



Nasjonal ramme for vindkraft

Temarapport om sivil luftfart

Hilde Aas



Rapport, bokmål nr 10-2019

Nasjonal ramme for vindkraft

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat
Redaktør: Erlend Bjerkestrand
Forfatter: Hilde Aas

Trykk: NVEs hustrykkeri
Forsidefoto: Bernt Olsen-Hagen
ISBN: 978-82-410-1829-9
ISSN: 1501-2832

Sammendrag: Vindkraftverk kan påvirke en rekke ulike miljø- og samfunnsinteresser. Noen aktiviteter og næringer kan sameksistere og ha positive synergieffekter med vindkraftverk, mens andre interesser kan bli påvirket negativt. Denne rapporten er en gjennomgang av hvordan vindkraftverk kan påvirke sivil luftfart.

Emneord: Vindkraft, nasjonal ramme, sivil luftfart, luftfart, Avinor, Luftfartstilsynet

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

Telefon: 22 95 95 95
Epost: nve@nve.no
Internett: www.nve.no

5.3.2019

Innhold

Forord	2
Sammendrag	3
1 Innledning	4
2 Metode	4
3 Sivil luftfart	4
3.1 Luftrummet	5
3.2 Lufttrafikkteneste	5
3.3 Flynavigasjonstjeneste	5
3.4 Flyværtjeneste	7
4 Virkninger for sivil luftfart	7
4.1 Vindkraft og sivil luftfart	7
4.2 Luftfartshinder	8
4.3 Signalforstyrrelser	9
4.4 Andre forhold	11
5 Regelverk for norsk sivil luftfart	11
5.1 Rapportering, registrering og merking	12
5.2 Restriksjoner ved flyplasser og NAV-anlegg	13
6 Ny kunnskap	15
7 Prosess i vindkraftsaker	15
8 Konklusjon	16
9 Utpeking av mest egnede områder for vindkraft	16
10 Kilder	18

Forord

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) har fått i oppdrag av Olje- og energidepartementet (OED) å lage et forslag til en nasjonal ramme for vindkraft på land.

Den nasjonale rammen skal bestå av:

- et oppdatert kunnskapsgrunnlag om virkninger for miljø og samfunn
- kart over de mest egnede områdene for vindkraft

Det er utarbeidet tematiske rapporter for alle interesser som kan bli vesentlig påvirket av vindkraftutbygging. I denne temarapporten presenteres en gjennomgang av kunnskap om virkninger for sivil luftfart. En oversikt over alle temarapportene og annen informasjon om den nasjonale rammen finnes på www.nve.no.

Vi vil takke alle som har bidratt til gjennomføringen av prosjektet.

Oslo, mars 2019



Rune Flatby
direktør



Erlend Bjerkestrand
prosjektleder

Sammendrag

Vindkraftverk kan påvirke en rekke ulike miljø- og samfunnsinteresser. Noen aktiviteter og næringer kan sameksistere og ha positive synergieffekter med vindkraftverk, mens andre interesser kan bli påvirket negativt. Denne rapporten er en gjennomgang av hvordan vindkraftverk kan påvirke sivil luftfart.

Vindkraftverk kan medføre virkninger for sivil luftfart dersom vindturbinene lokaliseres innenfor det samme luftrommet som den sivile luftfarten opererer. Innenfor dette luftrommet kan vindturbinene: 1) være til hinder for flygingen og dermed utgjøre en kollisjonsrisiko, eller 2) de kan forstyrre signalene i navigasjon- og overvåkning- og kommunikasjonssystemene (NAV-anleggene), og dermed forringe kvaliteten på lufttrafikk- og flynavigasjonstjenestene.

Det er avstanden mellom vindturbinene og anleggene (flyplasser og NAV-anlegg), som er førende for hvilke restriksjoner som gjelder. Innenfor en gitt avstand skal flysikringstjenesten hos Avinor kontaktes, slik at det kan utføres egne analyser og operative vurderinger i forbindelse med inn- og utflygningsprosedyrer, og eventuelle virkninger for kommunikasjons-, navigasjons- og overvåkningssystemene (NAV-anleggene).

I forbindelse med konsesjonsbehandlingen kan det være hensiktsmessig å operere med en fast minsteavstand for når forholdene mellom sivil luftfart og vindkraftverk må avklares med Avinor. Luftfartstilsynet og Avinor mener denne grensen må settes til 16 kilometer. NVE slutter seg til dette, og sender også alle meldinger og søknader om vindkraftverk på høring til Luftfartstilsynet og Avinor. Virkninger for sivil luftfart skal utredes i alle konsesjonssaker, herunder virkninger for Luftambulansetjenesten og andre som utfører lavtflygende oppdrag.

Konsesjonærer må rette seg etter gjeldende regelverk om blant annet hinderlysmerking og rapportering. En oversikt over regelverk og nasjonale forskrifter som omfatter vindkraft er gitt i kapittel 5.

1 Innledning

Vindkraftverk kan påvirke en rekke ulike miljø- og samfunnsinteresser. Denne rapporten gjennomgår hvordan vindkraftverk kan påvirke sivil luftfart.

Innledningsvis vil det gis en beskrivelse av hva som omfattes av begrepet sivil luftfart, deretter hvordan vindkraftverk kan påvirke sivil luftfart. I den sammenheng vil det gis en oversikt over eventuelle avbøtende tiltak. I ytterste konsekvens kan virkninger for sivil luftfart føre til alvorlige ulykker og hendelser. Det betyr at bransjen i stor grad er regulert. Det vil derfor gis en oversikt over de viktigste forskriftene som omfatter vindkraft. I tillegg vil behovet for ny kunnskap bli vurdert. Avslutningsvis vil det gis forslag til hvilke virkninger som bør vektlegges og hvordan de bør behandles i konsesjonsbehandlingen, og til slutt en beskrivelse av hvordan sivil luftfart kan inngå i arbeidet med kartfesting av egnede områder for vindkraft.

Med sivil luftfart menes all ikke-militær flygning. Militær luftfart er beskrevet i en egen temarapport om virkninger for Forsvarets interesser. Redningstjenesten er en del av Luftforsvarets ansvarsområde, og omtales også i rapporten om Forsvaret. Idrett som utøves i luften har fått fellesbetegnelsen luftsport, herunder hang- og paragliding, fallskjermhopping og seilflyging. Luftsport er beskrevet som eget tema i en fellesrapport om «andre tema».

2 Metode

Kunnskapen som presenteres i denne rapporten er basert på gjennomgang av relevant litteratur og studier, konsekvensutredninger fra søknader om å bygge vindkraftverk i Norge, NVEs erfaringer fra konsesjonsbehandling av vindkraftverk og erfaringer fra utbygde vindkraftverk. Det er også gjort en gjennomgang av gjeldende regelverk i Norge. I tillegg har vi lagt til grunn prosjektnotatet «Radarforstyrrelser fra vindmøller» (2017), som SINTEF Digital har laget på oppdrag for NVE.

Rapporten er utarbeidet i samarbeid med Luftfartstilsynet, Avinor AS og Avinor Flysikring AS. Luftfartstilsynet har ansvar for å føre tilsyn og utarbeide forskrifter som regulerer alle deler av den sivile luftfarten. Avinor AS eier og driver de fleste av norske flyplasser, og driver lufttrafikk- og flynavigasjonstjenesten i Norge, samt planlegger infrastrukturen.

3 Sivil luftfart

Vindkraft er en arealkrevende næring, og i områder som kan være aktuelle for vindkraftverk vil det som oftest alltid være flere konkurrerende arealbruksinteresser. I tillegg er vindturbinene høye konstruksjoner, hvor hver vindturbin består av tårn, maskinhus og turbinblader. De kan ha en høyde på opptil 220 meter, og legger derfor også beslag på deler av luftrommet. Dette vil medføre virkninger for andre som benytter seg av det samme luftrommet, slik som sivil luftfart.

Sivil luftfart kan deles i to kategorier: 1) Regelmessige flygninger, som er flytrafikk i fast rute, slik som rute- og charterflyging og 2) annen flyging. De fleste flygninger faller under den siste kategorien, som omfatter både kommersielle og ikke-kommersielle flygninger. Det fins en rekke kommersielle aktører som utfører oppdrag i luften, for eksempel helikoptervirksomhet til kraft- og linjebygging, reindriving og fotoflyging. Luftambulans, politihelikoptertjenesten og flygning til privat formål er eksempler på ikke-kommersielle flygninger.

For at flygningene skal kunne gjennomføres på en forsvarlig måte leveres det en rekke tjenester til den sivile luftfarten. Flysikringstjeneste brukes som et samlebegrep for de ulike tjenestene som leveres i

Norge. Den kan deles inn i de tre underkategoriene lufttrafikkjeneste, flynavigasjonstjeneste og flyværtjeneste.

3.1 Luftrummet

Flygninger foregår i luftrummet, som over norsk territorium er inndelt i fire klassifiseringer (A, C, D og G). De ulike klassifiseringene legger ulike begrensninger og muligheter på flygningen, i form av hvilke bestemmelser flygningen er underlagt og hvilke tjenester som ytes fra bakken (lufttrafikkjenesten). Luftrum klassifisert som A, C og D er kontrollert luftrum, med klasse A som mest restriktivt. Ukontrollert luftrum betegnes som klasse G. I tillegg kan deler av luftrummet være avsatt til spesielt bruk, med egne permanente eller midlertidige restriksjoner og føringer.

Luftfartens bakkeanlegg inkluderer blant annet store og små flyplasser, landingsplasser for helikoptre, og alle bakkeinstallasjoner som benyttes i tilknytning til flygning, herunder teknisk infrastruktur for flynavigasjon og installasjoner for overvåking og kontroll av luftrummet.

3.2 Lufttrafikkjeneste

Lufttrafikkjeneste er en fellesbetegnelse for flygekontrolltjeneste, flygeinformasjonstjeneste og alarmtjeneste. Flygekontrolltjenesten dirigerer flytrafikken og skal sikre at lufttrafikken avvikles på en effektiv og trygg måte. Flygeinformasjonstjenesten skal sikre at flygerne får all relevant informasjon under flygingen. Alarmtjenesten skal sikre at savnede luftfartøy blir forsøkt sporet opp, varsler luftfartøy i nød til relevante parter, og fungerer som midlertidig flyredningssentral.

Flygekontrolltjenesten er en betegnelse på tjenester som ytes til flyginger i kontrollert luftrum (klassifisering A, C og D) og luftfartøy på bakken. Tjenesten leveres fra sertifisert flygeleder enten fra et kontrolltårn, en innflygingskontroll eller en områdekontroll.

I Norge er det tre områdekontrollsentraler: Bodø, Stavanger (Sola) og Oslo (Røyken).

Områdekontrolltjenesten kontrollerer og overvåker underveis-flygninger i det øvre luftrummet.

Områdekontrollen overfører kontrollen til innflygingskontrollen før luftfartøy starter sin nedstigning og innflygning til en flyplass, samt at de overtar kontrollen av luftfartøy som klatrer ut fra en flyplass og opp til cruising-høyde fra innflygingskontrollen. Et luftfartøy på innflygning overføres videre til flyplassens kontrolltårn en viss avstand før landing. Dette luftrummet kalles kontrollsonen (CTR). Ved utflygning overføres luftfartøyet fra kontrolltårnet tilbake til innflygingskontrollen. Innflygingskontrollen disponerer en sektor i luftrummet kalt terminalområde (TMA), som ligger over kontrollsonen rundt en flyplass.

Ved mindre og mellomstore flyplasser uten kontrollsoner (ikke-kontrollert flyplass) ytes det kun flygeinformasjonstjeneste til luftfartøy før avgang og landing. Tjenesten leveres fra autoriserte AFIS-fullmektiger (AFIS= Aerodrome Flight Information Service) i tårntjenesten. Ved disse flyplassene kontrolleres ikke trafikken av flygeleder, men det er pilotene selv som tar avgjørelser basert på gitt informasjon fra AFIS tjenesten, forutsatt at flyplassen ligger innenfor en trafikkinformasjons-/-område.

3.3 Flynavigasjonstjeneste

Luftfartøy kan utrustes med en rekke instrumenter og navigasjonssystemer, men det stilles blant annet krav til to-veis radiokommunikasjon, radionavigasjonsutstyr og SSR-transponder. På bakken innhenter lufttrafikkjenesten informasjon, som benyttes til å overvåke og kontrollere luftfarten, samt informere flygerne. Kommunikasjon mellom luftfartøy og bakken, eller luftfartøyene seg imellom, skjer i all hovedsak over radio. Systemene som benyttes i sivil luftfart omfatter med andre ord anlegg både på bakken og i luftfartøyene, hvor henholdsvis flygeledere og piloter er hovedbrukerne. I Norge er det

flynavigasjonstjenesten som har ansvar for planlegging, etablering, drift og vedlikehold av disse systemene, som kan deles inn i tre hovedområder, som samlet omtales som NAV-anlegg:

- 1) Navigasjonssystemer
- 2) Overvåkningssystemer
- 3) Kommunikasjonssystemer

1) Navigasjonssystemer

Sivil luftfart opererer under to ulike prinsipper for navigasjon med tilhørende flygeregler; visuelle flygeregler (VFR) og instrumentflygeregler (IFR). Reglene avhenger av hvilke klassifisering av luftrummet luftfartøyet befinner seg i.

Visuell flygning skjer under bestemte værforhold, basert på sikt og avstand fra skyer. Dette betyr at en pilot i utgangspunktet kan navigere uten hjelp av instrumenter og/eller dirigering fra flygeledere. Værforholdene må være lik eller bedre enn angitte minstekrav. Småfly blir som regel fløyet i henhold til VFR, men småfly med rett instrumentering flyr også IFR.

Instrumentflygning innebærer at pilotene navigerer etter instrumenter. Flygningen kan dermed foregå i mørke og i dårlig sikt. Instrumentflygning stiller krav til sertifisering av pilot og luftfartøy. Informasjon fra flygekontrolltjenesten eller flygeinformasjonstjenesten er spesielt viktig under instrumentinnflygning ved værforhold som hindrer sikten og gjør det vanskelig for piloter å se andre luftfartøy. Rutefly blir i utgangspunktet utelukkende fløyet i henhold til IFR. Navigering under instrumentflygning har tidligere foregått ved hjelp av radionavigasjon. Nå er imidlertid satellittnavigasjon blitt vanligere, med unntak av siste del av innflygingen.

Radionavigasjon vil si å navigere etter radiosignaler. Radiosignaler sendes ut fra egne bakkestasjoner og radiofyr, som gjerne er plassert etter trafikens hovedruter. Signalene tas imot av en navigasjonsmottaker om bord i luftfartøyene, som angir både posisjon og retning til luftfartøyet. Det finnes flere ulike systemer for radionavigasjon.

Satellitnavigasjon, blant annet GPS, benytter seg også av radiosignaler, men disse signalene sendes i motsetning til ordinær radionavigasjon ut fra satellitter og har derfor en større dekningsgrad og rekkevidde. GPS benyttes til å støtte flere faser av flygningen (ut- og innflygning, underveisflygning). I starten var GPS et supplement til bruk av radiofyr, men i senere tid har systemet blitt pålitelig nok til å kunne brukes som primært hjelpemiddel for flynavigasjon, særlig ved utflygning og underveisflygning. Inn/utflygingsfasen anses for å være særlig kritisk, og det stilles høyere krav til systemets pålitelighet og nøyaktighet. Det er Luftfartstilsynet som godkjenner GPS-baserte inn- og utflygningsprosedyrer. Satellitnavigasjon har vist seg å være sårbar for elektronisk manipulering. I Norge har det vært tilfeller av GPS-jamming i Finnmark.

2) Overvåkningssystemer

Lufttrafikkstjenesten har som oppgave å overvåke og kontrollere luftfarten, samt gi relevant informasjon til flygerne på bakken og luften. Flygekontrolltjenesten koordinerer posisjoner som rapporteres inn fra luftfartøyene via radiosignaler, eller de bruker radar for å observere luftfartøyene.

Radarer registrerer objektets avstand fra senderen ved å sende ut radiosignaler og deretter motta de reflekterte radioekkoene fra dem. Tidsforsinkelsen som oppstår på grunn av ekkoet utgjør en avstand. Radarer bruker radiobølger for å måle retning og avstand til andre objekter. På den måten kan flygekontrolltjenesten få en oversikt over lufttrafikken, og kan gi nødvendig informasjon til flygerne.

Denne typen radar omtales som primærradar, og har lenge vært den vanlige måten å overvåke luftrommet på.

I tillegg benyttes sekundærradarer. De fleste luftfartøy er utstyrt med en transponder. En transponder er en radiomottaker som automatisk sender et radiosignal med en kode tilbake når den blir truffet av et spørresignal, som blir sendt ut fra sekundærradaren. Koden vil inneholde informasjon om luftfartøyet, blant annet kallesignal og høyde. Informasjon fra primær- og sekundærradaren settes sammen og gir flygelederen en oversikt over trafikken i luftrommet. Luftfartøy uten en transponder vil kun detekteres av en primærradar.

Ny overvåkningsteknologi er i ferd med å fases inn i norsk luftfart. Primærradaren skal erstattes med systemer som er basert på nye bakkestasjoner, GPS og WAM (Wide Area Multilateration) teknologi. WAM er en overvåkningssensor, hvor luftfartøyets posisjon bestemmes via triangulering. Triangulering vil si at man måler tidsforskjellen til flere ulike mottakerstasjoner på bakken og på den måten peiler inn posisjonen til luftfartøyet. Det er flere fordeler med WAM sammenlignet med nåværende system, blant annet er nøyaktigheten og presisjonen forbedret, noe som gir økt flysikkerhet. I tillegg er systemene enklere å vedlikeholde enn dagens radaranlegg og teknologien er rimeligere. Den nye overvåkningsteknologien vil også gi bedre dekningsgrad, særlig i Nordsjøen og i nordområdene helt opp til Svalbard. Sist, men ikke minst, vil forstyrrelser fra vindturbiner bli vesentlig redusert. I perioden fra 2019-2035 vil de siste radarene til Avinor bli faset ut.

3) Kommunikasjonssystemer

Med kommunikasjonssystemer menes de faste og mobile innretningene som muliggjør bakke til bakke-, luft til bakke- og luft til luft-kommunikasjon, sistnevnte er særlig relevant i ukontrollert luftrom eller ved flyplasser som ikke har innflygingskontroll. Kommunikasjon mellom luftfartøy og lufttrafikkjentesten på bakken forgår for det meste muntlig over radio. Satellittkommunikasjon mellom luftfartøy og bakke er foreløpig begrenset, men under utvikling.

3.4 Flyværtjeneste

Værobservasjoner og informasjon om meteorologiske forhold er viktig informasjon for flygere, særlig i forbindelse med visuell flygning, slik at reduserte værforhold kan varsles i tide. Flyværtjenesten er den delen av flysikringstjenesten som forsyner luftfartøy med værvarsler, værreporter og værobservasjoner, samt eventuelle andre meteorologiske opplysninger og data for flygeformål.

Det er Meteorologisk institutt som er faglig ansvarlig for den sivile og militære flyværtjenesten, i tillegg leverer de blant annet værtjenester til en rekke andre private og offentlige aktører. Det benyttes egne værradarer til innhenting av denne type informasjon. I Norge er det per dags dato elleve værradarer, som dekker det meste av landet.

4 Virkninger for sivil luftfart

4.1 Vindkraft og sivil luftfart

Vindkraftverk kan påvirke sivil luftfart når vindturbinene lokaliseres innenfor det samme luftrommet som den sivile luftfarten opererer. Innenfor dette luftrommet kan vindturbinene enten 1) være til hinder for flygingen og dermed utgjøre en kollisjonsrisiko, eller 2) de kan forstyrre signalene i navigasjon- og overvåkning- og kommunikasjonssystemene, og dermed forringe kvaliteten på lufttrafikk- og flynavigasjonstjenestene. Tilsvarende kan vindturbiner forstyrre signalene til værradarer, og påvirke

luftfarten i form av redusert kvalitet på flyværtjenesten. Vi har vurdert hvordan vindkraftverk kan påvirke værradarer i en egen temarapport.

4.2 Luftfartshinder

Selv om vindturbiner er høye konstruksjoner benytter de seg allikevel av en begrenset del av luftrommet. Ordinær rutetraffic beveger seg kun i samme høyde som vindturbiner i forbindelse med inn- og utflygning til og fra flyplasser/landingsplasser. Annen flyging som kan gå i samme høyde som vindturbiner er først og fremst VFR-flygning. Mye av helikoptertrafikken gjennomføres som lavtflyging.

Lavtflyging

Det er fastsatt grenser for minstehøyder for flygning, unntatt under inn- og utflygning. I tettbygde strøk er minstehøyden 300 meter (1000 fot) og utenfor tettbygde strøk 150 meter (500 fot). Reglene kan avvikes hvis det er nødvendig for å gjennomføre oppdrag, for eksempel ved søk- og redningsoperasjoner. Vindkraftverk etableres i all hovedsak utenfor tettbygde strøk og kan ha en høyde på opptil 220 meter, noe som innebærer at vindturbinene kan være til hinder for lavtflygende luftfartøy. For disse vil vindkraftverk kunne utgjøre en kollisjonsrisiko under flygingen, og dermed påvirke muligheten for valg av flyruter og landing.

Av de som opererer lavtflygende luftfartøy kan det forventes at vurdering av luftfartshindringer inngår som en vesentlig del av planleggingen av flygingen. Det er etablert et «Low-Level» instrument-rutenett for helikoptre i Norge, som forvaltes av Luftambulansetjenesten HF. Det kan også ventes at annen offentlig drevet helikoptervirksomhet, herunder politihelikoptre, vil følge de samme rutene etter hvert. Det er for øvrig påkrevd at brukerne av rutenettet har samband på det lukkede nødnettet. Rutene er lagt gjennom daler og langs fjorder og sund. De er konstruert basert på minstehøyde over hinder på 300 meter, i praksis 1000 fot. Dette gjelder langs en korridor på begge sider av traseen. All navigasjon langs disse er basert på GPS. Det er også utviklet egne selskapsspesifikke GPS prosedyrer inn til sykehus og baser.

For å redusere risikoen for kollisjon er det fastsatt egne regler for rapportering, registrering og merking av luftfartshinder. Det vises til kapittel 5.1 for nærmere beskrivelse av forskrift om rapportering, registrering og merking av luftfartshinder, BSL E 2-1. Forskriften er viktig for å ivareta hensynet til lavtflyging. I forbindelse med planlegging av vindkraftverk bør det i tillegg gjøres en tidlig avklaring med de som utfører lavtflygende oppdrag, herunder Luftambulansetjenesten HF, slik at eventuelle tilpasninger kan vurderes i forbindelse med detaljplanleggingen av vindkraftverket.

Inn- og utflygning

I forbindelse med inn- og utflygning til og fra flyplasser og andre landingsplasser kan vindturbiner utgjøre et luftfartshinder for alle luftfartøy. Lufttrafikken konsentreres desto nærmere en kommer landingsplass/-stripe, og det vil ikke lenger være nok med merking og registrering for å redusere faren for kollisjon tilstrekkelig.

For å sikre at lufttrafikken avvikles på en sikker og effektiv måte blir det utarbeidet egne inn- og utflygningsprosedyrer. Prosedyrene er utarbeidet med hensyn til en rekke faktorer, som er spesifikke for hver enkelt landingsplass/-stripe, herunder topografi, bebyggelse, værforhold og ulike luftfartshinder. Prosedyrene sier noe om hvordan nedstigning og oppstigning skal utføres, og det er fastsatt egne krav til ulike hinderfrie flater avhengig av hvilke fase av inn- og utflygningen luftfartøyet befinner seg i. Innenfor hinderflatene er det strenge byggestriksjoner.

I hvilken grad vindturbinene påvirker eksisterende prosedyrer avhenger av lokalisering av vindturbinene og må sees i sammenheng med prosedyrene for den enkelte flyplass/landingsplass. Det er derfor vanskelig å si noe generelt om virkninger for inn- og utflygningsprosedyrer. I stedet er det nødvendig å

gjøre egne analyser og operative vurderinger for hvert enkelt vindkraftprosjekt som lokaliseres i nærheten av flyplasser/landingsplasser.



Figur 1. Utflyging ved Sogndal lufthavn. Foto: Even Stangebye, Avinor

Avbøtende tiltak kan gjøres i form av tilpasninger ved vindkraftverket i form av høydertilpasninger og/eller plassering av vindturbinene, slik at de ikke kommer i konflikt med eksisterende inn- og utflygningsprosedyrer. Endring av inn- og utflygningsprosedyrer kan også muliggjøre etablering av vindkraftverk nær fly- og landingsplasser. I Norge er det Luftfartstilsynet som godkjenner denne type endringer. Det er en omfattende prosess, som involverer mange parter. Luftfartstilsynet stiller seg i utgangspunktet kritisk til denne formen for avbøtende tiltak.

Det er utformet egne bestemmelser når det gjelder utforming av flyplasser og helikopterplasser, herunder krav til fastsettelse av hinderfrie flater i forbindelse med inn- og utflygning, som blant annet innebærer høyderestriksjoner for bygg og konstruksjoner i nærheten. Det vises til kapittel 5.2 for nærmere beskrivelse.

4.3 Signalforstyrrelser

Signalene som sendes mellom kommunikasjons-, navigasjons- og overvåkningssystem (NAV-anlegg) er elektromagnetiske bølger, nærmere bestemt radiobølger, som brukes til å overføre informasjon mellom sender og mottaker.

Ved radionavigasjon, hvor radiosignaler sendes ut fra egne bakkestasjoner og radiofyr, tas signalene imot av en navigasjonsmottaker om bord i flyet. Dette er også tilfelle når to fly i luften kommuniserer sammen over radio. Radiosignalene blir videre prosessert, slik at de kan benyttes i forbindelse med navigasjon eller kommunikasjon. Radarer benytter seg også av radiobølger, hvor radiosignaler sendes ut og deretter mottas de reflekterte radiobølgene fra objekter som fly. Radarer har altså både sender og mottaker, og har som formål å detektere luftfartøy.

Fysikken som ligger bak interferens mot radarer er tilsvarende den som gir forstyrrelser i forbindelse med overføring av radiosignaler. Følgende faktorer må foreligge før interferens fra vindturbiner er et problem.

- 1) Vindturbinene må stå innenfor systemenes operative virkeområde.
- 2) Radarene må ha til hensikt å detektere objekter/luftfartøy som beveger seg innenfor radarskyggene som vindturbinene lager.

Signalforstyrrelser kan forringe kvaliteten på lufttrafikk- og flynavigasjonstjenestene og potensielt påvirke flysikkerheten. Det er derfor utformet egne bestemmelser som skal sørge for at bygg og konstruksjoner ikke forårsaker forstyrrelser på signalene mellom fly og bakke. Det vises til kapittel 5.2 for nærmere beskrivelse.

Radars

I sivil luftfart benyttes to forskjellige typer radarer, primær- og sekundærradar, se kapittel 3.3. Formålet til radaren er å detektere luftfartøy, og på den måten overvåke og kontrollere lufttrafikken. Det er derfor viktig at radaren har størst mulig dekning, det vil si fri sikt for å kunne detektere luftfartøy. Andre objekter som er plassert i radarens siktlinje vil anses som støy og generere uønskede signaler. Prosessering av radarsignaler har blant annet til hensikt å fjerne uønskede signaler. I hvilken grad forstyrrelsene kan aksepteres må vurderes for hvert enkelt tilfelle.

Vindturbiner som er plassert i radarens siktlinje vil påvirke radaren ved at radaren vil motta et reflektert signal fra vindturbintårnet og et svakere reflektert signal med varierende frekvens (Doppler) fra vindturbinbladene. Reflekterte signaler fra vindturbiner er uønskede refleksjoner, og omtales som clutter. Clutter kan også være refleksjoner fra bakken (bakkeclutter), fjellsider, hus, kjøretøy og alt som ikke er av interesse å detektere. Clutter som ikke blir fjernet i prosesseringen kan generere falske plot på radarskjermen. Vindturbinene eller andre objekter vil også kunne blokkere sikten til radaren, slik at det vil være vanskelig å detektere objekter som befinner seg bak vindturbinen.

Signalene som mottas av radaren bli prosessert, og uønskede signaler blir forsøkt fjernet. Dette utføres blant annet ved hjelp av dopplerprosessering, som gir radaren mulighet til å måle hastighet. Fordi clutter vanligvis er generert av stillestående objekter, som fjell og bygninger, klarer radaren å skille ut mindre bevegelige objekter, som fly og helikoptre.

I hvilken grad det lar seg gjøre å filtrere bort uønskede signaler er noe av hovedutfordringen ved interferens fra vindturbiner, fordi turbinbladene roterer med varierende hastigheter og derfor generer mye dopplerstøy. Det er variasjonen i vindhastighet og vinkelvariasjon mellom vindturbiner og et bevegelig objekt som ønskes detektert, som gjør det vanskelig å fjerne clutter fra vindturbiner uten å fjerne signaler fra andre objekter i samme posisjon som vindturbinene. Det betyr at radaren vil ha problemer med å detektere andre objekter ved vindturbinene eller i en viss utstrekning bak vindturbinene.

Radiosignaler

Virkinger for radiosignaler som benyttes i navigasjons- og kommunikasjonssystem er ikke like problematisk som for radarer, og er enklere å kompensere for. Problemene løses normalt ved å

retningsstyre antennene, som vil sørge for fri sikt mellom sender/mottaker, slik at radiosignalet ikke blir påvirket fra vindturbiner og andre forstyrrende objekter.

Avbøtende tiltak for signalforstyrrelser

Det ideelle for å unngå signalforstyrrelser på NAV-anleggene er etablering av fri sikt mellom sender og mottaker, både for overføring av radiosignal og ved å plassere vindturbiner og radarer ute av syne for hverandre. Det er viktig å merke seg at antenner som sender ut radiosignaler har såkalte sidelobes. Det vil si at en radar med en antenne, som i utgangspunktet er retningsstyrt, vil kunne bli forstyrret fordi de vil fange opp reflekterte signaler fra sidelobene.

Dersom det ikke lar seg gjøre å plassere vindturbiner og NAV-anleggene i en slik avstand, er det i hovedsak to tilnærminger for å avbøte virkninger av signalforstyrrelser på NAV-anleggene. Den ene tilnærmingen baserer seg på konfigurering av radaren, og den andre på lokalisering/utforming av vindturbinene. Under nevnes noen ulike avbøtende tiltak, som kan vurderes.

Følgende avbøtende tiltak kan vurderes ved vindturbiner:

- Vindturbinblader kan produseres på en måte som gir lavere refleksjon uten at det går utover kraftproduksjonen og levetiden, for eksempel ved å benytte «stealth»-teknologi på tårn, generatorhus eller turbinblader.
- Minsteavstand og høydebegrensninger for vindturbiner.
- Utnytte vindturbinenes evne til å endre rotorens radar-cross-section (RCS) inkludert faseforholdet mellom naborotorers turbinakslinger.

Følgende avbøtende tiltak kan vurderes ved radarer:

- Retningsstyrte antenner eller andre tilpasninger ved radarens søkestrategi til omgivelser og eventuelle vindturbiner.
- Etablering av «GAP-fillers», det vil si tilleggsradarer, som plasseres slik at de kan fylle inn for tapt eller uegnet signal.
- Benytte nye og bedre algoritmer i forbindelse med prosessering av radarsignalet, som kan redusere støy.

Vurderingen av mulige avbøtende tiltak bør gjøres basert på mest mulig konkrete data om den aktuelle installasjonen, omkringliggende landskap og karakteristikken for berørte radarer.

4.4 Andre forhold

Tilstrekkelig avstand mellom luftfartøy og vindturbiner er avgjørende når det gjelder å redusere faren for kollisjon, men det kan også tenke seg at dersom mindre luftfartøy beveger seg i nærheten av vindturbiner vil de kunne bli påvirket av turbulens generert av vindturbiner i drift. Ved høye vindhastigheter kan turbulens strekke seg over fire kilometer ut fra en vindturbin. Turbulens fra vindturbiner er ikke sett på som et stort problem med hensyn til luftfart.

5 Regelverk for norsk sivil luftfart

Faren for alvorlige ulykker og hendelser er til stede både i form av kollisjonsrisiko og signalforstyrrelser, med tap av menneskeliv som ytterste konsekvens. Flysikkerhet er derfor høyt prioritert, med mål om å

unngå menneskelige eller materielle skader og tap. Det er derfor relevant å se nærmere på hvilke bestemmelser som er gjeldende for vindkraftverk.

Den sivile luftfarten er regulert gjennom internasjonale regler og avtaler. I Norge er det Luftfartstilsynet som forvalter og utvikler regelverk for norsk sivil luftfart. En stadig større del av de norske forskriftene gjennomfører EU-regelverk, mens enkelte av forskriftene gir særnorske bestemmelser. Avinors flyplasser er EU-sertifisert og forholder seg til Commission Regulation (EU) 139/2104, og i denne forbindelse konkret til delen «Certification Specifications and Guidance Material for Aerodromes Design» (CS ADR-DSN).

Både særnorske bestemmelser og det felleseuropeiske regelverket bygger i stor grad på anbefalinger gitt av Den internasjonale organisasjonen for sivil luftfart (ICAO). Det felleseuropeiske regelverket utarbeides av EUs byrå for flysikkerhet (EASA) og EU-Kommisjonen.

Vindkraftverk omfattes av følgende regelverk og nasjonale forskrifter:

- Forskrift om rapportering, registrering og merking av luftfartshinder (BSL E 2-1)
- Forskrift om sertifisering, utforming av flyplasser og helikopterplasser (BSL E 3-1 til 3-6)
- «Certification Specifications and Guidance Material for Aerodromes Design» (CS ADR-DSN) i Commission Regulation (EU) 139/2104
- Forskrift om flynavigasjonstjenesten (BSL G 6-1)

Forskriftsamlingen for sivil luftfart er inndelt i ni hovedområder, og omtales som bestemmelser for sivil luftfart (BSL). Bestemmelsene skal sørge for at den sivile luftfarten ikke blir berørt slik at det går utover sikkerheten. Nedenfor følger en kort beskrivelse av hva dette innebærer for vindkraft.

5.1 Rapportering, registrering og merking

Rapportering og registrering

Vindturbiner er per definisjon et luftfartshinder, og det er eier av luftfartshindre som selv er ansvarlig for at forskriftenes krav er oppfylt. Luftfartshindre utgjør en fare for luftfarten og flysikkerheten, og skal derfor innrapporteres til Nasjonalt Register over Luftfartshindre (NRL). Det er Statens kartverk som fører NRL. Data fra NRL benyttes i sammenheng med flysikkerhet ved at luftfartshinder kan inngå som en del av planlegging av flyginger, og som grunnlag for produksjon av kart til bruk i luftfarten. Dette er særlig viktig i forbindelse med lavtflyging/VFR-flyging. I forskriften er det krav om at alle objekter, herunder vindturbiner, med en høyde over bakken på 15 meter eller mer (utenfor tettbygd strøk) eller 30 meter eller mer (innenfor tettbygd strøk) skal rapporteres til Statens kartverk for registrering i NRL.

Luftfartstilsynet vurderer å utvide kravet til rapportering. Utvidet krav til rapportering vil kunne gi en bedre og mer nøyaktig rapportering av hinderdata. Dette vil gi et bedre datagrunnlag i NRL og vil samtidig kunne legge til rette for bruk av elektroniske kart. Forskriftsendringen var på høring høsten 2017.

Merking med farge og hinderlys

Luftfartshindre som er høyere enn 60 meter er merkepliktige. I gjeldende forskrift står det at vindturbiner skal merkes med farge og hinderlys. Hver merkepliktig vindturbin skal ha to hinderlys, plassert på toppen av turbinhuset. For vindturbiner som utgjør et større vindkraftanlegg kan Luftfartstilsynet godkjenne at kun vindturbinene som utgjøre vindkraftverkets perimeter merkes, dersom den individuelle avstanden

mellom merkede vindturbiner ikke er større enn at hensynet til flysikkerheten ivaretas. Luftfartstilsynet kan fastsette at også sentrum eller høyeste vindturbin i vindkraftanlegget skal merkes.

Det finnes systemer som innebærer at hinderlysene skrur på når luftfartøy er nær vindkraftverket. For å installere slike systemer kreves det en godkjenning fra Luftfartstilsynet. En eventuell godkjenning gis etter at merkingen er utført, og det er dokumentert at merkingen oppfyller kravene i jf. BSL E 2-1, § 7 *Merkeplikt*. Det står mer om dette og lysvirkninger for naboer i temarapporten om nabovirkninger.

Når det gjelder fargen på vindturbinene, skal den være synlig på minst 1500 meters avstand fra alle aktuelle innflygningsvinkler. Vindturbiner skal merkes med lys farge, for eksempel grå, gråhvit eller andre nyanser av hvit. Snøhvit farge skal ikke benyttes. Merkekravet gjelder ikke den nederste tredjedel av tårnet. Det er ikke krav til fargemerking av turbinblader.

Avhengig av høyden til vindturbinene er det fastsatt egne krav til intensiteten til hinderlysene. Vindturbiner med en totalhøyde på over 150 meter skal merkes med høyintensitetslys. Lavere vindturbiner skal merkes med mellomintensitetslys.

5.2 Restriksjoner ved flyplasser og NAV-anlegg

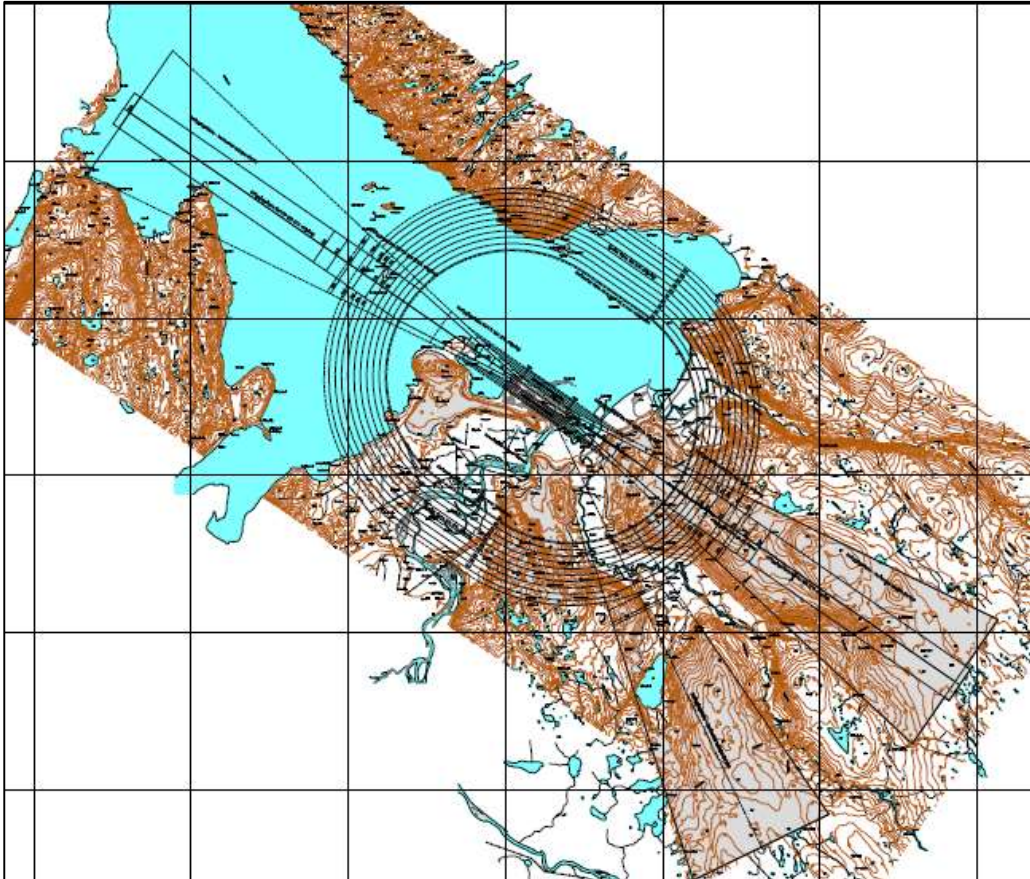
Det er utarbeidet egne forskrifter når det gjelder utforming av flyplasser og helikopterplasser (BSL E 3-1 til 3-6) og Commission Regulation (EU) 139/2014, som gjelder for å sikre anlegg, utstyr og driftsrutiner for flynavigasjon (BSL G 6-1). Forskriftene har som formål å hindre, forebygge og redusere omfanget av luftfartsulykker, blant annet ved å 1) sørge for hinderfrie flater i forbindelse med inn- og utflygning og 2) sørge for at bygg og konstruksjoner ikke forårsaker forstyrrelser på signalene mellom fly og bakke.

Restriksjonsplanen produseres for å vise de begrensninger og rådighetsinnskrenkninger som er nødvendig for å sikre hinderfritt luftrom for flytrafikken for Avinors- og private flyplasser. Planen viser de fastsatte hinderflatene for en flyplass og NAV-anleggene sine BRA-flater (Building Restriction Areas). For hver flyplass vil dette plankartet være flyplassens eneste restriksjonskart som utbyggere og lokale myndigheter skal forholde seg til. I en restriksjonsplan beskriver de røde linjene BRA-restriksjoner og de sorte linjene hinderflater i forbindelse med inn- og utflygning.

For enkelte flyplasser er restriksjonsplanen hjemlet i luftfartsloven, blant annet for flyplasser som ligger nær områder med utbyggingspress. Hvis det planlegges å etablere vindturbiner som gjennomtrenger en av hinderflatene rundt disse flyplassene, må det søkes Luftfartstilsynet om dispensasjon fra restriksjonsplanen. For de fleste flyplasser er restriksjonsplankartene tatt inn i kommunenes arealplaner. Ved disse flyplassene er det kommunen som kan tillate dispensasjon, normalt etter å ha innhentet synspunkter fra Avinor. Restriksjonsplaner hjemlet i luftfartsloven og kommunale arealplaner viser de samme begrensninger og rådighetsinnskrenkninger.

Hinderflater

Ved alle flyplasser skal det fastsettes hinderflater for å definere hvilke objekter som er å anse som hinder for luftfarten, og som skal sørge for hinderfrihet under inn- og utflygning. Hinderflatene er tenkte flater med utforming som varierer etter hvorvidt rullebanen brukes til start eller landing. Dersom start og landing foregår i begge rullebanens retninger skal det legges til grunn de hinderflatene som stiller de strengeste kravene til hinderidentifisering. For eksempel er utflygingsflaten smalere enn innflygingsflaten og ligger som regel høyere enn innflygingsflaten. Innflygingsflaten blir derfor i de fleste tilfeller den dimensjonerende (strengeste) av disse to flatene for identifisering av hinder som er i konflikt med planflatene.



Figur 2. Hinderflater ved Alta lufthavn

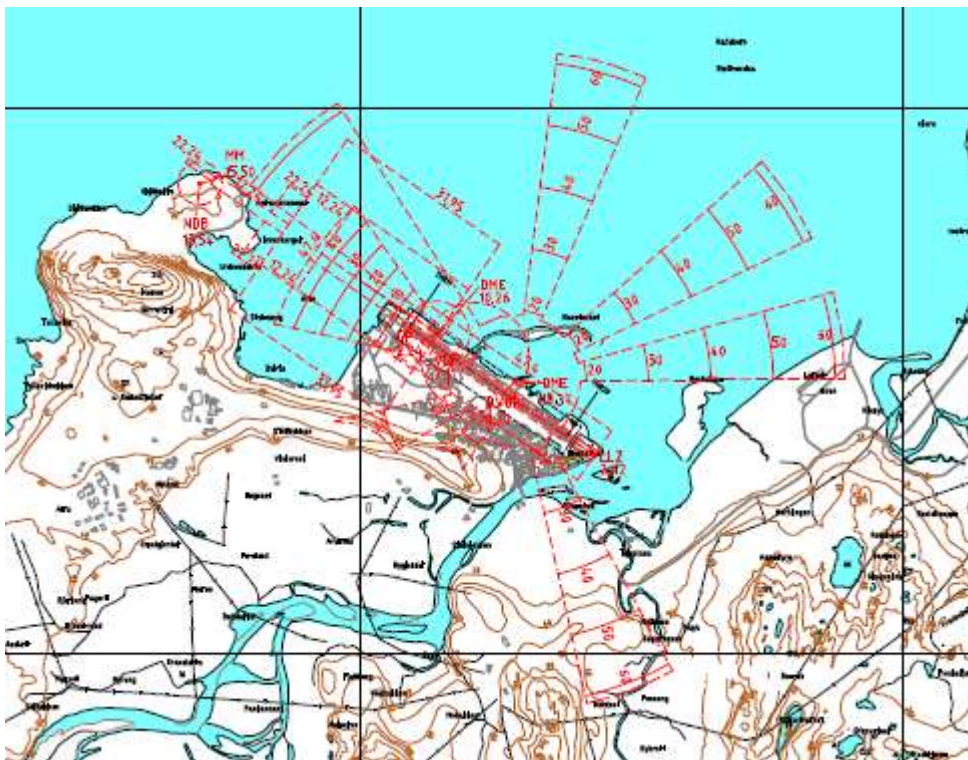
Følgende hinderflater skal fastsettes:

- Utflygingsflate
- Innflygingsflate
- Horisontalfalte
- Sideflate
- Konisk flate
- Indre innflygingsflate
- Utflygingsflate for avbrutt landing
- Indre sideflate

Kravene til hinderflater avhenger av størrelsen på fly- og helikopterplassen, og er definert i BSL E 3-1 til 3-6 og Commission Regulation (EU) 139/2014.

BRA - «Building Restriction Area»

BRA står for «Building Restriction Areas», og beskriver et eller flere områder rundt flyplasser og enkeltstående NAV-anlegg der bygg og konstruksjoner, herunder vindturbiner, kan forårsake forstyrrelser på signalene mellom fly og bakke, og som vil kunne medføre nærmere bestemte restriksjoner. Utformingen av BRA skal beskytte NAV-anlegg ved flyplasser mot reflekser som kan forstyrre signalene. Disse er framstilt på grunnlag av databeregninger der meget store bygg eller flater vil føre til at signalreflekser forårsaker uakseptable forstyrrelser.



Figur 3. BRA ved Alta lufthavn

BRA-kartet viser med røde streker et rektangulært eller rundt område omkring hvert enkelt NAV-anlegg. Innenfor dette området skal alle bygg og konstruksjoner vurderes om de er til hinder. Dersom et planlagt bygg eller konstruksjon vil gjennomtrenge BRA-flatene, skal det foretas en radioteknisk vurdering av faginstans som har kompetanse på anleggenes utstrålingsmønstre. Disse spesialistene har egne internasjonale retningslinjer som følges.

Utenfor dette området vil det være en eller flere skråflater som markerer grensen for tillatt byggehøyde uten restriksjoner opp til en gitt høyde, og som viser hvor annen bebyggelse kan legges uten å gi forstyrrelser på signalene fra NAV-anlegg. Dersom et planlagt bygg eller konstruksjon ikke gjennomtrenge BRA-flatene, vil dette ikke medføre noen restriksjoner.

Det er flyplassoperatøren som skal utarbeide og vedlikeholde et BRA-kart (Building Restriction Area), og som er ansvarlig for at lokale myndigheter er gjort kjent med BRA-kartet.

6 Ny kunnskap

Det er knyttet usikkerhet til betydningen av påvirkning fra vindturbiner for radarer. Selv om det har blitt gjennomført flere studier, kan det være nødvendig med ytterligere studier for å redusere usikkerhet. Det er blant annet knyttet usikkerhet til hvordan støyen fra mange vindturbiner i et vindkraftverk skal summeres både i sammenheng med radar og radiokommunikasjon.

7 Prosess i vindkraftsaker

Det er avstanden mellom vindturbinene og anleggene (flyplasser og NAV-anlegg), som er førende for hvilke restriksjoner som gjelder. Innenfor en gitt avstand skal flysikringstjenesten hos Avinor kontaktes, slik at det kan utføres egne analyser og operative vurderinger i forbindelse med inn- og utflygningsprosedyrer, og eventuelle virkninger for kommunikasjons-, navigasjons- og overvåkningssystemene (NAV-anleggene). I forbindelse med konsesjonsbehandlingen kan det være

hensiktsmessig å operere med en fast minsteavstand for når forholdene mellom sivil luftfart og vindkraftverk må avklares med Avinor. Luftfartstilsynet og Avinor mener denne grensen må settes til 16 kilometer. Ved tvil om avstand mellom vindturbiner og luftfartsanlegg skal Avinor kontaktes. Grensen er basert på utforming av vindturbiner pr. 2018, 3-bladet, horisontal roterende aksel, med høyde til nav på opptil 200 meter. NVE slutter seg til dette, og sender også alle meldinger og søknader om vindkraftverk på høring til Luftfartstilsynet og Avinor. Virkninger for sivil luftfart skal utredes i alle konsesjonssaker, herunder virkninger for Luftambulansetjenesten og andre som utfører lavtflygende oppdrag.

8 Konklusjon

Vindkraftverk kan medføre virkninger for sivil luftfart, dersom vindturbinene lokaliseres innenfor det samme luftrommet som den sivile luftfarten opererer. Innenfor dette luftrommet kan vindturbinene: 1) være til hinder for flygingen og dermed utgjøre en kollisjonsrisiko, eller 2) de kan forstyrre signalene i navigasjon- og overvåking- og kommunikasjonssystemene (NAV-anleggene), og dermed forringe kvaliteten på lufttrafikk- og flynavigasjonstjenestene.

Faren for alvorlige ulykker og hendelser er til stede både i form av kollisjonsrisiko og signalforstyrrelser, med tap av menneskeliv som ytterste konsekvens. Ved etablering av vindkraftverk må konsesjonær rette seg etter gjeldende regelverk. En oversikt over regelverk og nasjonale forskrifter som omfatter vindkraft er gitt i kapittel 5.

Ved planlegging av vindkraftverk bør det gjøres en tidlig avklaring av i hvilken grad regelverket vil legge hindringer eller begrensninger for etablering av vindkraftverk, og hvorvidt eventuelle avbøtende tiltak kan redusere virkningene i tilstrekkelig grad.

9 Utpeking av mest egnede områder for vindkraft

I tillegg til å gi en oppdatert oversikt over kunnskap om virkninger av vindkraft, innebærer arbeidet med den nasjonale rammen å peke ut områdene i Norge som er mest egnet for vindkraftutbygging.

Arealer hvor virkningene for sivil luftfart vil være uakseptable, og det ikke kan gjøres avbøtende tiltak for å redusere virkningene i tilstrekkelig grad, vil være uaktuelle for vindkraftutbygging. Denne type arealer omtales i nasjonal ramme som harde eksklusjoner. Arealer der det er viktig interesser som tilsier at områdene ikke er helt uaktuelle, men allikevel ikke av de mest egnede til vindkraftutbygging, omtales som myke eksklusjoner.

Det er fastsatt krav om at hver flyplass skal ha en restriksjonsplan for å vise de begrensninger og rådighetsinnskrenkninger som er nødvendig for å sikre hinderfritt luftrom for flytrafikken for Avinors flyplasser. Planen viser de fastsatte hinderflatene for en flyplass og NAV-anleggene sine BRA-flater («Building Restriction Areas»). For hver flyplass vil dette plankartet være flyplassens eneste restriksjonskart som utbyggere og lokale myndigheter skal forholde seg til. I en restriksjonsplan beskriver de røde linjene BRA-restriksjoner og de sorte linjene hinderflater i forbindelse med inn- og utflygning.

I forbindelse med utpeking av de mest egnede områdene for vindkraft i Norge er restriksjonsplanen for Avinors flyplasser lagt til grunn. Arealer som omtales som innflygningsflaten i restriksjonsplanen er satt som hard eksklusjon. Det er et poeng å merke seg at hinderflatene som stiller de strengeste kravene til hinderidentifisering skal legges til grunn. Utflygningsflaten er smalere enn innflygningsflaten og ligger som regel høyere enn innflygningsflaten. Innflygningsflaten blir derfor i de fleste tilfeller den

dimensjonerende (strengeste) av disse to flatene. Arealer hvor vindturbiner i betydelig grad vil kunne påvirke NAV-anleggene er vurdert som myk eksklusjon. Disse arealene er i samråd med Avinor fastsatt innenfor en buffersone på seks kilometer rundt Avinors flyplasser og innenfor en buffersone på 500 meter rundt enkeltstående NAV-anlegg.

10 Kilder

<https://avinor.no/>

<https://luftfartstilsynet.no/>

www.lovdatabasen.no

Rapport. Vindkraft och civil luftfart. En modell for provning av vindkraftverk i nærheten av flygplatser. Trafikverket 2014:045.

Prosjektnotat «Radarforstyrrelser fra vindmøller». Sintef Digital v/Karsten Husby (2017)

<https://www.icao.int/EURNAT/eurandnat/Documents/EURDocuments/015%20-%20Building%20Restricted%20Areas/ICAO%20EUR%20Doc%20015%20Third%20Edition%20Nov2015.pdf>

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

https://avinor.no/globalassets/konsern/miljo-lokal/bra-kart/bra-brukerveiledning_1-2.pdf

Definisjoner av aktuelle begreper i forbindelse med «Forskrift om etablering, organisering og drift av lufttrafikkteneste (BSL G 2-1)»

<https://samferdselinfra.no/artikler/ny-teknologi-skal-erstatte-radaren/405931>

<https://forskning.no/kommunikasjon-informasjonsteknologi/2016/06/europeiske-fly-tar-i-bruk-satellittkommunikasjon>

<https://news.ku.edu/2014/01/15/study-finds-small-aircraft-face-risks-airports-near-wind-farms>

<https://www.nrk.no/finnmark/ambulansefly-rammet-av-gps-jamming-fra-russland-1.14026433>

Store Norske Leksikon (2017), www.snl.no

Wikipedia (2018)



NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

MIDDELTHUNSGATE 29
POSTBOKS 5091 MAJORSTUEN
0301 OSLO
TELEFON: (+47) 22 95 95 95

www.nve.no