkraftverk som er lokalisert i områder med andre bygde eller planlagte prosjekter innenfor en radius på ca 30 km. Da bør de samlede visuelle virkningene beskrives og visualiseres, og valg av fotostandpunkt bør ta høyde for dette.



Figur 4.2: Eksempel på visualisering fra kulturmiljø – Fræna vindkraftverk sett fra Hustad kirke. Tiltakshaver: Statkraft Development AS. Foto og visualisering: Einar Berg, Inter Pares as.



Figur 4.3: Når flere planlagte vindkraftverk er lokalisert i nærheten av hverandre, vil det være aktuelt å visualisere de samlede visuelle virkningene. Valg av fotostandpunkt bør da ta høyde for dette. Visualiseringen viser Svåheia vindkraftverk foran til venstre i bildet og Fruknuten vindkraftverk bak til høyre sett fra Stapnes. Tiltakshavere: Dalane Vind AS (Svåheia) og Norsk Hydro ASA (Fruknuten). Eksempelet er utarbeidet i en tidlig planfase, og er ikke nødvendigvis representativt for de aktuelle prosjektene. Foto og visualisering: Einar Berg, Inter Pares as.

I en planprosess for vindkraftverk vil det ofte komme fram ønsker om å visualisere tiltaket fra flere fotostandpunkt enn det som vil være praktisk mulig i en konsekvensutredning. Det bør derfor lages en kortfattet beskrivelse av de visuelle virkningene for de fleste lokaliteter hvor det er kommet fram ønske om visualisering av vindkraftverket, eller steder som utreder har vurdert. I tabell 4.1 er det vist et eksempel på hvordan dette kan sammenstilles oversiktlig i tabellform. Beskrivelsene for det enkelte området utarbeides for eksempel på bakgrunn av den teoretiske synlighetsanalysen og ved bruk av dataperspektiver (se omtale i kapittel 5). Beskrivelsen av visuelle virkninger bør være av nøktern art. Hvordan de visuelle virkningene påvirker verdier innenfor temaene landskap, friluftsliv, kulturminner og kulturmiljøer og viktige områder for og reiseliv, vurderes i konsekvensutredningene for de respektive fagområdene.

Tabell 4.1: Eksempel på en synlighetstabell.

Sted/lokalitet	Avstand til nærmeste vindturbin	Antall turbiner helt eller delvis synlige	Forhold som påvirker den visuelle opplevelsen av vindkraftverket
Område A	0,1 km	35-40	Vindkraftverket vil fylle hele synsfeltet mot sør og vest. Turbinene er stort sett i samme høyde som betrakteren, men man må løfte blikket for å se de aller nærmeste turbinene.
Område B	1,2 km	35-40	Terrangformer vil stedvis skjule turbinene, men store deler av vindkraftverket vil være synlig. Oppstillingsmønsteret med rekker oppfattes tydelig.
Tettsted A	2,6 km	20-30	God oversikt over store deler av vindkraftverket. Vindkraftverket er langt nok unna til at det oppfattes som et samlet og klart avgrenset landskapselement. Vindkraftverket for det meste synlig i silhuett.
Tettsted B	4,7 km	0	Ingen synlige turbiner
Tettsted C	6,1 km	0-20	Ingen turbiner synlige fra kai eller veg. Litt lenger oppe i lia kan det meste av vindkraftverket skimtes, men vindkraftverket ligger delvis skjult bak terrengformer og vil ikke være et fremtredende element i landskapet.
Kulturminne A	11,1 km	40	Turbinene kan skimtes langt unna som en klart avgrenset gruppe objekter i landskapet ved gode sikforhold.

4.3 Råd om fotografering og fotokvalitet

Det kreves god kvalitet av fotografier som skal brukes som basis for fotorealistiske visualiseringer. For at et dataprogram skal kunne generere objekter i en visualisering som stemmer eksakt overens med fotografiet fra stedet, stilles det visse krav til den tekniske kvaliteten på bildene.

- Brennvidde og kameraformat for bilder (og dermed for visualiseringer) bør alltid noteres og oppgis når bildene brukes til visualiseringer. Ved bruk av speilreflekskamera med tradisjonelt 35 mm filmformat bør det fortrinnsvis brukes et 50 mm normalobjektiv. Teleobjektiver eller vidvinkelobjektiver med kortere brennvidde enn 35 mm bør ikke benyttes da dette vil gi en fortegnert gjengivelse av landskapets proporsjoner. Dersom det er ønskelig med en stor bildevinkel bør dette gjøres ved å utarbeide panoramabilder satt sammen av flere enkeltbilder.
- Billedsensoren i mange digitale speilreflekskamera er mindre enn formatet på en 35 mm film. Billedutsnittet som dekkes av et digitalt kamera med en bestemt brennvidde på objektivet er derfor mindre enn for et filmbasert kamera. Med digitalt kamera må fotografen kanskje benytte en brennvidde på 35 mm for å et bilde som tilsvarer 50 mm for et filmbasert kamera. Ved å multiplisere brennvidden på digitale speilreflekskameraer med en viss faktor (for eksempel 1,6) kan brennvidden "oversettes" til 35 mm filmformat. Den rette omregningsfaktoren finnes som regel i kameraets manual.
- Bruk av digitalt kompaktkamera med zoom frarådes, da linsene i slike kameraer ofte gir perspektiviske fortegninger i bildene.

- Dersom enkeltbilder skal settes sammen til en panoramaserie, er det hensiktsmessig å gjøre opptak med manuell innstilling og lik eksponering for alle bildene i et panorama. Ved bruk av automatisk eksponering får man ofte forskjeller i fargestikk fra bilde til bilde, og det blir fort tydelige ”skjøter” i bildene som det er komplisert å utjevne. Det er hensiktsmessig å fotografere med omtrent en tredjedels overlapp mellom hvert bilde. Stativ med muligheter for å vatre kameraet anbefales ved panoramafotografering.
- Bildene bør tas i normalt dagslys med gode siktforhold. Vær- og lysforholdene ved fotografering bør være slik at vindturbiner vil tre klart fram på en visualisering. Blå himmel eller lettskyet vær er det ideelle, men også gråværsbilder kan brukes til visualiseringer så lenge siktforholdene er gode. Bilder som skal brukes til visualiseringer bør fortrinnsvis tas i sommerhalvåret. Vinterbilder kan brukes som et supplement.
- For å gi en bedre forståelse av landskapet i området og forholdet mellom nære og fjerne objekter, bør et bilde inneholde både forgrunn, mellomgrunn og bakgrunn. Trær, mennesker, biler, osv. i forgrunnen gjør det lettere å forstå avstander i et bilde. Foto bør tas slik at det er enkelt å kjenne seg igjen for folk som bor på stedet.
- Ved befaring med fotografering bør det tas bilder fra så mange fotostandpunkt som mulig slik at det kan utarbeides visualiseringer i etterkant ved behov. Det bør tas bilder på befaringen som dekker et synsfelt på minimum 180 grader, og i enkelte tilfeller opp mot 360 grader. Flere bilder fra hvert fotostandpunkt gjør det lettere å få et enkeltbilde som er egnet til utarbeiding av visualisering.
- For å kompensere for undereksponering, overeksponering, flatt lys, støv på linsen og lignende kan bildene som skal brukes til visualisering gjerne justeres i bilderedigeringsverktøy. Omfattende manipulering av bilder som skal brukes som grunnlag for visualiseringer (før vindkraftverket legges inn) bør unngås.



Figur 4.4: Bilder som skal brukes til visualiseringer bør fortrinnsvis tas i sommerhalvåret, men vinterbilder kan brukes som et supplement. Visualisering av Måsvik vindkraftverk i Tromsø kommune på et tidlig stadium i planprosessen. Tiltakshaver: Troms kraft AS. Foto og visualisering: Harald Storås, SWECO Grøner.



Figur 4.5: Vær- og lysforholdene ved fotografering bør være slik at vindturbiner vil tre klart fram på en visualisering. Gråværsbilder kan brukes til visualiseringer så lenge siktforholdene er gode. Visualisering av Okla vindkraftverk i Selje kommune på et tidlig stadium i planprosessen. Tiltakshaver: Vestavind Kraft AS. Foto og visualisering: Trond Simensen, SWECO Grøner.

4.4 Råd om utarbeiding av fotorealistiske visualiseringer

- Fotorealistiske visualiseringer bør utarbeides ved hjelp av programvare som er egnet for formålet. Den mest pålitelige metoden for å plassere turbinene korrekt i et foto er normalt å bruke en trådmodell (digital terrengmodell) som justeres slik at den stemmer overens med terrengformene i bildet. Den digitale terrengmodellen bør basere seg på 20-meters koter eller bedre. I flatt terreng er ofte kalibrering mot kjente punkter på kart og i bilde bedre egnet for plassering av turbinene enn terrengmodellen.
- Dimensjonene på turbintypen som benyttes i visualiseringene bør hovedsakelig samsvare med omsøkt utbyggingsløsning. Mindre avvik kan aksepteres. Dersom flere turbinstørrelser og oppstillingsmønstre er aktuelle, bør den turbintypen og utformingen som vil ha den mest omfattende visuelle virkningen som hovedregel vises. En tilleggsvisualisering fra minst ett av fotostandpunktene bør da vise alternativ turbinstørrelse.
- Lys- og skyggespillet i turbinene er en viktig del av det visuelle uttrykket ved et vindkraftverk, og disse effektene bør derfor presenteres på en realistisk måte. Det kan være en motsetning mellom å presentere et mest mulig realistisk resultat og å sørge for at vindkraftverket vises tydelig i visualiseringen. Normalt er turbinene noe mer synlige i virkeligheten enn på en visualisering. Som hovedregel er det derfor bedre å overdrive den visuelle kontrasten noe enn å dempe den. Alternativt kan en visualisering med utydelige turbiner suppleres med en trådmodell fra samme fotostandpunkt som klart viser turbinenes dimensjoner og oppstillingsmønster.
- Oppstillingsplasser, veier, kraftledninger, transformatorstasjon og andre elementer i et vindkraftverk som vil være synlige bør vises på visualiseringene. Dette gjelder også terrengendringer og endring i vegetasjon som følge av for eksempel ryddegater langs kraftledninger osv. Inngrepene bør vises med sannsynlige avbøtende tiltak som revegetering av veiskråninger.



Figur 4.6: Oppstillingsplasser, veier, kraftledninger, transformatorstasjon og andre elementer i et vindkraftverk som vil være synlige bør vises på visualiseringene. Bildet over (som ikke er en visualisering) viser atkomstvei, transformatorstasjon og nettilknytning i Hitra vindkraftverk. Foto: Trond Simensen.



Figur 4.7: Interne veier i et vindkraftverk bør vises på visualiseringene. Bildet over (som ikke er en visualisering) viser en intern vei i Smøla vindkraftverk. Foto: Bertram Brochmann.

- Mange vindkraftprosjekter i Norge dekker en så stor del av synsfeltet at det fra mange fotostandpunkt er vanskelig å fange inn nærintrykk av vindkraftverket i ett enkelt bilde. Visualiseringer i panoramaformat kan ofte være nødvendige for å gi en framstilling av utbredelsen av et vindkraftverk og forholdet til landskapet omkring.
- Et panoramabilde kan enten utarbeides ved bruk av et spesialkonstruert kamera i panoramaformat, eller ved å skjøte sammen enkeltbilder med overlapp til et panoramabilde. Spezialkonstruerte panoramakameraer er kostbare i anskaffelse, og mange av modellene har den ulempen at de gir vesentlige perspektiviske fortegninger i bildets ytterkanter. Visualiseringer i panoramaformat bør utarbeides ved å utarbeide visualiseringer av vindkraftverket som en serie enkeltbilder som deretter settes sammen til et panorama. Mange kameraer leveres med programvare som tar seg av dette (såkalt stitching), men det kan også gjøres som en mer manuell operasjon i et bildebehandlingsprogram. Dette er omtalt i detalj i vedlegg II.
- Bildevinkelen som dekkes av et panoramabilde bør ikke overstige 120 grader da dette vil gi et lite representativt inntrykk av hvordan motivet oppleves i virkeligheten.



Figur 4.8: Visualiseringer i panoramaformat er ofte nødvendig for å gi en framstilling av utbredelsen av et vindkraftverk og forholdet til landskapet omkring. Kvenndalsfjellet vindkraftverk sett fra Linesøya. Tiltakshaver: Statkraft Development AS. Foto og visualisering: Einar Berg, Inter Pares as.

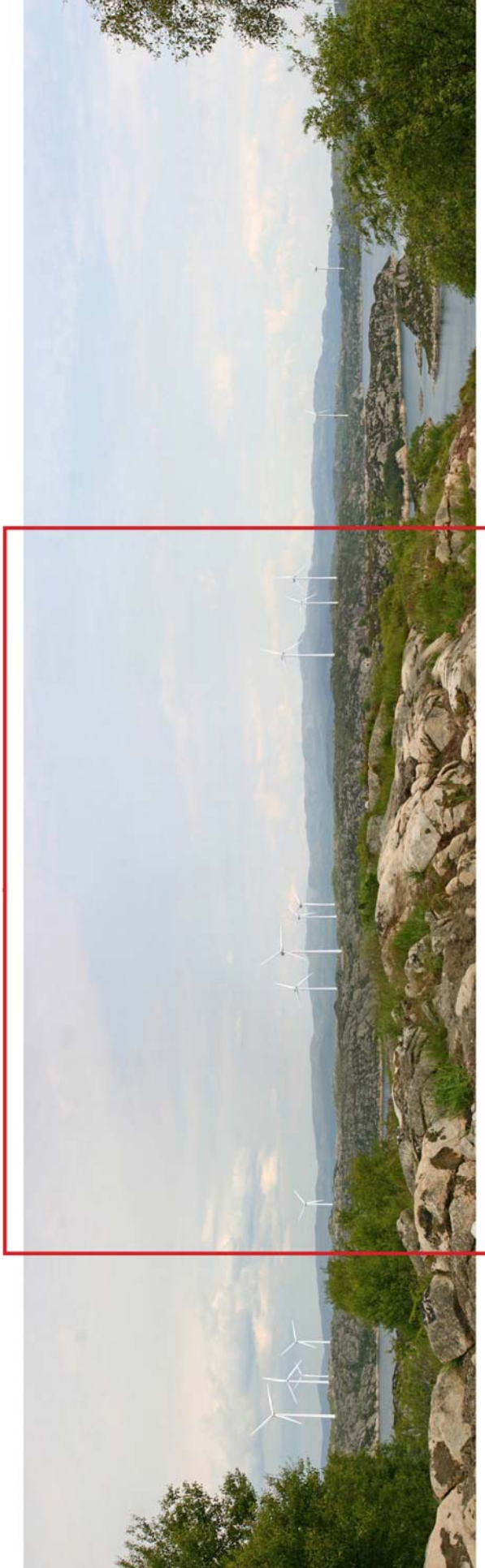
4.5 Presentasjon av visualiseringer

For å gjøre det lettere å vurdere og sammenligne de visuelle virkningene av et vindkraftverk fra ulike fotostandpunkt er det ønskelig at presentasjonsformatet for fotorealistiske visualiseringer til en viss grad standardiseres.

- Som et vedlegg til konsesjonssøknad, konsekvensutredning og forslag til reguleringsplan bør visualiseringene presenteres i et format som gir et realistisk inntrykk av vindkraftverkets dimensjoner fra en normal betrakningsavstand (30-50 cm). Dette gjelder både visualiseringer basert på enkeltbilder og visualiseringer i panoramaformat. Visualiseringer bør fortrinnsvis baseres på bilder tatt med normalobjektiv (for 35 mm film – se avsnitt 4.3 om kameraobjektivets brennvidde).
- Den anbefalte betrakningsavstanden på 30-50 cm vil sammen med kameraets brennvidde og bildevinkel være styrende for valg av presentasjonsformat. Programvare for fotorealistisk visualisering kan beregne anbefalt betrakningsavstand automatisk, eksempelvis kan en visualisering basert på et enkeltbilde tatt med 50 mm normalobjektiv (for 35 mm film) forstørres og gjengis i størrelsen 24 x 16 cm. Dette gir et tilnærmet realistisk inntrykk av størrelsesforhold og dimensjoner på en betrakningsavstand på 37 cm. Bildet får da plass på en liggende A4-side sammen med opplysninger om foto og visualisering.
- Andre presentasjonsformat kan også være aktuelle. Det vesentlige er at det sammen med visualiseringene gjengis opplysninger som gjør det mulig å se hvordan visualiseringen er utarbeidet og vurdere hvorvidt visualiseringen gir et realistisk bilde av vindkraftverket.
- For panoramabilder kreves A3 eller enda større format for å gi et tilstrekkelig inntrykk av vindkraftverket i en trykket rapport. Korrekt betrakningsavstand bør oppgis sammen med panoramavisualiseringene. Alternativt kan panoramabildet presenteres ”ute av målestokk” i et mindre format for å gi en forståelse av vindkraftverkets utstrekning og forholdet til landskapet omkring. Da kan et av enkeltbildene som inngår i panoramabildet presenteres i et format som gir et riktig inntrykk av vindkraftverkets dimensjoner som beskrevet i punktet over.
- Følgende opplysninger bør presenteres sammen med visualiseringen:
 - Objektivets brennvidde (tilsvarende 35 mm film) og bildevinkel
 - Dato og klokkeslett for fotografering
 - Koordinater for fotostandpunkt (måles med GPS)
 - Fotoretning (kompassretning)
 - Avstand til nærmeste vindturbin
 - Dimensjoner på turbinene som er vist i visualiseringen
 - Anbefalt betrakningsavstand til visualiseringen
 - For panoramabilder bør det opplyses om hvor mange enkeltbilder som inngår i panoramaet.



Figur 4.9: Gjengivelse av visualisering som gir et riktig inntrykk av dimensjonene av vindkraftverket i landskapet på en betrakningsavstand på 37 cm. Bildet viser Røfsnes vindkraftverk sett fra Erevikneset mot øst. Fotografi tatt: 03.07.2006 kl. 19:15. Koordinater for fotostandpunkt: 284622, 6639652 (WGS 84, UTM sone 32). Avstand til nærmeste vindturbin er 1,3 km. Brennvidde: tilsvarende 50 mm normalobjektiv (for 35 mm filmformat). Horisontal bildevinkel: 40 grader. Turbintype: 2 MW vindturbin med navhøyde på 78 meter og rotordiameter på 80 meter. Total høyde fra bakkenivå til vingespiss: 118 meter. Tiltakshaver: Statkraft Development AS. Foto og visualisering: Trond Simensen. Eksempellet skriver seg fra en tidlig fase i arbeidet med konsekvensutredningen og er ikke nødvendigvis representativt for det aktuelle prosjektet.



Figur 4.10: Visualisering i panoramaformat satt sammen av fire enkeltbilder som viser Rolfsnes vindkraftverk sett fra samme fotostandpunkt som på foregående side. Visualiseringer i panoramaformat bør gjengis i A3-format eller større dersom de skal gi et realistisk inntrykk av dimensjonene i et vindkraftverk på normal betraktingsavstand. Tiltakshaver: Statkraft Development AS. Foto og visualisering: Trond Simensen. Eksempelet skriver seg fra en tidlig fase i arbeidet med konsekvensutredningen og er ikke nødvendigvis representativt for det aktuelle prosjektet.

5 Andre teknikker for dokumentasjon av visuelle virkninger

5.1 Dataperspektiv/trådmodeller

Dataperspektiv (for eksempel trådmodeller) kan brukes i kombinasjon med fotografi og fotomontasje som både arbeids- og presentasjonsverktøy. På avstander over ca 10-12 kilometer, kan slike dataperspektiver i noen tilfeller benyttes for å vise vindkraftverkets utstrekning. Ved utarbeiding av dataperspektiv stilles de samme anbefalinger som for enkeltbilder til å oppgi ”brennvidder”, format for gjengivelse, osv.



Figur 5.1: Eksempel på bruk av trådmodell som sammen med foto gir et inntrykk av hvordan vindkraftverket vil se ut på lange avstander (over ca 10-12 kilometer). Visualisering: LDA Design, London.

5.2 Todimensjonale animasjoner

En todimensjonal animasjon er en filmsekvens basert på en visualisering hvor vindturbinene roterer med realistisk hastighet. Det er lite kostnadskrevenende å utarbeide 2D-animasjoner når fotomanipulasjon er utført. En 2D-animasjon kan gi nyttig tilleggsinformasjon ved at de gir et inntrykk av hvor fort turbinene roterer. De kan også få fram vingesveip som i enkelte tilfeller ikke kommer fram i visualiseringene. 2D-animasjoner fungerer best på avstander opp til 5 kilometer fra vindkraftverket. Svakheten med 2D-animasjoner er at det er kun vindturbinene som beveger seg i bildet, mens vindens rasling i løvet, bølger, biler som suser forbi osv ikke fanges opp.

2D-animasjoner anbefales utarbeidet til bruk i folkemøter og på internettsider.

5.3 Tredimensjonale terrengmodeller

I tredimensjonale terrengmodeller kan betrakteren bevege seg i et mer eller mindre naturtro digitalt landskap og som en følge av dette se det planlagte vindkraftverket fra en rekke ulike ståsteder. Med økende grad av realisme i gjengivelsen av landformer og landskapselementer, øker også kostnadene. 3D-animasjoner kan være nyttig for å simulere opplevelsen av et vindkraftverk sett fra en viktig båt rute, en nasjonal turistvei eller lignende, gitt at tempoet på bevegelsen er tilnærmet realistisk.

6 Definisjoner

Nedenfor følger en presisering og forklaring av ord og begreper som er brukt i bakgrunnsnotatet og i veilederen.

Bildevinkel

Den delen av motivet som objektivet ”ser”, målt i grader. Jo kortere brennvidde (vidvinkel), jo større bildevinkel. Kalles også fotograferingsvinkel. Bildevinkel oppgis som diagonal bildevinkel, horisontal bildevinkel eller vertikal bildevinkel.

Brennvidde

Avstanden mellom det optiske senteret i kameraets objektiv og fokuspunktet kalles objektivets brennvidde. Fokuspunktet er midtpunktet i fokalplanet, som er det planet der filmen eller kameraets digitale bildesensor befinner seg. Brennvidden bestemmer også bildevinkelen – dvs hvor stort utsnitt av motivet som blir med i bildet.

Fotoretning

Kompassretningen fra fotostandpunktet mot motivet i bildet.

Fotostandpunkt

Det punktet i terrenget hvor et bilde er fotografert fra.

Konsekvensutredning

En konsekvensutredning er en analyse med formål å forutse virkningene av et tiltak på miljø-, naturressurser og samfunn.

Landskap

“Landskap betyr et område, slik folk oppfatter det, hvis særpreg er et resultat av påvirkningen fra og samspillet mellom naturlige og/eller menneskelige faktorer.”
(Europarådet/Miljøverndepartementet 2004)

Landskapsbilde

Landskapsbilde brukes i denne sammenhengen som betegnelse på visuelle og estetiske opplevelsesverdier i landskapet.

Landskapskarakter

Samspillet mellom de ulike komponentene i landskapet, deres funksjon og naturhistoriske, kulturhistoriske og estetiske kvaliteter gir til sammen landskapskarakteren.

Nav

Se vindturbin

Normalobjektiv

Et normalobjektiv har en bildevinkel som er noenlunde identisk med øyets synsfelt. Objektiver med brennvidde 50 mm (for 35 mm film) ligger svært nær dette tallet, og blir derfor kalt normalobjektiv.

Rotorblad

Se vindturbin

Skyggekast

Skyggekast oppstår når vindturbinen blir stående mellom solen og et mottakerpunkt og det dannes en skyggeeffekt av rotorbladenes bevegelser.

Tiltakets omfang

Med omfang menes en vurdering av hvilke endringer tiltaket antas å medføre for de ulike miljøene eller områdene, og graden av denne endringen.

Teleobjektiv

Teleobjektivet har større brennvidde og mindre bildevinkel enn normalobjektivet. Et teleobjektiv virker som en kikkert og kan ta nærbilder av motiver langt unna.

Teoretiske synlighetskart

Teoretiske synlighetskart er kart som viser områder hvor et planlagt vindkraftverk teoretisk kan være synlig.

Vidvinkelobjektiv

Vidvinkel er en fellesbetegnelse for objektiver med en bildevinkel på mer enn 50 grader. Vanlige vidvinkelobjektiv har gjerne en brennvidde på 28 eller 35 mm.

Vindkraft

Vindkraft er den kinetiske energien til vinden, eller måten å omdanne denne energien til elektrisitet på, ved hjelp av vindturbiner.

Vindkraftverk

Vindkraftverk er kraftverk som produserer elektrisk energi ved hjelp av vindkraft. Et vindkraftverk vil ofte bestå av flere vindturbiner plassert i nærheten av hverandre. I tillegg til vindturbiner, omfatter et vindkraftverk atkomstveier, en transformatorstasjon og en kraftledning som fører elektrisiteten ut i strømmettet.

Vindturbin

En vindturbin produserer elektrisitet ved å utnytte bevegelsesenergi fra vinden. Hovedkomponentene i en vindturbin er rotor, hovedaksling, gir, generator og nødvendige hjelpeaggregat og styringssystem. De fleste komponentene er bygd inn i et maskinhus som er montert på toppen av et ståltårn. Rotoren, som består av 3 vinger montert på et nav, omdanner vindenergien til rotasjonsenergi som gjennom en hovedaksling og via et gir føres inn på en generator. Denne omdanner i sin tur rotasjonsenergien til elektrisk energi. Maskinhuset dreier seg med vindretningen slik at rotorplanet til enhver tid står på tvers av vindretningen. Ståltårnet festes til bakken ved hjelp av et kraftig armert betongfundament. På fjellgrunn vil det bli benyttet forankringsstag dypt ned i fjellet, ellers vil det bli benyttet tradisjonelle gravitasjonsfundamenter.

Visualisering

Å visualisere et tenkt landskapsinngrep innebærer å skape et troverdig og realistisk inntrykk av hvordan en framtidig situasjon kan komme til å bli. En fotorealistisk visualisering er en visualisering som viser en mulig framtidig situasjon slik den vil komme til å se ut på et fotografi.

Visuell

Det som angår synet. Forestillinger og inntrykk vi danner oss på grunnlag av det vi ser.

Visuelle virkninger

Synlige virkninger av et gitt tiltak eller en landskapsendring.

Visuell influenssone

Område hvor det forventes at tiltaket vil påvirke opplevelsen av landskapet.

7 Kilder

Berg, E. (1999): Vindpark Hitra – konsekvensutredning, fagrapport landskap. Inter Pares rapport 3:1999.

Berg, E. (2006): Sumvirkninger på landskapet av vindkraftutbygging: Visualiseringsmetoder. InterPares Rapport 5:2006. 30.12.2006

Birk Nielsens tegnestue (1995): Vindmøller og landskap – Arkitektur og æstetik. Århus, Danmark.

Direktoratet for naturforvaltning, Riksantikvaren (2001): Miljøfaglig vurdering av miljøkonsekvenser av planlagte vindkraftanlegg i Norge. Felles notat fra DN og RA.

Europarådet/Miljøverndepartementet (2004): Den Europeiske landskapskonvensjonen. CETS No. 176

Hassan, R. (2002): Computer Visualizations in Planning. Doctoral thesis. Agricultural University of Norway, Department of land use and landscape planning.

Landscape Institute & Institute of Environmental Management & Assessment (LI-IEMA) (2002): Guidelines for landscape and Visual Impact Assessment. 2nd Edition. Spon Press, London.

Miljøministeriet, Danmark, Landsplanavdelingen (1994): Vindmøller i kommuneplanlægningen. København.

Miljøverndepartementet (2006): Høringsutkast. Retningslinjer for planlegging og lokalisering av vindkraftanlegg. Miljøverndepartementet, avdeling for regional planlegging. 19. oktober 2006.

Ringkøbing Amt (2003): Vindmøller i Geddal, Vinderup kommune – Vurdering af Virkningen på Miljøet (VVM). Rapport, mai 2003.

Sannem, S. og Selfors, A. (1998): Vindkraft – en generell innføring. NVE-rapport 19/1998

Scottish Natural Heritage (2005): Guidance. Cumulative Effects of Wind Farms. Version 2, revised 13.04.05.

Scottish Natural Heritage (2005): Visual Analysis of Windfarms. Good Practice Guidance. Consultation draft 22.07.05

Statens Vegvesen (2006): Konsekvensanalyser. Håndbok 140.

University of Newcastle (2002): Visual Assessment of Windfarms: Best Practice. Scottish Natural Heritage Commissioned Report F01AA303A.

Visualisering av planlagte vindkraftverk

Vedlegg II

Teknisk bakgrunnsinformasjon

Valg av brennvidder og presentasjonsformat for fotorealistiske visualiseringer

Dette vedlegget er av teknisk art, og gjør rede for bakgrunnen for anbefalingene omkring brennvidder og presentasjonsformat som er gitt i veilederen. Formålet med en fotorealistisk visualisering vil ofte være å gi et inntrykk av dimensjonene ved et landskapsinngrep som er mest mulig likt det vi opplever i virkeligheten. Når fotorealistiske visualiseringer blir gjengitt på trykk er det noen tekniske forutsetninger som må være innbyrdes avstemt for at dimensjonene i bildet skal oppleves som virkelighetstro:

- Kameraets brennvidde og bildevinkel
- Formatet på forstørrelsen
- Betrakningsavstanden til visualiseringen

Disse faktorene henger sammen. Bruk av en bestemt brennvidde sikrer for eksempel ikke en representativ gjengivelse av et motivet så lenge gjengivelsesformat og betrakningsavstand ikke står i et riktig forhold til brennvidden. I det følgende omtaler vi hver av de tre faktorene.

Kameraobjektivets brennvidde og bildevinkel

Avstanden mellom det optiske senteret i kameraets objektiv og fokuspunktet kalles objektivets brennvidde. Fokuspunktet er midtpunktet i fokalplanet, som er det planet der filmen eller kameraets digitale bildesensor befinner seg. Brennvidden bestemmer også bildevinkelen, dvs. hvor stort utsnitt av motivet som blir med i bildet. Bildevinkelen kan måles diagonalt, horisontalt, vertikalt eller diagonalt.

Billedsensoren i mange digitale speilreflekskamera er mindre enn formatet på en 35 mm film. Billedutsnittet som dekkes av et digitalt kamera med en bestemt brennvidde på objektivet er derfor mindre enn for et filmbasert kamera. Forholdet mellom objektivets brennvidde og bildevinkelen blir derfor et annet enn ved tradisjonelle 35 mm kameraer. For å få sammenliknbare verdier, oppgis for slike kameraer både den faktiske brennvidden og brennvidden omregnet til 35 mm format. Ved å multiplisere brennvidden på digitale speilreflekskameraer med en viss faktor (for eksempel 1,6) kan brennvidden "oversettes" til 35 mm filmformat. Med digitalt kamera må fotografen kanskje benytte en brennvidde på 35 mm for å få et bilde som tilsvarer 50 mm for et filmbasert kamera med 35 mm film. Den rette omregningsfaktoren finnes som regel i kameraets manual.

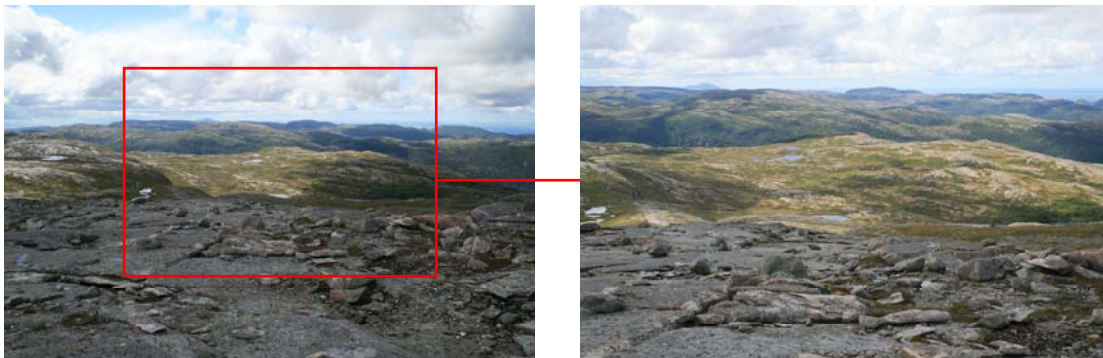
Et normalobjektiv har en brennvidde som er noenlunde identisk med diagonalen på negativformatet/kameraets bildesensor. For 35 mm film (24x36 mm) er det diagonale målet 43 mm. 43 mm er derfor den "korrekte" tekniske normalbrennvidden, siden denne brennvidden gir en bildevinkel som er noenlunde identisk med øyets synsfelt. Objektiver med brennvidde 50 mm ligger svært nær dette tallet, og blir derfor kalt normalobjektiv. Et objektiv med brennvidde 50 mm, har en horisontal bildevinkel på 39,6 grader. Tidligere ble alltid et kamerahus solgt med dette objektivet som standard. Gjennom normalobjektivet ser vi omgivelsene på en naturlig måte, proporsjonene står i riktig forhold til hverandre.

Vidvinkel er en fellesbetegnelse for objektiver med en bildevinkel på mer enn 50 grader. Vanlige vidvinkelobjektiv har gjerne en brennvidde på 28 eller 35 mm. Det finnes objektiver med ekstrem vidvinkel med brennvidder ned mot 6 mm, såkalte "fisheyeobjektiv", som gir en horisontal bildevinkel på mer enn 180°. Felles for vidvinkelobjektivene er at de framhever forgrunnen i bildet, og gir følelsen av at bakgrunnen i motivet relativt sett er lenger unna enn den er i virkeligheten. Dybdefølelsen i motivet øker, og vidvinkelen gjør det dermed lettere å komponere bilder som inkluderer både

forgrunn, mellomgrunn og bakgrunn. Vidvinkelobjektiver gir også en viss fortegnning av perspektivet i bildet med buete linjer langs bildekanten. Jo mindre brennvidden er, jo større vil denne perspektiviske fortegnningen være

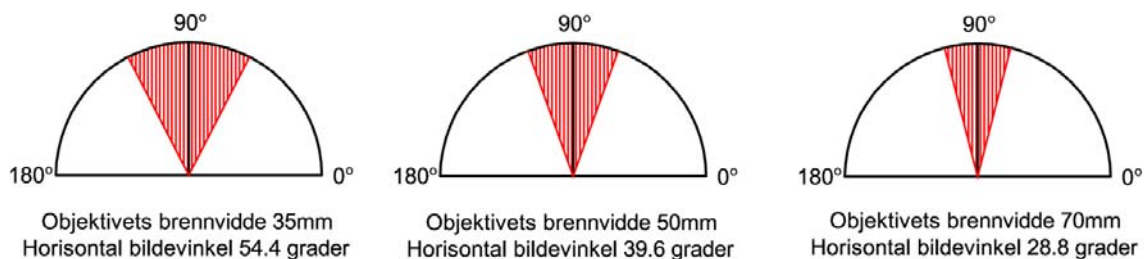
Teleobjektivet har større brennvidde og mindre bildevinkel enn normalobjektivet. Et teleobjektiv virker som en kikkert og kan ta nærbilder av motiver langt unna. Teleobjektivet trekker landskapet sammen slik at elementene i bildet ser ut til å stå tettere.

Zoomobjektiver er konstruert slik at linseelementene kan flyttes internt i objektivet, slik at brennvidden kan reguleres. Det finnes både vidvinklede zoomobjektiver (f.eks. 17-40 mm), normalzoom (f.eks. 28-105 mm) og telezoom (f.eks. 90-300 mm).

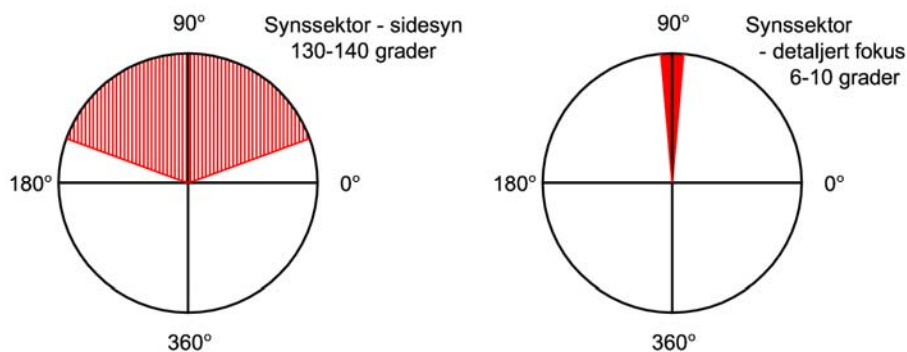


Vedlegg II - figur 1: Det samme landskapet avbildet med henholdsvis vidvinkel- og normalobjektiv. Bildet til venstre er fotografert med et objektiv med 28 mm brennvidde (for 35 mm filmformat). Horizontal bildevinkel er ca 66 grader. Bildet til høyre er tatt med brennvidde på 53 mm og har en horizontal bildevinkel på ca 40 grader. Foto: Trond Simensen, SWECO Grøner.

Til sammenligning vil menneskets synssektor variere noe fra person til person. En person som står i ro og ser rett framover kan oppfatte en synssektor med en bredde på 130-140 grader uten spesielle anstrengelser. Ser personen aktivt ut mot sidene kan synssektoren økes til 200 grader. Det er imidlertid kun en liten del av denne synssektoren, nærmere bestemt 6-10 grader, at synet er skarpt og detaljer kan oppfattes klart.



Vedlegg II - figur 2: Horizontal bildevinkel ved ulike brennvidder for 35 mm filmformat. Illustrasjon: Trond Simensen, SWECO Grøner.



Vedlegg II - figur 3: Menneskets normale synssektor over til venstre, detaljert fokusområde over til høyre. Illustrasjon: Trond Simensen, SWECO Grøner.

Betraktningssavstand til fotografiet

Dersom vi tar en utskrift av et landskapsfotografi på et transparent ark, kan vi stille oss opp på fotostandpunktet og se gjennom det transparente arket mot motivet. Dersom det transparente arket holdes for nærme øyet, vil elementene i fotografiet som er gjengitt på arket være for store til å stemme overens med motivet i virkeligheten. Hvis bildet holdes for langt unna øyet, vil elementene i bildet være for små. Kun på en bestemt avstand vil bildet på transparenten stemme overens med dimensjonene i virkelighetens landskap. Denne avstanden betegnes som korrekt eller anbefalt betraktningssavstand. Brennvidden på et kameraobjektiv er den samme som korrekt betraktningssavstand dersom bildet på filmen (eller det digitale kameraets bildesensor) ikke forstørres. Med et normalobjektiv på 50 mm og 35 mm film, vil vi få et bilde med en størrelse på 36x24 mm som gir et riktig inntrykk av virkelighetens dimensjoner når vi holder bildet ca 50 mm fra øyet. På denne betraktningssavstanden er det så å si umulig for øyet å fokusere skarpt. En forstørrelse av bildet er derfor nødvendig for å kunne se det på en normal leseavstand. Dersom vi forstørrer bildet 10 ganger til 360x240 mm (36x24 cm) må vi også multiplisere den korrekte betraktningssavstanden med 10. En utskrift av bildet i størrelsen 36x24 cm vil da gi et realistisk inntrykk av størrelsesforhold og dimensjoner på en betraktningssavstand på 50 mm x 10 = 50 cm. Størrelsen på utskriften vil dermed avgjøre hva som er anbefalt betraktningssavstand for bildet. En utskrift av bildet i størrelsen 24 x 16 cm (litt mindre enn et A4-ark) gir et realistisk inntrykk av størrelsesforhold og dimensjoner på en betraktningssavstand på 37 cm. Programvare som brukes til å utarbeide fotorealistiske visualiseringer, kan beregne den anbefalte betraktningssavstanden automatisk.

Hva som er en egnet avstand for å se på fotografier og fotorealistiske visualiseringer vil variere fra person til person og endrer seg med alderen. Barn kan fokusere klart på svært korte avstander (7-10 cm), mens eldre mennesker ofte må se et bilde på en halv meters avstand for å fokusere klart. Britisk forskning (Benson 2002 i SNH 2005) anbefaler som et kompromiss at fotorealistiske visualiseringer utarbeides med sikte på en anbefalt betraktningssavstand på 30-50 cm. Formatet på forstørrelsen må dermed velges med dette som siktemål.

Dersom en fotorealistisk visualisering av et vindkraftverk skal gi et realistisk inntrykk av vindkraftverkets dimensjoner, er det derfor viktig at anbefalt betraktningssavstand oppgis sammen med visualiseringen.

Anbefalt presentasjonsformat

Visualiseringer av et vindkraftverk brukes ofte i svært ulike sammenhenger og til svært ulike formål. Valg av presentasjonsformat vil være avhengig av hvilken sammenheng visualiseringene skal brukes i. Dersom visualiseringene skal tas med ut i felt og studeres i landskapet, er det mindre viktig å forklare forskjellene mellom dimensjonene i visualiseringen og virkeligheten. Dersom visualiseringene utelukkende skal betraktes i en trykksak er det derimot viktigere å gjøre oppmerksom på begrensningene ved en visualisering, og hvordan visualiseringen skal tolkes.

Bildevinkel, kameraobjektivets brennvidde og betraktningsavstand er som nevnt viktige faktorer som sammen avgjør hvilket format som er egnet for å presentere en fotorealistisk visualisering. Mange motiv vil uten problemer kunne presenteres som et enkeltbilde. Skal en større bildevinkel vises i en visualisering, fordrer dette bruk av panoramformat.

Britisk forskning har vist at visualiseringer presentert på trykk som regel ”underdriver” opplevelsen av et vindkraftverk sammenlignet med opplevelsen i virkeligheten (University of Newcastle 2002). Studier fra Hitra og Smøla viser det samme. Selv om dimensjonene på vindturbinene i visualiseringene er riktig gjengitt i forhold til landskapsformasjonene, oppleves turbinene som større i virkeligheten enn hva visualiseringene gir inntrykk av fra samme fotostandpunkt. Fotorealistiske visualiseringer bør derfor gjengis med en høyde fra 14-20 cm (med 14 som et absolutt minimum) for å gi et riktig inntrykk av vindkraftverkets dimensjoner. Dette betyr at et enkeltbilde gjerne kan gjengis på en liggende A4-side, mens det for panoramabilder kreves A3 eller enda større format for å gi et tilstrekkelig inntrykk av vindkraftverket i en trykksak. For offentlige møter, utstillinger osv. kreves naturlig nok et enda større gjengivelsesformat, men her vil det være svært krevende og gi konkrete anbefalinger.

Geometriske utfordringer ved utarbeiding og presentasjon av panoramabilder

Panoramabilder blir vanligvis konstruert ved å sette sammen enkeltbilder som er fotografert ved å dreie kameraet for å fotografere ulike deler av en horisont. Vinkelen fra kameraet til bildeplanet i de ulike enkeltbildene blir derfor ulik. Når et panoramabilde satt sammen av enkeltfotografier presenteres på et flatt ark, vil det dermed bli fortegninger i bildets perspektiv. Årsaken til dette er at bildeplanet i de ulike enkeltbildene står i ulik vinkel mot kameraet.

Sammenskjøting av enkeltbilder til panorama kan utføres i en rekke ulike bildebehandlingsprogrammer. Den vanlige metoden går ut på å finne korresponderende punkter i to overlappende bilder i et område hvor bildene har samme skalaforhold, og skjøte dem sammen i dette punktet. Kontrast, farge og lysforhold kan deretter justeres manuelt med bildebehandlingsprogram. Dersom det ikke gjøres geometrisk manipulering med bildene, vil lineære objekter som går gjennom bildet bue seg i området der bildene er skjøtet sammen. Dette problemet øker ved bruk av vidvinkelobjektiv. Her har hvert enkelt bilde innebygd en perspektivisk fortegning ut mot kantene som blir problematisk når bildene settes sammen.

Det finnes også spesiallaget programvare som setter sammen panoramabilder automatisk (såkalt stitching). Programmene endrer geometrien i enkeltbildene slik at de passer bedre sammen i områdene som skjøtes sammen. Kvaliteten på resultatet er avhengig av kvaliteten på enkeltbildene (hvor godt de er vatret, grad av overlapp, valg av brennvidde, eksponering, osv.). Programvare som brukes for sammensetting av panoramabilder kan være av varierende kvalitet. Noen programmer lager et uskarpt område eller et område med fortegnede geometri i overgangen mellom to enkeltbilder, dersom programmet får problemer med å finne korresponderende punkter og riktig skala i overgangsområdet. Automatisk genererte panoramabilder bør derfor vurderes med et kritisk blikk.

På grunn av utfordringene med bildenes geometri bør panoramabilder ikke brukes direkte som grunnlag for å utarbeide fotorealistiske visualiseringer av et vindkraftverk. Visualiseringer i panoramaformat bør derfor utarbeides ved å utarbeide visualiseringer av vindkraftverket som en serie enkeltbilder som deretter settes sammen til et panorama.



Vedlegg II - figur 4: To ulike panorama satt sammen i bildebehandlingsprogram for panoramabilder før beskjæring. Bildebehandlingsprogrammet endrer bildenes geometri for å få til en jevn overlapp i skjøtene. Det øverste panoramabildet er satt sammen av to bilder tatt med 28 mm vidvinkelobjektiv. Det nederste panoramabildet er satt sammen av fem bilder tatt med 53 mm normalobjektiv. De geometriske fortegningene er mindre i det nederste bildet. Foto: Trond Simensen, SWECO Grøner.

Dersom et stort panoramabilde skal presenteres slik at det gir et riktig inntrykk av omgivelsene, bør bildet ideelt sett trykkes på innsiden av en sylinder der betrakteren står i midten. Dette er både kostbart og upraktisk og er følgelig lite egnet til presentasjon av et vindkraftprosjekt. Et panorama trykt på et flatt papir, kan likevel gi et godt inntrykk av et landskapsmotiv, gitt at betrakteren holder det på riktig betraktingsavstand og flytter hodet for å se på ulike deler av panoramaet. Dersom betrakteren holder et panoramabilde på lang avstand for å kunne se på hele panoramaet samtidig, vil panoramabildet gi et feilaktig inntrykk av motivet. Det er to årsaker til dette. For det første vil motivet se for lite ut når betraktingsavstanden blir for lang. I tillegg vil panoramaet presses inn i et mindre synsfelt enn det som kan oppleves på fotostandpunktet i virkeligheten. Det er derfor avgjørende at panoramabilder presenteres i tilstrekkelig stort format, at bildevinklene som vises ikke er urimelig store og at korrekt betraktingsavstand alltid oppgis sammen med panoramavisualiseringene. Alternativt kan panoramabildet presenteres "ute av målestokk" for å gi en forståelse av vindkraftverkets utstrekning og forholdet til landskapet omkring. Da bør et av enkeltbildene som inngår i panoramabildet presenteres i et format som gir et riktig inntrykk av vindkraftverkets dimensjoner.

Kilder

EMD International AS (2004): WindPro 2.4 User Guide

Løken, B. (2001): Med kamera i naturen. Naturforlaget.

Scottish Natural Heritage (2005): Visual Analysis of Windfarms. Good Practice Guidance. Technical appendix A. Consultation draft 22.07.05

University of Newcastle (2002): Visual Assessment of Windfarms: Best Practice. Scottish Natural Heritage Commissioned Report F01AA303A.