

RWE Wind Norway, branch of RWE Wind Norway AB

## ► **Oddeheia og Bjelkeberg vindkraftverk**

Høringsfase

Helsekonsekvensutredning

Oppdragsnr.: 5204517 Dokumentnr.: 005 Versjon: J03 Dato: 2020-06-19



**Oppdragsgiver:** RWE Wind Norway, branch of RWE Wind Norway AB  
**Oppdragsgivers kontaktperson:** Kjell Rune Nakkestad  
**Rådgiver:** Norconsult  
**Oppdragsleder:** Einar Berg  
**Fagansvarlig:** Inge Hommedal (akustikk), Einar Berg (visuelle virkninger, skyggekast)  
**Andre nøkkelpersoner:** Maria Hoem, Finn Kåre Nyhammer

J03	2020-06-19	For bruk	Eiber, Inhom, Finnyh, Marhoe	Eiber, Inhom	Lesim
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

## ► Sammendrag

I forbindelse med godkjenningsprosessen av Miljø-, transport- og anleggsplan (MTA-plan), har Birkenes kommune gjennom vedtak i kommunestyret bedt om at det gjøres en helsekonsekvensutredning av Oddeheia og Bjelkeberg vindkraftverk slik siste vindparkutforming foreligger. Norconsult har blitt engasjert for å utrede temaet basert på en oppdragsbeskrivelse utarbeidet av KRN Coaching og som er forelagt kommunen.

Utredningen er basert på kjente og fagfellevurderte studier om emnet slik dette foreligger pr. dags dato og slik temaet er vurdert av Folkehelsa (FHI) og Verdens helseorganisasjon (WHO). I tillegg er det også gjennomgått nyere studier fra Sundhedsstyrelsen i Danmark og Universitetet i Göteborg.

Helsekonsekvenser av vindkraftverk er et krevende tema der det foreligger relativt begrenset grunnlag for å trekke konklusjoner. Begrepet 'helse' er heller ikke omforent og entydig. Spesielt utfordrende er dette hvis man legger til grunn et utvidet helsebegrep som også omfatter trivselsaspekter. I gjennomgangen av kjente studier er det i all hovedsak tatt utgangspunkt i en avgrenset forståelse av begrepet helse som omfatter målbare og uttalte helseplager, da trivsel angår forhold som det i praksis er umulig å dokumentere på systematisk vis. Når det gjelder mulige helsekonsekvenser er trivselsaspektet likevel berørt.

Mulige helsekonsekvenser er i tråd med oppdragsbeskrivelsen avgrenset til effekter forårsaket av støy, skyggekast og visuell påvirkning fra turbinene.

De fleste som er eksponerte for vindturbinestøy er utsatte for betydelig lavere årsmidlete døgnnivåer enn tilfellet er for f.eks. personer plaget av vegtrafikkstøy. Dette, sammen med at færre personer er utsatte for vindturbinestøy gjør det vanskelig å tallfeste helsekonsekvenser av vindturbinestøy. Som bl.a. Verdens helseorganisasjon påpeker er de fleste studier av eventuelle helseeffekter av vindturbinestøy dårlige. De fleste mangler sikker informasjon om eksponeringsnivåene, slik at sammenlikninger mellom de ulike studiene blir vanskelig/umulig.

Typiske årsmidlete døgnnivåer ved boliger fra vindturbinestøy er lave sammenliknet med støynivåer fra typiske samferdselkilder. I beregning av støyutbredelse i omgivelsene er det alltid slik at beregningusikkerheten øker svært mye med økende avstand fra kilden. Det er ikke uvanlig at vindturbinestøyen ved f.eks. et bolighus er like lav eller lavere enn annen støy laget av vinden (vindsus i trær, vindsus i terrengformasjoner, bølgeslag mot land, osv.).

I støyretningslinjen T-1442 er det lagt til grunn at en viss andel av befolkningen vil føle seg støyplaget ved et støynivå på grenseverdien. Dette kan være et samfunnsmessig kompromiss med avveininger mellom støyplage *fra* og nytte *av* den aktuelle støykilden. Man kan regne at 10-15 % av befolkningen regner seg som mer støyfølsomme enn resten av befolkningen. Disse vil da ikke få et like sterkt samfunnsvern mot støy. Personer med søvnmønster som avviker fra hovedparten av den voksne befolkningen (f.eks. barn og skiftarbeidere) vil heller ikke få et like sterkt samfunnsvern mot støy.

Det er vist til at omfattende nyere langtidsstudier av sammenheng mellom vindturbinestøy og sykdommer & plager, gjort i regi av Sundhedsstyrelsen i Danmark.

Som vist i vedlegg C lager også moderne vindturbiner lavfrekvent lyd og infralyd. Det er gjort studier av mulig plage fra disse delene av lydspekteret. I fagene biologi og medisin er det pekt på at mennesket er lite følsomt for infralyd, det gjelder både sansing og direkte skadepotensiale. Som nevnt i vedlegg A har lyd svært liten fysisk effekt (altså den effekten en regner i watt), og dermed vil det være overraskende om slik lyd

skulle skade vev eller hele organer. Menneskets øre er følsomt for lyd i frekvensområdet fra ca. 20 Hz til ca. 16 kHz, men svært lite følsomt for lyder med frekvenser langt under og langt over det området.

Helt nylig er det publisert en godt dokumentert søvn-studie der forsøkspersoner ble utsatte for lyder med kontrollert styrke og lydspekter fra vindturbiner. Studien viser at innsovning kan ta lenger tid når forsøkspersonen ble utsatt for vindturbinstøy. Det ble også sett noe mindre REM-søvn. Andre objektive mål viste ingen endringer. Selv-rapportert søvnkvalitet avtok noe.

Det finnes ikke studier som påviser dokumenterbare helseplager av skyggekast fra turbiner i den aktuelle størrelsesklassen som er planlagt i Oddeheia og Bjelkeberg vindkraftverk. Tidligere studier indikerte at skyggekast kunne utløse epilepsi, men det var basert på turbiner med betydelig større rotasjonshastighet på bladene. Den langsomme rotasjonen som nye store turbiner representerer vil ikke kunne utløse epilepsi. Skyggekast kan likevel utløse ubehag og forstyrrelser dersom effektene er påtrengende og langvarige. Derfor er det satt anbefalte grenseverdier for skyggekast som ikke skal overstige 30 minutter pr dag, og ikke over 8 timer forventet skyggekast pr. år eller 30 timer maksimalt skyggekast pr. år. Skyggekast over fastsatte grenseverdier vil motvirkes gjennom avstengingsmekanismer som vil bli pålagt som del av myndighetsgodkjenningen. Skyggekasteffektene avtar med økt avstand mellom betrakter og turbin, og vurderes som maksimalt å kunne oppfattes innenfor en radius på 1500 meter fra turbinen.

Effekten av visuell påvirkning er vanskelig å måle og dokumentere. Hvordan denne oppfattes vil variere fra person til person. Det er likevel ulike faktorer som vil innvirke på omfanget av visuell påvirkning. Disse kan inndeles i tre kategorier: faktorer knyttet til betrakter, faktorer knyttet til vindkraftverkets utforming, og faktorer knyttet til landskap og omgivelser. Når det gjelder betrakteregenskaper tar denne utredningen utgangspunkt i nabopåvirkning knyttet til bosetting og bebyggelse (helårsbebyggelse og fritidsbebyggelse).

Av faktorer knyttet til vindkraftverkets utforming er avstand mellom betrakter og vindturbiner vurdert som den viktigste. Jo nærmere man er turbinen, dess mer visuelt dominant vil den være. Graden av dominans er i nærheten en funksjon av turbinens høyde. Innenfor en avstand på 660 meter fra de aktuelle turbinene med en totalhøyde på 220 meter må betrakteren løfte blikket for å fange inn hele synsinntrykket av den. Innenfor denne avstanden er turbinen det helt dominerende synsinntrykket, og man snakker om en sone for visuell dominans på disse 660 meterne rundt turbinen.

Innenfor en avstand på 8 – 10 ganger høyden på turbinen vil denne fortsatt være et visuelt dominerende innslag i omgivelsene, men ikke så enerådende som i sonen helt inntil turbinen som nevnt over. Dette kan angis som turbinens nærsone, noe som for Oddeheia og Bjelkeberg vil tilsi en sone på rundt 2 km fra turbinene i vindkraftverket.

De andre faktorene som har med vindkraftverkets utforming å gjøre er antall synlige turbiner, bredden på synssektoren disse dekker, hvordan turbinene står i forhold til betrakternes hovedutsynsretning, turbinenes form og farge, samt vær- og lysforhold (der grad av kontrast i form av medlys og motlys er det viktigste).

Lysmerking og styrken på lysemisjonen fra turbinene vil også påvirke nattlandskapet.

Lokal topografi og vegetasjon vil bidra til å begrense synligheten av vindkraftverket. I Birkenes vil den moderat kuperte topografien og de mange skogkledde områdene i varierende grad skjerme for innsyn til anleggene. Turbinene er likevel såpass store at de fra mange steder vil rase over tretoppene.

Potensialet for helsemessige konsekvenser av visuell påvirkning fra Oddeheia og Bjelkeberg vindkraftverk vil uavhengig av dette etter all sannsynlighet først og fremst være knyttet til holdninger til vindkraftverkene. Innbyggere i bebygde områder i kommunen som vil få innsyn til større eller mindre deler av vindkraftverkene, og som i utgangspunktet er negative til vindkraftprosjektet, kan oppleve dette som redusert trivsel. Det kan

også grunne i frykt for at anleggene kan påvirke eiendomsprisene negativt, selv om internasjonale studier indikerer at effekten er liten og vanskelig å spore utover de nærmeste par km fra anlegget.

Forskning innen kognitiv psykologi indikerer at negative følelser ofte er størst i en fase der man har negative forventninger til og frykt for hva som vil komme, mens man over tid i større eller mindre grad tilpasser seg og forsoner seg med ting når tiltakene er gjennomført. Det er likevel tålegrenser som kan overskrides dersom tiltaket oppfattes som for brutalt. I slike tilfeller kan negative reaksjoner og trivsel vedvare. Hvor tålegrensen for visuell påvirkning og forstyrrelser fra vindkraftverk er, vil være individuell. Det kan ikke utelukkes at det for mennesker med stor motstand mot vindkraftverkene kan oppleves slik at deres personlige tålegrenser overskrides, og at dette kan gi vedvarende negative utslag i deres daglige trivsel.

Utredningen har konkret sett på tre nabolokaliteter til vindkraftverkene der man har kunnet forvente ulike grader av visuell påvirkning, støypåvirkning og mulige kombinasjoner av disse: Dalane, Senumstad og Søre Herefoss. Ingen av disse stedene har beregnet støybelastning over den fastsatte grenseverdien, men ligger delvis rett innunder grenseverdien. For alle tre stedene er det redegjort for omfanget av den visuelle påvirkningen i form av avstand til nærmeste turbin, antall synlige turbiner, hovedutsynsretning og lysforhold. Ved Dalane og Senumstad viser skyggekastberegningene at grensen for daglig skyggekastomfang er i grenseland eller så vidt overskrides for flere bygninger, selv etter gjennomføring av tiltakshavers egne foreslåtte avbøtende tiltak. Ved Søre Herefoss er avstanden til vindkraftverkene så stor at man kan se bort fra støy og skyggekast som problem.

Det kan ikke ut fra dette utledes noen sannsynlighet for helsekonsekvenser for beboere i områdene. Men tatt i betraktning utredningens mange usikre forutsetninger og utfordringene rundt folks subjektive oppfatninger av helseplager og tålegrenser kan det forventes at noen vil føle seg negativt påvirket av tiltaket.

## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>8</b>
1.1	Bakgrunn	8
1.1.1	<i>Konsesjon for vindkraftverket</i>	8
1.1.2	<i>Prosess for godkjenning av MTA og detaljplan</i>	8
1.1.3	<i>Vedtak i kommunestyret til Birkenes kommune med krav om at det gjennomføres en helsekonsekvensutredning</i>	8
1.2	Lovhjemler	8
1.2.1	<i>Energiloven</i>	8
1.2.2	<i>Plan- og bygningsloven</i>	9
1.2.3	<i>Folkehelseloven</i>	9
1.2.4	<i>Forurensningsloven</i>	9
1.3	Formål og avgrensning	9
1.4	Definisjon av helse	10
1.5	Avgrensning av helsebegrepet i denne utredningen	11
<b>2</b>	<b>Potensiale for helsekonsekvenser av støy fra vindturbiner</b>	<b>12</b>
2.1	Innledning	12
2.2	Utfyllende om støyretningslinjen T-1442	12
2.3	Litt om støy fra vindturbiner sammenliknet med støy fra andre utendørskilder	12
2.4	Nabovirkningsrapport fra NVE	13
2.5	Verdens helseorganisasjon, WHO	14
2.6	Vindturbinestøy som faktor for ulike sykdommer eller plager	14
2.6.1	<i>Vindturbinestøy og hjerte-kar-sykdom</i>	14
2.6.2	<i>Vindturbinestøy og diabetes</i>	15
2.6.3	<i>Vindturbinestøy og fødselsutfall</i>	15
2.6.4	<i>Vindturbinestøy og søvnforstyrrelser</i>	15
2.6.5	<i>Vindturbinestøy, livskvalitet og mental helse</i>	15
2.6.6	<i>Vindturbinestøy og støyplage</i>	16
2.7	Litt om rytmiske variasjoner i lyder fra vindturbiner og vindkraftverk (AM-effekter)	16
2.8	Litt om lavfrekvent lyd og infralyd fra vindturbiner	16
2.9	Nyere studier av helseeffekter, med vekt på søvn	17
<b>3</b>	<b>Potensiale for helsekonsekvenser av visuell påvirkning fra vindkraftverk</b>	<b>19</b>
3.1	Faktorer som bestemmer grad av visuell påvirkning	19
3.1.1	<i>Faktorer knyttet til betrakter</i>	19
3.1.2	<i>Faktorer knyttet til vindkraftverkets plassering og utforming</i>	20
3.1.3	<i>Faktorer knyttet til landskapet</i>	24
3.2	Skyggekast	25
3.3	Visuell påvirkning og mulige helseeffekter	26

<b>4</b>	<b>Helsekonsekvenser av støy og visuell påvirkning fra Oddeheia og Bjelkeberg vindkraftverk</b>	<b>28</b>
4.1	Beregnete støynivåer ved bebyggelse	28
4.2	Aktuelle støynivåer og mulige helseeffekter	29
4.3	Visuell påvirkning og støy på utvalgte lokaliteter	29
4.4	Dalane	30
4.5	Senumstad	31
4.6	Søre Herefoss	34
<b>Vedlegg A</b>	<b>Ord og uttrykk i akustikk</b>	<b>36</b>
A.1	Vekting	36
A.2	Oktavband og frekvens	36
A.3	Desibel	36
A.4	Korttidsmidla lydtrykknivå	36
A.5	Årsmidla lydtrykknivå	36
A.6	Maksimalt lydtrykknivå	37
4.7	Litt om vanleg førekomande lydtrykknivå	37
A.7	Litt om endring i lydtrykknivå – og <i>oppleving</i> av endringar	38
A.8	Innfallande lydtrykknivå	38
A.9	Litt om lydutbreiing i ulike vèrtilhøve	38
A.10	Lydeffekt	38
<b>Vedlegg B</b>	<b>Støy som tema i arealplanlegging og byggesakshandsaming</b>	<b>40</b>
<b>Vedlegg C</b>	<b>Kvifor støyar vindturbinar?</b>	<b>41</b>
<b>5</b>	<b>Referanser</b>	<b>44</b>

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

### 1.1.1 Konsesjon for vindkraftverket

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) ga den 8.12.2017 E.ON Wind Norway, branch of E.ON Wind Norway tillatelse til å bygge Oddeheia og Bjelkeberg vindkraftverk med tilhørende nettilknytning i Birkenes kommune. Vedtaket ble påklaget, men ble den 20.12.2018 stadfestet av Olje- og energidepartementet (OED) med tilleggsvilkår. NVE utstedte ny anleggskonsesjon i henhold til OEDs vedtak den 15.1.2019. Organisasjonen var tidligere en del av E.ON Climate & Renewables men fra 1.10.2019 ble E.ON Climate & Renewables overført til bedriften RWE under avdelingen RWE Renewables. E.ON Wind Norway, Branch of E.ON Wind Norway har i forbindelse med dette byttet navn til "RWE Wind Norway, branch of RWE Wind Norway AB" (heretter 'Tiltakshaver').

### 1.1.2 Prosess for godkjenning av MTA og detaljplan

Tiltakshaver sendte MTA/Detailjplan sammen med konsesjonsendringssøknad til NVE den 20.12.2019. 8.5.2020 sendte tiltakshaveren oppdatering med noen tilleggsopplysninger som var etterspurt av NVE. NVE informerte 25.5.2020 om at MTA/Detailjplan sammen med konsesjonsendringssøknad var lagt ut på høring.

Høringsfristen er oppgitt til å være 6.7.2020.

### 1.1.3 Vedtak i kommunestyret til Birkenes kommune med krav om at det gjennomføres en helsekonsekvensutredning

Kommunestyret i Birkenes vedtok i 6.2.2020 at RWE må gjennomføre en helsekonsekvensutredning (heretter «HKU»). Nedenfor er et utdrag av vedtak fra Birkenes kommune:

*«Helsekonsekvensutredningen skal være basert på planlagt type vindturbin, avstand til turbin og lokal topografi, og der støy og visuell virkning sees i sammenheng. Helsekonsekvensutredningen og støykartet skal utarbeides av uavhengig instans med erfaring fra slikt arbeid, og legge til grunn Veileder til retningslinje T-1442 Behandling av støy i arealplanlegging, samt kunnskap samlet i NVEs rapport 72/2018 Temarapport om nabovirkninger.»*

## 1.2 Lovhjemler

### 1.2.1 Energiloven

Vindkraftkonsesjoner blir gitt etter «Lov om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m.» (Energiloven), som dermed blir lovhome for eventuelle konsesjoner. Vindkraftverk er dermed unntatt fra Plan- og bygningsloven og skal dermed *ikke* byggesaksbehandles av kommuner.

«§ 1-2 Formål» i den loven inneholder føringer som er relevante for vurdering av ulemper fra slike energianlegg. Paragrafen lyder slik:

[«Loven skal sikre at produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi foregår på en samfunnsmessig rasjonell måte, herunder skal det tas hensyn til allmenne og private interesser som blir berørt.»](#)



## 1.2.2 Plan- og bygningsloven

Det følger av foregående kapittel at Energiloven *ikke* gir detaljerte føringer for håndtering av ulemper (støy, skyggekast, helseeffekter, osv.) fra vindkraftverk. De fleste nye og ombygde utendørs støykilder blir derimot behandlet etter «Lov om planlegging og byggesaksbehandling» (Plan- og bygningsloven). For behandling av utendørs støy har Plan- og bygningsloven detaljerte og praktiske forskrifter, veiledere, osv. Dette er nok blant grunnene til at «Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging (T-1442/2016)» skal brukes også i planlegging av vindkraftverk. Retningslinjen gir overordnede føringer for planlegging på overordnet nivå, så vel som for reguleringsplaner, osv. og er altså hjemlet i Plan- og bygningsloven.

## 1.2.3 Folkehelseloven

Kommunestyret i Birkenes kommune sitt vedtak av 6.2.2020 om at det skal gjennomføres en helsekonsekvensutredning. Dette vedtaket er hjemlet i «Lov om folkehelsearbeid» (Folkehelseloven) av 2012, der slike utredninger blir omtalte slik:

«§ 11.Helsekonsekvensutredning.

Kommunen kan pålegge den som planlegger eller driver virksomhet, eller den ansvarlige for forhold ved en eiendom, for egen regning å utrede mulige helsemessige konsekvenser av tiltaket eller forholdet. Slik utredning kan bare kreves dersom ulempene ved å foreta utredningen står i rimelig forhold til de helsemessige hensyn som tilsier at forholdet utredes. Klageinstansen har ved behandling av klagesaker tilsvarende rett til å kreve helsekonsekvensutredning.»

## 1.2.4 Forurensningsloven

For nye søknader om konsesjon for vindkraftverk kan kommunen gi tillatelse etter Forurensningsloven § 11 til vindturbiner, jfr. «Forskrift om myndighet til kommunene etter forurensningsloven» som trådte i kraft 1. januar 2020. Dette gjelder ikke for Oddeheia og Bjelkeberget vindkraftverk, som søkte om tillatelse før 1.1.2020.

## 1.3 Formål og avgrensning

Formålet med HKU-en er å få fram en samlet vurdering av støy, visuell påvirkning, inkludert skyggekast vindkraftverket vil gi, inkludert en faglig vurdering av virkningene.

HKU av et vindkraftverk før det er bygget er ikke utført tidligere i Norge. Denne HKU-en kan i så henseende sees som et nybrottsarbeid.

HKU-en gir en oversikt på hva som finnes av relevant dokumentasjon av vurderinger av helsevirkninger koblet til støy og visuell innvirkning fra vindkraftverk, koblet opp mot de nivåer av støy og visuell virkning som er beregnet ved dette vindkraftverket.

Det er ikke hensiktsmessig å vurdere støynivåene og visuelle innvirkning for hver enkelt bygning, men noen bygg som er lokalisert på litt forskjellige avstand og retninger rundt vindkraftverket, og som er utsatte for forskjellige nivåer av støy og visuelle virkninger, har blitt inkludert som konkrete eksempler.

Til underlag for Norconsults vurdering har følgende grunnlag fra Tiltakshaver blitt brukt, der samtlige er basert på den turbinlayout/turbinmodell med tilhørende informasjon/spesifikasjoner som ligger som grunn i MTA- og detaljplan.

- Støyrapport fra Akustikkonsulten datert 18.11.2019
- Skyggekastrapport fra Meventus datert 28.10.2019

- Synlighetskart fra Meventus datert 5.11.2019
- Landskapsvurdering fra Norconsult datert 15.11.2019
- 3D-terrengmodell fra Rambøll oppdatert 2.4.2020

#### 1.4 Definisjon av helse

Sosial- og helsedepartementet har gitt ut en veileder om helse og trivsel i konsekvensutredninger (Ståvi m.fl. 2001<sup>1</sup>). Her er det redegjort for ulike tilnærminger til hva som skal legges i begrepet helse.

Det fins ingen entydig definisjon av ordet helse. De definisjonene som fins i litteraturen, spriker først og fremst med hensyn til hvor vidt man velger å tolke og i hvilket perspektiv man ønsker å vurdere helsebegrepet. Helse er et relativt begrep som vanskelig kan måles på en entydig og dekkende måte. Det er både et verdiladet og et flerdimensjonalt begrep. Hvilke sider den enkelte legger til grunn for sin helsedefinisjon, vil i betydelig grad avhenge av eget ståsted og egne verdier. Først og fremst er helsedefinisjonen avhengig av de til enhver tid gjeldende verdier i samfunnet, som igjen er avhengig av økonomi, kultur, politikk, mediafokusering etc.

WHO har utformet følgende helsedefinisjon: "Health is a state of complete physical, mental and social well-being, and not merely the absence of disease or infirmity". Oversatt til norsk blir dette noe slikt som: «Helse er ikke bare fravær av sykdom og svakhet, men en tilstand av fullstendig fysisk, psykisk og sosialt velvære». Denne definisjonen har møtt sterk kritikk, først og fremst fordi den beskriver en utopisk situasjon, hvor streben etter denne i seg selv kan være helseskadelig. Samtidig gir den en visjon om lykke og velvære for befolkningen som kan være rettleidende for politiske beslutninger.

Det er gjort flere forsøk på å gi en uttømmende definisjon av begrepet helse, men et endelig og omforent helsebegrep har man hittil ikke kunnet enes om. Blant flere tilnærminger kan nevnes Statens helsetilsyn, som berører helsebegrepet gjennom sin fortolkning av folkehelse, som omfatter «det enkelte individs og gruppers muligheter for ansvar, delaktighet, solidaritet, mestring og kontroll over eget liv og situasjon».

En vanlig brukt tilnærming til helsebegrepet i det samfunnsmedisinske fagmiljø er en todimensjonal modell der grensen mellom dårlig og god helse varierer i spennvidden mellom psykisk velvære og fysisk lyte (Figur 1-1). Et slikt helsebegrep anskueliggjør det tilsynelatende paradoks at et menneske kan ha en god objektiv helse, men allikevel oppleve dårlig livskvalitet eller mistrivsel. Posisjonen av linjeskillet mellom god og dårlig helse vil i denne modellen være avhengig av både samfunnsmessige forhold som fysiske og psykiske miljøfaktorer, økonomi, sysselsetting, og personlige forhold som religiøs og kulturell tilhørighet.



Figur 1-1: Den todimensjonale helsedefinisjonsmodell

Noe som kompliserer bruken av helse- og trivselsdefinisjoner, er det faktum at det som virker helse- og trivselsfremmende for noen, kan ha motsatt effekt på andre. Aldersmessige og kulturelle forskjeller kan være grunnlag for interessekonflikter som kan påvirke helse og trivsel i motsatte retninger. Eksempelvis kan en ensidig tilrettelegging av samfunnsgoder for barn og unge kunne oppleves å være til fortrenghet for den eldre del av befolkningen, og således virke trivselshemmende på disse.

Ingen av de ovennevnte helsedefinisjonene er alene dekkende for å ivareta befolkningens helse og trivsel i forbindelse med vurdering av konsekvenser av større tiltak. Trivselsbegrepet er en utvidelse av vår tradisjonelle forståelse av helsebegrepet. Derfor bør man legge en bred helsedefinisjon til grunn i helsemessige konsekvensutredninger.

### 1.5 Avgrensning av helsebegrepet i denne utredningen

Som det fremgår av foregående avsnitt, er helsebegrepet vidtfavnende og til dels vanskelig å konkretisere. For denne utredningen er problemstillingen avgrenset til helsekonsekvenser forårsaket av støy og visuelle påvirkning fra det omsøkte Oddeheia og Bjelkeberg vindkraftverk.

Som det også vil fremgå, er det bare i begrenset grad mulig å forutsi målbare helsekonsekvenser av planlagte tiltak. Når trivselsbegrepet trekkes inn, blir grunnlaget for å trekke konklusjoner enda tynnere. Denne rapporten vil redegjøre for kjente studier som omhandler temaet, og på det grunnlag gjøre noen betraktninger rundt faktorer som kan antas å kunne påvirke lokal helse, og om det kan sannsynliggjøres at slike helseeffekter kan oppstå.

## 2 Potensiale for helsekonsekvenser av støy fra vindturbiner

### 2.1 Innledning

Støy defineres som uønsket lyd. Vedlegg A inneholder forklaringer og utfyllende informasjon om lyd. Det viktigste begrepet for sammenligning med gjeldende norske anbefalte grenseverdier er årsmidlet døgnnivå for støy. Dette blir kalt  $L_{den}$ , og er nærmere forklart i vedlegg A.

### 2.2 Utfyllende om støyretningslinjen T-1442

I støyretningslinjen T-1422 er bebyggelse med støyfølsom bruk definert til å være boliger, sykehus, pleieinstitusjoner, fritidsboliger, skoler og barnehager. For bebyggelse med støyfølsom bruk er det anbefalt en grenseverdi for vindturbinestøy på  $L_{den} = 45$  dB. Det er også satt en grenseverdi for grønne soner på  $L_{den} = 40$  dB, hvor grønne soner er områder som kommunene har definert som stille områder som er viktige for natur- og fritidsinteresser. Etter 2014 er det ikke lengre gjort forskjell på om bebyggelse ligger i vindskygge eller ikke, anbefalt grenseverdi er nå på  $L_{den} = 45$  dB i begge tilfeller. Dette tilsvarer tidligere nivå for bebyggelse i vindskygge. Retningslinjen sier at utbygger skal lage støykart som viser gule og røde soner hvor støyverdiene er over henholdsvis  $L_{den} = 45$  dB og  $L_{den} = 55$  dB. Undersøkelser gjort av Miljødirektoratet i 2011 viste at gjeldene anbefalt støygrense utendørs på  $L_{den} = 45$  dB også sikrer at lavfrekvent støy ikke overskrider  $L_{p,A,ekv.} = 20$  dB innendørs. Sistnevnte er grensen for lavfrekvent støy i Danmark (Sissel B. Jakobsen, 2018). P.t. mangler Norge grenseverdier for lavfrekvent støy.

### 2.3 Litt om støy fra vindturbiner sammenliknet med støy fra andre utendørskilder

Som kjent utgjør støy fra samferdsel det største samfunnsmessige støyproblemet. Disse støykildene (vegtrafikkstøy, luftfartsstøy, jernbanestøy, m.fl.) og plagene fra dem er undersøkt grundigere enn f.eks. støy fra vindturbiner. Gjeldende grenseverdier for årsmidlete døgnnivåer i  $L_{den}$  fra disse kildene er også høyere enn for vindturbinestøy. Videre er kunnskapsgrunnlaget for forholdet mellom eksponering og respons/plage mer kjent. Dette har bl.a. muliggjort grafer/framstillinger av respons/plage som funksjon av årsmidlete døgnnivåer i  $L_{den}$ . Gjeldende grenseverdier for støy fra disse kildene er resultat av samfunnsmessige kompromisser, som bl.a. innebærer at en ikke ubetydelig prosent av eksponerte personer vil være støyplaget selv ved oppfylging av disse grenseverdiene. Siden grenseverdiene og antallet eksponerte personer er høyere gir det gode muligheter til å lage pålitelig statistikk.

De fleste som er eksponerte for vindturbinestøy er derimot utsatte for betydelig lavere årsmidlete døgnnivåer enn tilfellet er for f.eks. personer plaget av vegtrafikkstøy. Dette, sammen med at færre personer er eksponerte for vindturbinestøy gjør det vanskelig å tallfeste helsekonsekvenser av vindturbinestøy. Dette kan på fagspråk omtales som at studier av eventuelle helsekonsekvenser vanskelig kan gjøres statistisk signifikante, se f.eks. definisjon her: [https://no.wikipedia.org/wiki/Statistisk\\_signifikans](https://no.wikipedia.org/wiki/Statistisk_signifikans)

Som bl.a. Verdens helseorganisasjon påpeker (se nedenfor) er de fleste studier av eventuelle helseeffekter av vindturbinestøy dårlige. De fleste mangler sikker informasjon om eksponeringsnivåene, slik at sammenlikninger mellom de ulike studiene blir vanskelig/umulig. Noen, som TØ1 sin rapport<sup>2</sup>, bruker prognoserte/beregnete nivåer som eksponering, se også omtale i målerapport<sup>3</sup>. De tar dermed ikke hensyn til at slike prognoserte/beregnete nivåer skal utgjøre konservative (dvs. ikke for lave) nivåer. Virkelige årsmidlete døgnnivåer skal ligge noe under disse konservativt beregnede nivåene så fram metoden i veilederen M-128 til støyretningslinjen T-1442 er fulgt. I denne typen undersøkelser av eventuelle virkninger inngår dermed en høyere eksponering enn den sannsynlige eksponeringen. I andre studier er det bare skilt mellom personer som bor nær vindkraftverk og personer som ikke gjør det – altså uten at eksponeringsnivåene for vindturbinestøy er kjente.

Som nevnt er typiske årsmidlete døgnnivåer ved boliger fra vindturbinestøy lave sammenliknet med støynivåer fra typiske samferdselkilder. I beregning av støyutbredelse i omgivelsene er det alltid slik at beregningusikkerheten øker svært mye med økende avstand fra kilden. Det er ikke uvanlig at vindturbinestøyen ved f.eks. et bolighus er like lav eller lavere enn annen støy laget av vinden (vindsus i trær, vindsus i terrengformasjoner, bølgeslag mot land, osv.).

I retningslinjen T-1442 er det lagt til grunn at en viss andel av befolkningen vil føle seg støyplaget ved et støynivå på grenseverdien. Dette kan være et samfunnmessig kompromiss med avveininger mellom støyplage *fra* og nytte *av* den aktuelle støykilden. Man kan regne at 10-15 % av befolkningen regner seg som mer støyfølsomme enn resten av befolkningen. Disse vil da ikke få et like sterkt samfunnsvern mot støy. Personer med søvnmønster som avviker fra hovedparten av den voksne befolkningen (f.eks. barn og skiftarbeidere) vil heller ikke få et like sterkt samfunnsvern mot støy.

Som kjent varierer lydutbredelsen mye, både innenfor korte og lange tidsintervaller. For et typisk vindkraftverk er nok det store bildet at det er *vindretningen* og i en viss grad *vindstyrken* som avgjør hvordan lydutbredelsen fra de enkelte vindturbinene til det aktuelle bolighuset vært i et gitt tidspunkt. Dette fordi vinden og egenskapene til vinden er sterkere drivkrefter i denne prosessen enn det som vertikale temperaturforskjeller er. Når vinden er svak, kan derimot slike temperaturforskjeller ha en større innvirkning. Det er vanskelig å slå fast for hvilken vindhastighet og vindretning denne gradvise overgangen starter. Dette fordi luftstrømmer og andre egenskaper til atmosfæren er grunnleggende stokastiske («kaotiske»), spesielt i de lavere luftlagene som for eksempel fra toppen av rotorbladene og ned til bakken. Disse egenskapene er innenfor praktisk og fornuftig vis ikke mulig å måle innenfor et større område (som for eksempel innenfor støysoner til et vindkraftverk). Sett over året vil luftstrømmene og de andre egenskapene til luftlagene bare være «enkle» en svært liten del av timene i året. I disse timene kan det kanskje være mulig å regne ut lydutbredelsen med lav usikkerhet. I de resterende timene i året vil lufta oppføre seg mer stokastisk, og lydutbredelsen lar seg ikke beregne like nøyaktig. Dette er en av grunnene til at støy fra vindkraftverk blir beregnet for en situasjon med medvind fra vindturbin til mottakerpunkt, for eksempel et bolighus. Denne medvindsberegningen utgjør et verste-tilfelle i lydutbredelse, altså at lydstyrken ved det aktuelle bolighuset ikke skal bli høyere enn det som medvindsberegningen gir. Merk: Her er bare *utbredelsen* av lyden drøfta. *Lydeffekten* fra vindturbinene er altså *ikke* drøfta, men er selvsagt avgjørende for støynivået ved for eksempel et bolighus.

Avstandsdemping av lyd som funksjon av temperaturen er tallfestet her:

<https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19670007333.pdf>

Formel, osv., fins her: <https://www.nde-ed.org/EducationResources/HighSchool/Sound/tempandspeed.htm>

## 2.4 Nabovirkningsrapport fra NVE

I forbindelse med nasjonal ramme for vindkraft har NVE utgitt en nabovirkningsrapport<sup>4</sup>. Nabovirkninger omfavner her virkninger for naboer til vindkraftverk med tanke på støy, skyggekast & synlighet og hvordan dette kan påvirke folkehelse, eiendomspriser, osv. NVE sin rapport tar for seg både virkninger for faste boliger og fritidsboliger. Det legges vekt på at selv om beboere i faste boliger nær vindkraftverk har større andel av året med påvirkning, så kan det knyttes større forventninger til ro, utsikt og urørt natur, m.m. i området for fritidsboliger. Det legges også vekt på at synlighet og lydstyrke er objektive størrelser, men i den grad de utgjør en plage er i stor grad subjektivt betinget. De subjektive faktorene er ikke inkludert i rapportens gjennomgang av nabovirkninger, som heller fokuserer på eksponering fremfor respons.

Det er bare studier som er publisert frem til 2015 som er inkludert i WHO sine retningslinjer, se nedenfor. Derfor er det inkludert i nabovirkningsrapporten (Sissel B. Jakobsen, 2018) et kapittel skrevet av

Folkehelseinstituttet (FHI) hvor det er tatt for seg studier publisert mellom 2015 og 2018 som kan ha betydning for vurderingen av helsevirkninger på grunn av støy fra vindturbiner.

## 2.5 Verdens helseorganisasjon, WHO

Verdens helseorganisasjon (WHO) utarbeidet nye retningslinjer for miljøstøy i 2018 gjennom en systematisk kunnskapsvurdering (World Health Organization, 2018). Målet med WHO sine retningslinjer er å beskytte helsen til mennesker mot virkninger fra miljøstøy fra ulike støykilder. WHO anbefaler å holde støynivåene fra vindturbiner utendørs ved boliger på nivåer under  $L_{den} = 45$  dB, som samsvarer bra med grenseverdiene anbefalt i den norske retningslinjen T-1442. Rapporten legger vekt på at det er manglende bevis eller at studiene om temaet helsevirkninger av vindturbinestøy er av dårlig kvalitet, og de peker på at effekten av holdningene som finnes mot vindkraft er vanskelige å skille fra virkningene fra støyen. Det anbefales derfor å se videre på dette temaet.

Den danske Sundhedsstyrelsen publiserte i 2018/2019 langtidsundersøkelser av helseeffekter grunnet vindturbinestøy hvor det undersøkes mulige sammenhenger mellom ulike registrerte helseeffekter i perioden 1982 til 2013 med støynivåene utenfor og inne i boligene til deltakerne i en avstand på 6 km fra vindturbiner (Sundhedsstyrelsen, 2019<sup>5</sup>). Det utgjør 720 000 personer eller mer i undersøkelsen. Undersøkelsene og resultatene er gitt i seks delundersøkelser. I Danmark er det andre støygrenser som brukes enn i Norge. Vindturbinestøy skal ikke overskride  $L_{Aeq} = 44$  dB ved vindhastigheter på 8 m/s, eller  $L_{Aeq} = 42$  dB ved 6 m/s i en avstand på 15 m fra et bygg (Sissel B. Jakobsen, 2018). I områder som regnes som sensitive, som rekreasjonsområder, skal ikke vindturbinestøyen overskride  $L_{Aeq} = 39$  dB ved vindhastighet på 8 m/s, eller  $L_{Aeq} = 37$  m/s. Dette tilsvarer  $L_{den} = 45,4$  dB og  $L_{den} = 43,4$  dB.

I Danmark er det altså også en grense for innendørs lavfrekvent vindturbinestøy på  $L_{Aeq} = 20$  dB.

Resultater og konklusjoner fra alle de nevnte kildene er oppsummert i videre delkapitler nedenfor.

## 2.6 Vindturbinestøy som faktor for ulike sykdommer eller plager

### 2.6.1 Vindturbinestøy og hjerte-kar-sykdom

Det var tre studier som ble vurdert i WHO sin rapport (World Health Organization, 2018), hvor alle tre studiene til sammen hadde 1830 deltakere. Alle studiene fant en positiv sammenheng mellom høye støynivåer fra vindturbiner og utbredelse av høyt blodtrykk, men ingen av dem viste til økning på mer enn 5 % relativ risiko, og er dermed ikke vurdert som en statistisk signifikant økning. Alle studiene ble vurdert til å være av dårlig kvalitet. De samme studiene så også på mulig sammenheng mellom vindturbinestøy og selvrapporing av hjerte- og karsykdommer, men ingen av dem fant noen sammenheng.

FHI konkluderer at det er liten støtte i forskningslitteraturen som er gjennomgått for at vindturbinestøy gir en økt risiko for hjerte-kar-sykdommer (Sissel B. Jakobsen, 2018), men at det er få studier med god kvalitet på dette feltet.

Undersøkelsene til Sundhedsstyrelsen i Danmark konkluderer med at det ikke er avgjørende bevis for en sammenheng mellom vindturbinestøy og utløsning av blodpropp i hjertet eller slag (Sundhedsstyrelsen, 2019). Støynivåene som er inkludert i undersøkelsen er over  $L_{Aeq} = 30$  dB. Undersøkelsen viser at innendørs lavfrekvent vindturbinestøy, over den danske grensen, på natten kan muligens være en utløsende faktor for hjerte-kar-sykdommer, men at det stort sett ikke er noen påvirkning fra utendørs vindturbinestøy om natten. Disse konklusjonene er basert på ganske få tilfeller, så det anbefales ytterligere undersøkelser på feltet. Det ble også gjort en delundersøkelse på mulig sammenheng mellom nattlig vindturbinestøy og førstegangs bruk av resept på medisin for høyt blodtrykk. De kunne ikke finne noen *generell* sammenheng, men det var *svake indikasjoner* for en sammenheng for personer over 65 år. Dette burde utforskes videre.

## 2.6.2 Vindturbinstøy og diabetes

Den danske langtidsundersøkelsen så på mulig sammenheng mellom vindturbinstøy og forekomst av diabetes, men de konkluderte med at man ikke kan se en slik sammenheng ut fra undersøkelsen deres (Sunnhedsstyrelsen, 2019).

Rapportene fra WHO og FHI omtaler ikke sammenhenger mellom vindturbinstøy og diabetes.

## 2.6.3 Vindturbinstøy og fødselsutfall

Både WHO og Sunnhedsstyrelsen i Danmark har sett på mulige sammenhenger mellom vindturbinstøy og fødselsutfall, men WHO fant ingen godkjente studier som omtalte dette, og den danske undersøkelsen fant ingen sammenheng. Den danske studien peker på at det var kun noen få tilfeller i studien hvor kvinnene var utsatt for støyverdier over grensene under graviditeten, og at konklusjonen derfor må tolkes med forsiktighet.

## 2.6.4 Vindturbinstøy og søvnforstyrrelser

I WHO sin rapport (World Health Organization, 2018) ble det undersøkt virkningen av støy fra vindturbiner på søvn. De vurderte seks studier som ble godkjent for å ta med i kunnskapsgrunnlaget, men som omtales som studier av lav kvalitet og stor fare for bias i resultatene som følge av at søvnproblemene var selvrapportert. Studiene viste ingen konsistente resultater for hvordan støy fra vindturbiner påvirker søvn, og det ble derfor ikke laget noen ytterligere retningslinjer for vindturbinstøy med tanke på søvnforstyrrelser om natten annet enn den anbefalte grenseverdien på  $L_{den} = 45$  dB.

Oppsummeringen av nye studier gjort av FHI viser ingen sammenheng mellom vindturbinstøy og rapportert søvnkvalitet (Sissel B. Jakobsen, 2018). Dette er mye basert på den til nå største studien på dette feltet som er gjennomført i Canada hvor 1238 personer innenfor en radius på ca 10 km fra vindkraftverk er inkludert. Studien vurderte både resultater fra standard søvnspørreskjema og objektive målinger av søvn med aktigraf. Støynivåene i studien var opp til  $L_{Aeq} = 46$  dB utendørs (tilsvarende  $L_{den} = 52,4$  dB), altså forbi den norske grensen på  $L_{den} = 45$  dB. En annen kanadisk studie som blir fremhevet er en studie som tok for seg søvn før og etter oppstart av et vindkraftverk med respondenter innen 2 km fra vindkraftverket. Spørreskjemaet avslørte at søvnkvaliteten ble rapportert som dårligere etter oppstarten av vindkraftverket, men det var ingen sammenheng mellom avstand til vindturbinene eller støynivå og søvnkvaliteten, men heller en sammenheng mellom søvnkvaliteten og holdningene til vindkraft og synlighet av vindturbinene. Det ble gjort fysiologiske målinger av søvn med polysomnografi i samme studie, og det ble ikke påvist noen forskjeller i søvn før og etter vindkraftverket ble satt i drift. FHI konkluderer i nabovirkningsrapporten at det per i dag er få holdepunkter for at vindturbinstøy opptil  $L_{Aeq} = 45$  dB virker direkte på søvn. Det antas at rapporterte søvnproblemer knyttet til vindturbinstøy i stor grad går via støyplage.

For å se på virkningene av vindturbinstøy og søvnproblemer ser den danske studien på sammenhengen mellom støynivåer over  $L_{Aeq} = 42$  dB og antall personer som løser inn resept på sovemedisin for første gang. For de som var utsatt for nattlige støynivåer utendørs over  $L_{Aeq} = 42$  dB var det indikasjoner på en sammenheng mellom økt risiko for innløsning av resept på sovemedisin og antidepressiva sammenlignet med de som var utsatt for støynivåer under  $L_{Aeq} = 42$  dB for personer over 65 år. De fant ingen sammenheng for innendørs lavfrekvent vindturbinstøy. De påpeker at dette er den første undersøkelsen av sitt slag og at det derfor etterspørres flere undersøkelser.

## 2.6.5 Vindturbinstøy, livskvalitet og mental helse

To oversiktsartikler fra 2014 og 2015 som inkluderer flere studier samt tilleggssøk frem til 2018 er undersøkt av FHI i forbindelse med virkninger av vindturbinstøy og mental helse og livskvalitet. Enkelte studier viste en forskjell i livskvalitet som funksjon av avstand fra vindkraftverk (Sissel B. Jakobsen, 2018). Noen studier viser

til sammenheng mellom redusert livskvalitet samt mental helse og vindturbinestøy, og da særlig hos befolkning som rapporterte negative holdninger til vindkraft, bekymringer for reduserte eiendomspriser eller rapporterte visuell plage fra vindturbinene. Andre studier viser ingen sammenheng mellom støynivå under  $L_{Aeq} = 45$  dB (tilsvarende  $L_{den} = 51,4$  dB) og reduksjon av livskvalitet og mental helse. Det påpekes at de fleste studiene ikke har tilstrekkelig kontroll over andre faktorer som kan påvirke mental helse og dermed påvirke sammenhengen mellom mental helse og vindturbinestøy, og studiene gir heller ikke konsistente funn. Det konkluderes med at det er utilstrekkelig støtte i forskningslitteraturen for en årsakssammenheng mellom vindturbinestøy og redusert livskvalitet & mental helse.

### 2.6.6 Vindturbinestøy og støyplage

Støyplage omhandler både aktivitetsforstyrrelser og negative vurderinger eller følelsesmessige reaksjoner. Støyplager som følge av vindturbinestøy ble vurdert i WHO sin rapport (World Health Organization, 2018) gjennom fire studier hvor målinger av støynivåer ble gjort i nærområdene til turbinene. Støynivåene som er målt i de fire studiene varierer fra  $L_{den}$  20 dB til 56 dB. WHO satt et krav i rapporten sin på at det er merkbar sammenheng mellom vindturbinestøy og støyplager når det er en økning på over 10 % i populasjonen som anser seg som sterkt plaget («highly annoyed»). Dette kriteriet nås ved støynivåer rundt  $L_{den}$  45 dB, men det rapporteres plager ved støynivå også under  $L_{den}$  40 dB. De fire studiene viser store variasjoner i prosentvis andel av populasjonen som rapporterer at de er sterkt plaget av vindturbinestøyen, og studiene er vurdert til å være av lav kvalitet.

FHI påpeker at forventningen til stillhet i mindre urbane strøk er generelt stor, og at forskjellen fra denne forventningen anses å være en av grunnene til at støy fra vindturbiner oppleves mer plagsomt ved lavere støynivåer enn for eksempel vegtrafikkstøy (Sissel B. Jakobsen, 2018). Støyen ved etableringen av vindkraftverk vil også gjerne være høyere enn støyen som oppstår når vindkraftverket er ferdig etablert og i gang, og denne økte støyen i starten av endringen kan gi forventninger om høyere støynivåer fra vindturbinene blir en tilleggsplage som er vist å vedvare over tid. Kunnskapen om virkninger av vindturbinestøy er relativt ny, og FHI påpeker at det mangler kunnskap om eventuell tilvenning og i hvilken grad støyplagene skyldes endringen i støybildet eller den vedvarende lydilden.

Undersøkelsene utført av Sundhedsstyrelsen i Danmark bruker registerdata i sine undersøkelser, og det er derfor ikke omtalt noen undersøkelser knyttet til støyplage som følge av vindturbinestøy.

### 2.7 Litt om rytmiske variasjoner i lyder fra vindturbiner og vindkraftverk (AM-effekter)

Ofte gir vindturbiner pulserende lyd. Pulseringen stammer fra passering av rotorbladene. Moderne vindturbiner har alltid tre rotorblad, slik at frekvensen til pulseringen blir tre ganger rotasjonshastigheten til vindturbinrotoren. Denne pulseringen blir ofte omtalt som en «svisje»-lyd. Selv om lyden fra vindturbiner er bredspekret og uten svært tydelige toner eller andre oppmerksomhetstiltrekkende karaktertrekk har disse rytmiske variasjonene i lyd(styrken) større potensiale for å gi plager enn en tilsvarende lyd uten disse rytmiske variasjonene. Variasjonene blir vanligvis kalt amplitudemodulasjon (AM). For mer info, se f.eks.: <https://hayesmckenzie.co.uk/news/amplitude-modulation-in-wind-farm-noise>

Når flere vindturbiner i et vindkraftverk er hørbare ved en bestemt bolig vil de rytmiske variasjonene delvis overlappe hverandre, siden vindturbinene ikke roterer i takt med hverandre. De rytmiske variasjonene får dermed en annen karakter, som kan være mer eller mindre plagsom enn variasjoner fra enkeltturbiner alene.

### 2.8 Litt om lavfrekvent lyd og infralyd fra vindturbiner

For noen titalls år siden var det vanlig med vindturbiner der rotoren stod nedstrøms tårnet. På den måten roterte opphenget til rotoren seg av seg selv til en god stilling for utnyttelser av vinden. Dette skjedde uten servomotorer eller andre mekaniske hjelpemiddel. Disse tidlige vindturbinetypene gav mye lavfrekvent lyd og



infralyd, som stammet fra rotorens vekselvirkninger med de turbulente virvlene nedstrøms tårnet. Mange eldre studier av lavfrekvent lyd og infralyd fra vindturbiner er for denne utdaterte vindturbinotypen.

Moderne vindturbiner har derimot servomotorer som *tvinger rotoren opp mot vinden*, dvs. på oppstrømsida av tårnet. Rotoren vil dermed arbeide i luft med vesentlig mindre turbulens siden den ikke roterer i virvlene nedstrøms tårnet. Slike vindturbiner lager følgelig vesentlig mindre lavfrekvent lyd og infralyd. En prinsippskisse av disse forskjellene er vist i figuren nedenfor.

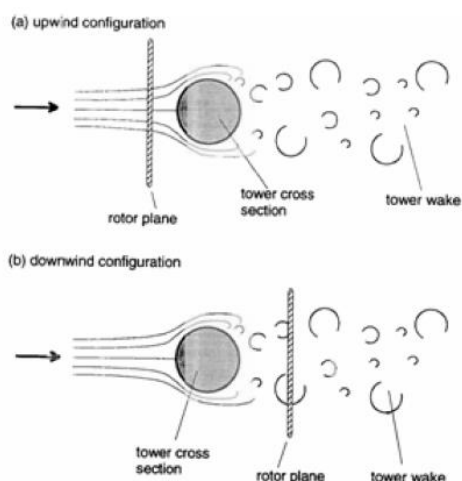


Figure 1 The disturbed flow behind the tower results in highly unsteady aerodynamic blade forces which in the final end is the main cause of low frequency noise (illustration from Wagner<sup>4</sup>).

Som vist i vedlegg C lager også moderne vindturbiner lavfrekvent lyd og infralyd. Det er gjort studier av mulig plage fra disse delene av lydspekteret. I fagene biologi og medisin er det pekt på at mennesket er lite følsomt for infralyd, det gjelder både sansing og direkte skadepotensiale. Som nevnt i vedlegg A har lyd svært liten fysisk effekt (altså den effekten en regner i watt), og dermed vil det være overraskende om slik lyd skulle skade vev eller hele organer. Menneskets øre er følsomt for lyd i frekvensområdet fra ca. 20 Hz til ca. 16 kHz, men svært lite følsomt for lyder med frekvenser langt under og langt over det området.

En god artikkel som tar for seg infralyd på tverrfaglig måte kan lastes ned her:

<https://acousticstoday.org/concerns-about-infrasound-from-wind-turbines-geoff-leventhall/>

## 2.9 Nyere studier av helseeffekter, med vekt på søvn

### 2.9.1.1 Søvn-studie under kontrollerte forhold

Helt nylig er det publisert en godt dokumentert søvn-studie der forsøkspersoner ble utsatte for lyder med kontrollert styrke og lydspekter fra vindturbiner<sup>6</sup>. I denne studien blir det hevdet at den er den første i sitt slag. Gjort på den rette måten har denne typen studier et stort potensial for å få fram ny kunnskap fordi eksponeringen er kjent, og responsen kan tallfestes straks etter eksponeringen. Dette er ekstra viktig ved så lave støynivåer som vanligvis forekommer i vindkraftsaker.

Studien viser at innsovning kan ta lenger tid når forsøkspersonen ble utsatt for vindturbinestøy. Det ble også sett noe mindre REM-søvn. Andre objektive mål viste ingen endringer. Selv-rapportert søvnkvalitet avtok noe. I studien deltok 50 personer, som sov tre netter hver i et søvn-laboratorium.

Lydnivået ble variert noe, for å simulere endringer i vindturbinstøyen i et typisk soverom. Vindusåpning ble også variert noe, for å studere effekten av endret lydspekter som følge av variasjoner i lydisolasjonen i reelle vindu/vegg-flater. Lydtryknivået ble holdt fast på  $L_{P,A,ekv,natt} = 32$  dB, i en posisjon 150 mm over senter til hodeputa.

Lydfilene som ble brukte kan lastes ned herfra: <https://snd.gu.se/en/catalogue/study/snd1118>

Det er kanskje ikke helt urimelig å anta at rytmiske variasjoner i vindturbinlyden (AM, se ovenfor) kan bidra til forsinket innsovning, uten at vi hittil har sett vitenskapelig belegg for det.

#### 2.9.1.2 Studie initiert av finske VN TEAS om eksponering for infralyd fra vindturbiner

Det er gjort flere studier av infralyd fra vindkraftverk. Dette er beskrevet tidligere. På tidspunktet for skriving av denne utredningen er det i ferd med å publiseres en ny studie initiert av det finske VN TEAS. I studien er det sett etter mulige helse relaterte effekter av infralyd fra vindturbiner ved å eksponere et antall personer for vindturbinlyder, med og uten innhold av infralyd. Foreløpige resultater fra publiseringen av studien tyder på ingen helse relaterte effekter av slik infralyd. Dette samsvarer godt med kunnskap vist til ovenfor.

### 3 Potensiale for helsekonsekvenser av visuell påvirkning fra vindkraftverk

Norconsult ble i 2017 engasjert av NVE for å gi en redegjørelse for kunnskapsgrunnlaget om nabovirkninger av vindkraft som del av utredningsarbeidet i forbindelse med nasjonal ramme for vindkraft. Det ble utarbeidet to delrapporter om temaet: én om visuelle virkninger av vindkraft<sup>7</sup> og én om vindkraftverks påvirkning på eiendomspriser<sup>8</sup> (Holmelin m.fl. 2017). Disse rapportene inngikk i underlaget for NVEs rapport om nabovirkninger utgitt i forbindelse med nasjonal ramme for vindkraft (Sissel B.Jakobsen m.fl. 2018), som også omhandlet støy, som nevnt i foregående kapittel.

Der støy er en målbar faktor, er opplevelsene av de visuelle virkningene av et vindkraftverk mer subjektive. Det går likevel an å angi faktorer som kan ha betydning for det visuelle inntrykket.

#### 3.1 Faktorer som bestemmer grad av visuell påvirkning

Når visuelle virkninger av vindkraftverk skal analyseres, er det to separate sett faktorer som det må settes søkelys på:

- Faktorer knyttet til betrakteren av vindkraftverket
- Faktorer knyttet til attributter ved vindkraftverket i seg selv
- Faktorer knyttet til landskapet

Det er i interaksjonen mellom disse faktorene den samlede visuelle virkningen vil oppstå, men for å forstå samspillet er det nødvendig å forsøke å se på faktorene hver for seg, selv om det også er en dynamisk relasjon mellom disse hvor det ikke er åpenbart hva som tilhører hva.

##### 3.1.1 Faktorer knyttet til betrakter

###### 3.1.1.1 Naboskap – avgrensning av hvilke betraktergrupper som omhandles

Naboskap er her avgrenset til bosetting og bebyggelse. Innenfor dette er det tatt utgangspunkt i helårsbosatte (boligbebyggelse) og hyttebrukere, da materien ellers vil bli for kompleks. Rapporten vurderer derfor ikke visuelle virkninger for eksempelvis skoler og barnehager, offentlige kontorer og anlegg, og for næringsvirksomhet (herunder turisme). Det vurderes heller ikke opp mot sporadisk bruk og ferdsel gjennom influensområdet (veitrafikk, båttrafikk og turstier mv.).

###### 3.1.1.2 Naboskapstype: helårsbebyggelse og fritidsbebyggelse

Effektene på naboskap vil være ulike for helårsbebyggelse og fritidsbebyggelse. For helårsbebyggelsen vil naboskapet til vindparken i prinsippet utgjøre et kontinuerlig nærvær over hele året, og slik sett representere en vedvarende og daglig visuell påvirkning. Fritidsbebyggelse vil ha en mer kortvarig og sporadisk bruk, men har en utgangspunktet et mer eller mindre renyrket rekreasjonsformål, ofte slik at man som utgangspunkt skal kunne nyte en natur som er lite påvirket av tekniske inngrep. Slik sett kan fritidsbrukerne ha større følsomhet overfor visuell forstyrrelse fra en nærliggende vindpark enn helårsbosatte som bruker sine omgivelser til et bredere spekter av aktiviteter og opplevelser.

###### 3.1.1.3 Individuelle betrakteregenskaper

Naboers oppfatning av visuell påvirkning vil variere fra individ til individ, og antakeligvis også over tid.

## 3.1.2 **Faktorer knyttet til vindkraftverkets plassering og utforming**

### 3.1.2.1 Vindkraftverkets utforming, dimensjoner og størrelse

Ettersom man dimensjonerer anleggene slik at de ikke danner vindskygge for hverandre, vil arealinngrepet ha betydelig utstrekning. For en nær betrakter kan slike anlegg fylle mesteparten eller hele vidden på synsfeltet. Mennesket har et normalt sideveis synsfelt på nesten 180 °, men innenfor dette synsfeltet er det bare det sentrale cirka 120 ° brede binokulære synsfeltet der man har dybdesyn og evne til å oppfatte detaljer. Derimot er det perifere synsfeltet spesielt egnet til å oppfatte bevegelse, slik at en turbin med sine roterende blader tilhører også det perifere oppmerksomhetsfeltet. Det skal altså ikke mange synlige turbiner til for å skape en blikkfangeffekt over en bred synssektor.

Generelt vil det ha større betydning for det visuelle inntrykket om man ser mange turbiner over et stort areal, enn hvor stor hver enkelt turbin er. De konsesjonssøkte turbinene i Oddeheia og Bjelkeberg vindkraftverk hadde en totalhøyde på 175 meter, mens turbinene det nå søkes om i godkjenning av MTA og detaljplan vil ha en maksimal totalhøyde på 220 meter. Veier man høydeforskjellen opp mot redusert antall synlige turbiner vil forskjellene i visuelle dominanseffekter gjennomgående være relativt beskjedne. På avstander over et par kilometer har øyet dessuten vanskelig for å skjelne mellom store objekter på lang avstand, og mindre objekter som står nærmere, med mindre man har referanseelementer i omgivelsene.

Masseeffekten av å se mange turbiner på en gang forsterkes av turbinenes roterende bevegelser.

### 3.1.2.2 Synlighet og avstand

Mens synsfeltets bredde har stor betydning for grad av massevirkning sett fra betrakterstandpunkter, har synsfeltets høyde vesentlig betydning for forståelsen av faktorer som kan beskrive visuell dominans som en funksjon av turbiners størrelse og avstand til betrakter.

Det vertikale synsfeltet er mindre enn det horisontale, men likevel 60 grader oppover og 70 grader nedover. Høyden på synsfeltet har blitt brukt til å forsøke å angi en grad av visuell dominans som en funksjon av betrakteravstand og størrelse på det betraktede objektet. En har regnet grensen for visuell totaldominans som der blikket må bevege seg for å fange inn hele objektet - i vår sammenheng turbinen (Bergsjö, 1980). Avstanden regnes da ofte til 3 ganger høyden på objektet. For en vindturbin med totalhøyde på 220 meter skulle det tilsi at turbinen vil være visuelt totalt dominerende innenfor en avstand på i underkant av 700 meter.

Bergsjö et al.<sup>9</sup> definerte videre en ytre visuell dominanssone ut til dit turbinen ikke lenger er alene om å dominere det visuelle inntrykket, men hvor de øvrige omgivelsene også spiller inn. Denne sonen ble definert å være ut til 8 – 10 ganger høyden på objektet. Det skulle tilsi en ytre visuell dominanssone for en turbin av dimensjoner som i ny parkutforming for de to vindkraftverkene på rundt 2 kilometer. Det må da tilføyes at dette må regnes som en mer teoretisk betraktning der turbinen står i et flatt og helt åpent landskap uten synshindre. Det er også litt vanskelig å empirisk belegge denne dominansgrensen, men en tokilometersgrense gir likevel antakelig en rimelig indikator på visuell dominans for de synlige vindturbinene der det er liten topografisk variasjon og få skjermende objekter.

I tillegg til de momentene som er nevnt over, vil også relativ posisjon mellom turbin og betrakter kunne ha betydning for dominansgraden: en turbin som kneiser på et platå rett ovenfor eller omtrent på høyde med betrakter vil normalt bli oppfattet som mer visuelt dominerende enn en turbin som står på et lavere terrengnivå enn der turbinen betraktes fra.

I klarvær er synsavstandene betydelige. Flere studier indikerer en siktgrense på rundt 40 km, men det finnes også studier som konkluderer med synlighet opp mot 58 km. Observasjoner av bygde vindkraftverk indikerer at avstander som dette er unntakssituasjoner. Det er særlig ved full sol og rett før solnedgang eller etter soloppgang, med svært lav solbane, at lyset reflekteres fra turbinene på en slik måte at de blir synlige over lange avstander. Når solen står høyt på himmelen er siktgrensen i praksis betydelig kortere.

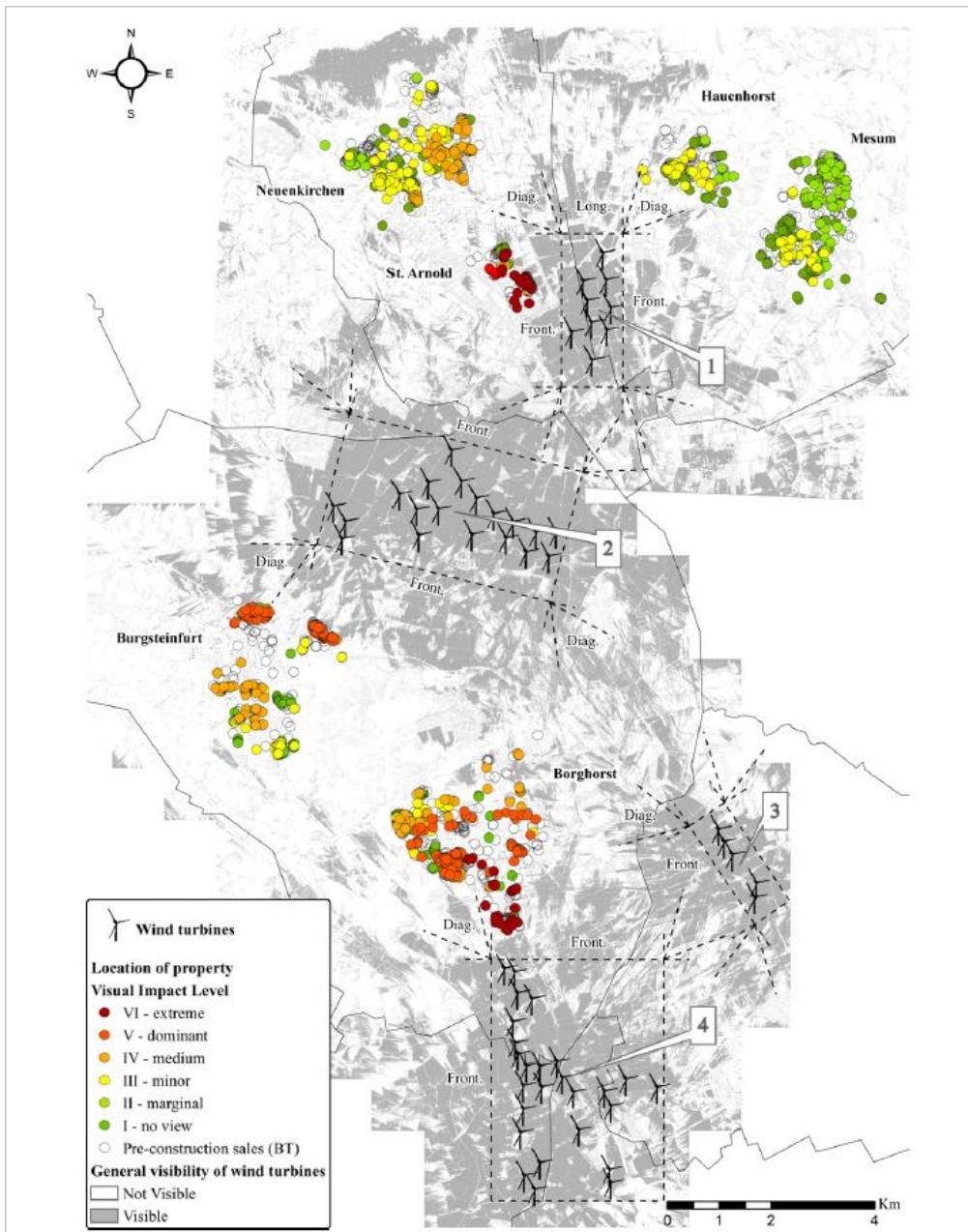
For Oddeheia og Bjelkeberg vindkraftverk vil det med få unntak være topografi og vegetasjon som setter grenser for avstanden anleggene er synlige, og ikke siktforholdene.

### 3.1.2.3 Samvirke mellom avstand, turbinstørrelse og antall synlige turbiner

Det er en stor fare ved å bruke for vide grensesett for visuell påvirkning, og det er at man risikerer å overbetone relativt beskjedne fjernvirkninger på bekostning av de mye viktigere nærvirkningene. Dette er fallgruver som har særlig betydning for vurdering av visuelle virkninger på naboskap. På et synlighetskart kan fjernvirkningene virke dramatiske når man bruker en felles fargesignatur for hele influensområdet, ettersom påvirket areal på kartet øker som en direkte funksjon av økt avstand fra vindkraftverket.

Svakheten ved metodikken for å definere visuell dominans slik den er omhandlet tidligere i kapittelet, er at den dreier seg om visuelle virkninger av enkeltturbiner, og ikke effekter av større turbingrupper eller hele vindparker. I forbindelse med en difference-for-difference-studie av effekter for eiendomspriser utført ved Universitetet i Aachen (Sunak & Madlener, 2016<sup>10</sup>) ble det utviklet en indeks kalt VIL (Visual Impact Level) som graderer belastningen ved synligheten for nærliggende boligområder som tar hensyn både til antall synlige vindturbiner fra et gitt område, avstanden til turbinene, og fra hvilken vinkel de sees. Ut fra dette angis for hvert betrakterstandpunkt en koeffisientverdi innenfor en skala fra I til VI som gir et mål på hvilken visuell belastning vindparken samlet utgjør. Gruppe VI angir her en ekstrem belastning som følge av utsyn til mange og nærliggende vindturbiner. De andre gruppene angir dominant, middels, liten, marginal og ingen belastning. Data for å påvise synlighet framskaffes gjennom en digital terrengmodell (Digital Spatial Model) med svært høy oppløsning som viser høydeforskjeller i terrenget, vegetasjon, større bygninger mv. Figur 3-1 viser VIL-indeksen brukt på et boligområde i Nordrhein-Westfalen i Tyskland.

Denne typen digital analyse har så langt ikke inngått i kravvurderingene i utredningsprogrammer for norske vindkraftverk, og det har ikke innenfor rammen av denne studien vært mulig å gjennomføre noen slik tilleggsanalyse for Oddeheia og Bjelkeberg vindkraftverk. Med det bosettingsmønsteret og de avstander det er snakk om i Birkenes er det også et åpent spørsmål om dette ville tilføre noen nye momenter som kunne ha betydning for vurdering av helsepåvirkning i kommunen.



Figur 3-1: Nivåangivelse for visuelle virkninger (fra Sunak & Madlener)

### 3.1.2.4 Andre faktorer

#### Antall og andel faktisk synlige turbiner

Topografi og vegetasjon har mange steder i Birkenes større betydning for de visuelle virkningene enn totalstørrelsen av vindparken. Selv moderat kupert landformer og skog bidrar til å redusere synlighet og

massevirksomhet av vindparken fra der folk bor. Bare unntaksvis fra markante utsiktspunkter vil man se hele anlegget.

### Utsynsretning

Hvis vindkraftverket fyller synsfeltet eller utgjør et dominerende blikkfang i den synsretningen som oppfattes som hovedutsynsretning fra betrakterstandpunktet, er konfliktpotensialet for visuelle virkninger større enn der vindparken så å si ligger i «baklandet».

### Turbinenes form og farge

Turbinene i Oddeheia og Bjelkeberg vindkraftverk vil ha ståltårn og rotorblader i glassfiber.

Det er et vilkår at turbiner i norske vindparker skal være hvite eller lys grå. Sett mot en lys himmelbakgrunn gir det minst kontrast. Turbinene bør riktignok ikke være kritthvite, men alle eller de fleste turbinleverandører leverer turbiner med en standard lys grå farge. Det er marginal forskjell mellom leverandørene.

I de senere år har det dukket opp problemstillinger rundt merking av turbinblader for å gjøre dem mer synlige for fugl. Noen av turbinene i Smøla vindkraftverk har fått svarte «sørgebånd». De er litt visuelt forstyrrende på nært hold, men så lenge de merkede segmentene er smale, er ikke effekten på avstand veldig plagsom. Men med utgangspunkt i menneskelig synsopfatning er slike tiltak likevel «rusk i øyet». I Tyskland har mange vindkraftverk turbinblader med røde «varselsegmenter». Der mange slike turbiner er synlige samtidig gir det en nokså forstyrrende effekt. Slik merking av turbinblader er pr. i dag ikke aktuelt i Norge.

### Lysforhold og silhuettvirkning

De fleste turbiner i et vindkraftverk vil på grunn av sine dimensjoner og sin vindeksponerte plassering normalt betraktes mot en lys himmelbakgrunn. Da blir graden av kontrast mellom turbin og himmel en faktor som har stor betydning for visuell virkning, dog i første rekke på solskinnsdager. I motlys står turbinene med skyggeflate mot betrakter, og danner en mer eller mindre skarp kontrast og silhuettvirkning mot himmelen bak, og turbinene kan sees på ganske lange avstander. I medlys tenderer turbinene på den annen side mot å gli inn i himmelbakgrunnen, og kan selv på moderate avstander være vanskelige å se. I sidelys kommer kontrastgraden i en mellomstilling.

Det betyr at vindkraftanlegg som ligger i en sektor nordvest - nord- nordøst for bosettings- og hytteområder er gunstigere enn en plassering i sydlig sektor.

### Vindretning

Hvilken vindretning som er fremherskende kan ha betydning for om turbinene oftest sees vendt rett mot/rett fra betrakter, eller sett sideveis fra. Bevegelsene blir mer markante når rotasjonen ses mer eller mindre rett imot enn fra siden, men samtidig blir turbinens «logikk» når det gjelder virkemåte tydeligere. Vindretning vurderes ikke som noe viktig kriterium for å skille mellom ulike visuelle virkninger.

### Vingesveip

Det kan virke mer urolig å bare se sveip av vinger (altså visuelt avkortede segmenter av rotorbladene) enn hele rotasjonsbevegelsen, som typisk oppstår når terrengformasjoner bare delvis skjermer mot innsynet til turbinene.

Det har imidlertid også betydning hvor store del av rotorbladene som er synlige. Bladene blir tynnere mot spissen, og hvis man bare ser en vingetipp, og ikke en stor del av rotorbladet, blir den visuelle virkningen av

bevegelsen mindre. Grovt sett ville vi si at vingesveip på mindre enn 1/4 av bladlengden er relativt lite forstyrrende.

For vingesveip glir antakelig det visuelle inntrykket inn i hverdagsbakgrunnen over tid, slik at betraktereffekten etter hvert ikke blir oppfattet som så plagsom. Men er det snakk om svært mange vingesveip og relativt nær plassering, kan man kanskje forvente at effektene ikke vil avta på grunn av vedvarende massiv visuell forstyrrelse.

### Oppstillingsmønster

I flate og homogene landskap slik man finner i for eksempel Danmark, Nord-Tyskland og Nederland, har det i mange tilfelle vært krav om at man stiller opp turbinene i et regulært oppstillingsmønster med lik avstand mellom turbinene, og stilt opp i rette rekker.

Slike prinsipper fungerer stort sett dårlig under norske forhold, med som oftest svært variert topografi og kuperingsgrad, og der det er viktig med micrositeing for å plassere turbinene optimalt. Siden det bare unntaksvis er slik at turbinene vil stå på samme kotehøyde, kan oppstilling i regulære mønstre i horisontalplanet komme til å bare virke visuelt forstyrrende.

En visuelt uheldig effekt kan likevel oppstå der mange turbiner står **nesten** på rekke, og man betrakter vindparken i denne aksens lengderetning. Da vil man kunne få et veldig urolig inntrykksbilde der de roterende bladene mer eller mindre visuelt «sakser» i hverandre.

### 3.1.3 Faktorer knyttet til landskapet

#### 3.1.3.1 Vindkraftanlegg i heilandskapet i Birkenes

Landskapet i og rundt Oddeheia og Birkenes vindkraftverk er gjennomgående preget av slakt kuperte åsdrag der det er sparsom eller spredt vegetasjon på toppene, mens skog dominerer i daldragene. Tovdalselva og dets omkransende dalføre danner en markant vassdragsstreng i nord-sørgående retning med sonevis bratte dalsider opp mot heiområdene, særlig i vest.

Med noen få unntak er bebyggelsen i Birkenes konsentrert rundt dette hoveddalføret. Topografien bidrar sammen med skogsvegetasjonen derfor til en betydelig skjerming mot innsyn til vindkraftverkene på Oddeheia og Bjelkeberg, men turbinene er likevel så høye at de fra mange steder blir synlige på åsranden eller over tresjiktet.

Landskapet i Birkenes gir derved en moderat skjermingseffekt mot innsyn.

Graden av kontrast mellom dagens situasjon og planlagte vindkraftverk har også betydning. Store deler av Birkenes er fra før lite påvirket av store inngrep, slik at Oddeheia og Bjelkeberg vindkraftverk vil danne en markant kontrast til dagens situasjon. Noen av de nære områdene til vindkraftverkene, spesielt rundt Senumstad, er likevel visuelt preget av eksisterende kraftledninger som et allerede forstyrrende element i landskapet.

#### 3.1.3.2 Visuell påvirkning på nattlandskapet

Om natten viskes omgivelsenes konturer og kontraster ut av mørket. Betrakterhorisonten snevres inn, og man skjelner i liten grad mellom detaljer. Blinkende, sterkt lysende markører på vindturbiner kan være et veldig forstyrrende element i et landskap som ellers er fattig på nattlige blikkfang. Slike lys kan også gjøre vindparken synlig og visuelt forstyrrende over betraktelig større avstander enn om dagen. Endelig kravspesifikasjon for lysmerking av Oddeheia og Bjelkeberget vindkraftverk foreligger ikke, men det bør søkes i størst mulig grad å unngå lysmerking av turbiner som er synlige fra befolkningstyngdepunktene i



Birkenes. Radarstyrte hinderlys eller andre varslingssystemer kan vurderes for å redusere/eliminere problemet. Det arbeides med løsninger som etter hvert kan installeres i både nye og eksisterende turbiner.

### 3.2 Skyggekast

Skyggekast er ikke nevnt spesifikt i WHO-oppsummeringene av helsevirkninger. Folkehelseinstituttet har derfor gjort litteratursøk uten tidsavgrensning for å identifisere studier av skyggekast og virkninger på helse og trivsel.

Skyggekast kan inngå under sekkebetegnelsen «visuelle virkninger» som er inkludert i studier av plagereaksjoner, men det er funnet svært få vitenskapelige studier av sammenheng mellom skyggekast spesielt og helsevirkninger. En bekymring har vært om skyggekast og lysblink kan utløse anfall hos personer med fotosensitiv (lysfølsom) epilepsi.

En oversiktsartikkel fra 2014 (Knopper m.fl., 2014) konkluderer med at skyggekast fra moderne vindturbiner ikke utgjør noen risiko for å utløse anfall, fordi omdreiningshastigheten er langt lavere enn det som er vist å kunne gi risiko. I tillegg er risikoen vist å være svært marginal selv ved langt høyere omdreiningshastigheter.

Virkningene man har funnet av skyggekast er på samme måte som for støy i første rekke plagereaksjoner. En relativt fersk studie fra Canada fant en eksponerings – responssammenheng mellom beregnede nivåer av skyggekast og andel svært plaget av skyggekast (Michaud m.fl., 2016). På samme måte som for støyplage, var graden av skyggekastplage også influert av andre eksponeringsfaktorer, så vel som støysensitivitet hos mottakeren.

Funnene viser hvordan støyen og visuelle aspekter ved vindturbinene både kan betraktes som separate eksponeringer, med hver sine eksponerings – responssammenhenger, men som samtidig spiller sammen og bidrar til å forsterke hverandre. Denne mekanismen er også illustrert i en svensk studie (ikke av vindturbiner), som fant at plagen ved lave til moderate eksponeringsnivåer økte med antallet miljømessige stressorer man var plaget av, og ved stimulering av flere sanser (Pedersen, 2015).

Det er i de fleste europeiske land satt belastningsgrenser for skyggekasteksponering. De fleste grenseverdiene har tatt utgangspunkt i tyske retningslinjer. Grenseverdiene i de tyske retningslinjene er utredet i to forskningsprosjekter:

Ved Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität i Kiel ble det gjennomført to forskningsprosjekt. Det sentrale spørsmålet i den ene rapporten “Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen”<sup>11</sup> (Pohl et.al. 1999), var å finne ut om grensene 30 minutter per dag eller 30 timer per år (worst case) er et bra grunnlag for når man skal kreve avbøtende tiltak. Dette for å unngå betydelig og uønsket belastning fra skyggekast. Studien viste at de som utsattes for mer skyggekast enn 15 timer per år følte seg sterkt belastet og vurderte sin livskvalitet som merkbart forringet.

Den andre forskningrapporten er “Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen, Laborpilotstudie”. Her er det sentrale spørsmålet om skyggekast overskridende 30 minutter gir stresseffekter. Rapporten dro ikke noen enhetlige konklusjoner på dette. Samlet sett ga ikke studien grunnlag for at belastningen blir for stor, men at den kumulative effekten på lengre sikt kan gi betydelig belastning. I rapporten gir man forslag til oppfølgende eksperimentelle undersøkelser der man tar med flere parametere rundt skyggekast (tilfeldig, diskontinuerlig og uforutsigbart skyggekast). Man mente også at man burde ta med støy i kombinasjon med skyggekast som en parameter.

Påvirkningen av skyggekast avtar med avstand mellom turbin og betrakter. Det er to typer forstyrrende effekter av skyggekast: «flikker» over solskiven, og projisert roterende skygge. Man har vurdert det slik at flikkereffekten ikke er merkbar når mindre enn 3% av solskiven er dekket. Tilsvarende viskes kontrasten og

konturene av skygge på omgivelsene ut med økt avstand. Det er derfor i norske retningslinjer fastsatt en maksimal grense for skyggekastpåvirkning på 1500 meter mellom turbin og skyggemottaker.

Overskridelse av grenseverdier for skyggekast skal i tråd med konsesjonsvilkårene forhindres ved avbøtingstiltak. Siden skyggekast bare forekommer når solen skinner på en mer eller mindre klar himmel, settes det vilkår om at det monteres avstengningsmekanismer på turbinene i de tidsintervaller der skyggekast overgrenseverdiene ellers kunne overskrides. Skyggekast forventes på dette grunnlaget ikke i seg selv å gi målbare helseplager. Eventuelle helseplager må ses i sammenheng med andre faktorer som kan påvirke helse og trivsel, som redegjort for i andre avsnitt.

### 3.3 Visuell påvirkning og mulige helseeffekter

Som for støy er det få eller ingen kjente studier som har kunnet påvise direkte helseeffekter av visuell påvirkning fra vindkraftverk. Det gjelder parametere som hjerte-kar-sykdommer, diabetes og fødselsutfall. Søvnplager og støyplager er faktorer som i praksis er irrelevante når det gjelder visuelle påvirkning og helse.

Negativ påvirkning på eiendomspriser som skyldes visuell påvirkning fra vindkraftverk kan potensielt gi bekymringer, redusert trivsel og derved helseplager. Som rapporten til Holmelin et.al. påviser, er det for spinkelt statistisk grunnlag for å kunne vurderes om og hvordan utbygde norske vindkraftverk påvirker eiendomspriser. Man må derfor støtte seg på studier fra andre land.

Disse studiene indikerer at visuell påvirkning kan være en signifikant statistisk effekt på eiendomsprisene. Effekten avtar med økende avstand til de synlige turbinene, men også her er det i all hovedsak i de nærmeste områdene man kan påvise statistisk signifikante effekter. Innenfor en avstand på 2 km fra turbinene er effekten målt til en prisreduksjon mellom 1,4% og 6%, varierende fra studie til studie.

Disse studiene indikerer at effekten på eiendomspriser ikke er stor, men det må tas forbehold om at prisenfølsomheten er større under norske forhold og i områder som fra før er lite påvirket av store inngrep.

Helse og trivsel synes ut fra studier som foreligger å være særlig relatert til holdninger og forventninger. Holdninger til vindkraft har derved stor betydning for hvordan betrakteren både forventer og opplever de visuelle virkningene.

De som har et positivt grunnsyn på vindkraft som en ren, fornybar energikilde vil være mer villig til å akseptere bygging av et nytt vindkraftverk enn de som har et negativt eller likegyldig forhold til vindkraft. Noen mener på prinsipielt grunnlag at landbaserte vindkraftanlegg, uavhengig av plassering, er rasering av norsk natur. Andre mener at Norge med sine vindkraftressurser må være en viktig bidragsyter til å fremskaffe fornybar energi, og kan være villige til å akseptere det meste. Så finnes det alle slags mellomposisjoner mellom disse ytterlighetene.

NIMBY-effekter er velkjent fra konsesjonsbehandling av vindkraftsaker: Utbygging av vindkraft er OK, men «Not In My Back Yard». I tillegg kan det ha stor betydning hva slags holdning lokale opinionsdannere har til vindkraftprosjekter. I de mange små kommunene vi har i Norge, med gjennomsiktige sosiale relasjoner, kan det være tøft å gå mot strømmen, både den ene og den andre veien. En ytterligere kompliserende faktor kan være underliggende naboskapskonflikter som kommer til overflaten når et vindkraftprosjekt introduseres for lokalsamfunnet.

Økonomiske interesser har gjerne også stor betydning for lokal holdning til vindkraftprosjekter. Grunneiere som kan tjene penger på å stille arealer til rådighet, og kommunepolitikere som ser potensielle arbeidsplasser og skatteinntekter, vil gjerne ha en positiv holdning til vindkraften. Dette kan særlig gjøre seg gjeldende hvis det ikke finnes alternative inntektsmuligheter hvor de aktuelle arealene og ressursene kan utnyttes. Andre inntekter kan for eksempel være seg andre utmarksnæringer slik som jaktutleie og turisme.

Hvis vurderingene trekker i motsatt retning - at mulige økonomiske gevinster ikke står i forhold til ulempene som vindkraftverkene medfører i form av inngrep i viktige urørte friluftsområder, forventet negativ innvirkning på næringsliv og innbyggere osv. – kan holdningene bli de motsatte.

En gjennomgående erfaring er at negative holdninger til vindkraft i nærområdene avtar etter at vindkraftanlegget er bygget. Dette har sammenheng med generelle effekter som er studert innenfor kognitiv psykologi: litt forenklet sagt dreier det seg om frykten for det ukjente. Man tenderer mot å tro at ting blir verre enn de faktisk blir (affective forecasting), man overdriver hvor mye tid, krefter og følelser man kommer til å ofre på det som kommer til å skje (impact bias), man legger uforholdsmessig stor vekt på hva denne ene tingen vil bety i den fremtidige hverdagen (focalism), og vi har større problemer med å takle usikkerhet enn å takle kjente forhold, selv om disse sistnevnte oppfattes som negative (immune neglect). Disse faktorene er oppsummert og drøftet i en artikkel om visuell patina (Berg 2012<sup>12</sup>).

Over tid glir selv store inngrep som vindparker inn i det som oppfattes som de lokale omgivelsene, og man tenker mindre og mindre på anleggets tilstedeværelse. Dette er en på mange måter nødvendig psykologisk mekanisme, da det i lengden blir for utmattende å opprettholde hat og bitterhet mot noe som til syvende og sist ble et uavvendelig faktum. Det dukker gjerne opp nye ting som dreier fokus vekk fra vindparken og inngrepene knyttet til den.

En del erfaringer tyder også på at det sjelden er stor motstand mot utvidelse og fornyelse/repowering av eksisterende vindparker. Man synes å ha slått seg til ro med at vindparken har blitt en del av ens daglige omgivelser.

Det er likevel viktig å være klar over at det likevel er grenser for hva slags naboskapsbelastninger man bør påføre lokalsamfunnet. Den samme forskningen innenfor kognitiv psykologi viser nemlig også at det går grenser for hva som aksepteres, og hvis man trækker over denne kan negative holdninger til inngrepene faktisk øke over tid.

Oppfattelsen av det nære landskapet kan være en slik faktor som kan danne en akseptgrense. Hvis et vindkraftverk plasseres i eller visuelt nær inn mot et landskap som allment oppfattes som spesielt uberørt, vakkert eller unikt, kan dette antakelig utløse en vedvarende negativ holdning også over tid. I den motsatte enden kan det også tippe over hvis allerede belastede omgivelser blir ytterligere negativt påvirket fordi man tenker at nye inngrep på slike steder ikke kan spille så stor rolle, siden stedet allerede er så sterkt preget av det som er der fra før. I slike tilfeller kan man risikere forslummingseffekter, fraflytting osv.

## 4 Helsekonsekvenser av støy og visuell påvirkning fra Oddeheia og Bjelkeberg vindkraftverk

Holdninger til vindkraftverket kan ha potensial for helsekonsekvenser, men det er ikke mulig ut fra kjent kunnskap å trekke noen faglig baserte konklusjoner om faktiske forventede helsekonsekvenser for Oddeheia og Bjelkeberg vindkraftverk.

Følgende er gjengitt fra NVEs rapport om nabovirkninger:

*Vindkraftverk medfører visuell eksponering og støy for de nære omgivelsene. Synlighet og lydstyrke er objektive størrelser, men opplevelsen av dem og graden av plage knyttet til dette vil i stor grad være subjektivt betinget. Det er mange forhold som kan påvirke den subjektive opplevelsen. Personlig syn på vindkraft som energikilde er én slik faktor. Noen ser først og fremst på vindkraftverk som naturødeleggelse, mens andre er mer opptatt av vindkraft som tilpasning til et økende behov for fornybar energi. Ulike holdninger kan påvirke graden av plage ved opplevd støy og visuelle virkninger. Økonomiske egeninteresser kan også påvirke opplevelsen av forstyrrelsene. En grunneier som tjener på å stille arealer til disposisjon for et vindkraftverk, kan oppleve støy og synlighet som mindre plagsomt enn vedkommende ville gjort dersom disse fordelene ikke var til stede. Individuelle forhold til området og landskapet som blir berørt spiller også en viktig rolle for opplevelsen av tiltakene. Både kollektive og personlige minner har innvirkning på dette.*

### 4.1 Beregnede støynivåer ved bebyggelse

Beregninger av støynivåene på byggene omkring Oddeheia og Bjelkeberg vindkraftverk er utført av Akustikkonsulten (Appelqvist, 2019). Metoden som er benyttet til å beregne støynivåene er Nord2000, en metode som anbefales i veilederen M-128 til den norske støyretningslinjen T-1442. I samsvar med T-1442 og veilederen er det gjort verste-tilfellet støyberegninger for  $L_{den}$  (innfallende utendørs årsmidlete døgnnivå). I tillegg er det gjort tilsvarende beregninger av  $L_{den}$  med lokale vindforhold. Rapporten tar også for seg beregning av lavfrekvent støy innendørs etter svenske retningslinjer, Folkhälsomyndigheten i FoHMFS 2014:13, siden de norske retningslinjene og tilhørende veileder ikke gir noen metode for slike beregninger. Dermed er det presentert tre tilfeller i rapporten:

1. Verste-tilfellet--beregninger utendørs etter T-1442/M128 med bruk av støyreducerende modus om natten (kl. 23-07). Dette innebærer medvind fra hver enkelt turbin til hvert enkelt mottakerpunkt (f.eks. et bolighus).
2. Real case-beregninger utendørs ved bruk av lokale vindforhold.
3. Beregning av lavfrekvent støy innendørs etter svenske retningslinjer

Parametervalg og metode som er beskrevet i støyberegneringsrapporten utarbeidet av Akustikkonsulten for worst case beregningene samsvarer bra med norske retningslinjer og veileder, som altså innebærer at man skal beregne med medvind fra hver enkelt turbin til hvert enkelt mottakerpunkt (f.eks. et bolighus). Beregningene er gjort med programmet SoundPLAN 8.1 som nevnes i veilederen (Miljødirektoratet, 2018) som en programvare som kan benyttes for slike beregninger. De parameterne som er omtalt i den norske veilederen er beregningshøyde ved støymottakere på 4 m over bakken, drift hele døgnet (8760 timer per år), kildestøy med utgangspunkt i 8 m/s i 10 m høyde, men dersom andre vindhastigheter gir høyere støy skal disse vindhastighetene brukes. Videre skal det altså beregnes med medvind fra alle turbiner til alle mottakerpunkt. Beregningene til Akustikkonsulten ser ut til å følge alle disse retningslinjene.

Det gis ingen bestemte retningslinjer når det kommer til meteorologiske parametere som luftfuktighet, temperatur og trykk, men disse parameterne er diskutert i støyberegneringsrapporten og anses som rimelige. Det kan stilles spørsmål hvorvidt valget av omgivelseslufttemperatur på 15 °C, som er en mye brukt standardverdi i slike beregninger, er riktig lufttemperatur for området parken ligger i. En studie utført på

bestilling av NVE tar for seg støy fra vindturbiner i typisk norsk topografi, og her benyttes en temperatur på 10 °C (Meventus AS, Sinus AS, 2017). En temperaturendring på 5 °C vil ikke ha betydelig stort utslag på støyverdiene, det har mye mer å si hvilke terrengtyper som brukes i beregningene. Akustikkonsulten presenterer terrengtypekartet de har brukt i beregningene, hvor det er inkludert vann, steinete områder, åpne sletter og beitemark. Kartet ser rimelig ut ved sammenligning med satellittbilder over området, og mer på den konservative siden slik som veilederen ber om dersom man er i tvil. En ruhet tilsvarende skogområder er gitt for hele området. Områdene uten skog vil ikke ha mindre betydning da ruheten kun indirekte virker på støyberegningene ved justering av vindprofilen. Det kunne vært brukt et mer detaljert ruhetkart i beregningene, men valget av kun én ruhetlengde på dette området kan anses som rimelig.

Det har ikke vært en del av Norconsults oppdrag å ettergå/reprodusere beregningene.

Akustikkonsulten konkluderer med at ingen hus får støyverdier over  $L_{den} = 45$  dB-grensen ved beregning med «verste-tilfellet»-metoden når det brukes støyreducerende modus på tre av turbinene. De støyreducerende modusene er kun benyttet på natten. Det er også beregnet støyverdier ved bruk av lokale vindforhold, en såkalt real case-beregning som er omtalt i veilederen (Miljødirektoratet, 2018). Ingen hus er over støygrensen her heller, ifølge beregningene med faktiske vindforhold trengs ikke støyreducerende modus på noen av turbinene.

## 4.2 Aktuelle støynivåer og mulige helseeffekter

Det er 23 av byggene rundt Oddeheia og Bjelkeberget vindkraftverk som får støynivåer opp mot  $L_{den} = 45$  dB grensen for worst case beregningene, mens når det benyttes lokale vindforhold i beregningene er det ingen av byggene som ligger rett ved grensen (Appelqvist, 2019). Gjennomgangen av litteratur ovenfor viser at rundt 10 % av befolkningen i nærheten av vindkraftverk rapporterer om støyplage ved  $L_{den} = 45$  dB, mens det begynner å rapporteres om støyplage ved  $L_{den} = 40$  dB. Ifølge støyrapporten er det 22 bygg som har støynivåer på  $L_{den} = 40$  dB eller over ved bruk av lokale vindforhold i beregningene. Faglitteraturen peker på at opplevelsen av støy er subjektiv, og det er flere faktorer som spiller inn på hvor plagsom støyen oppleves, blant annet holdning til vindkraft, økonomisk kompensasjon og eventuelle konflikter i området. Siden beregningene viser at ingen av byggene skal ha støynivåer over grenseverdien er det *objektivt* sett ikke støyproblemer ved Oddeheia og Bjelkeberg vindkraftverk, men den *subjektive* opplevelsen kan variere allikevel.

## 4.3 Visuell påvirkning og støy på utvalgte lokaliteter

Norconsult er fra tiltakshaver blitt bedt om å redegjøre for faktorene støy og visuell påvirkning fra vindkraftverket på de nære og de mest eksponerte stedene med bebyggelse i Birkenes kommune. Det kan ikke trekkes noen konklusjoner om faktiske helsemessige konsekvenser for beboere og brukere i disse områdene, men det kan ut fra foregående kapitler antas at potensialet for helsemessige konsekvenser er størst i disse områdene ut fra deres grad av eksponering.

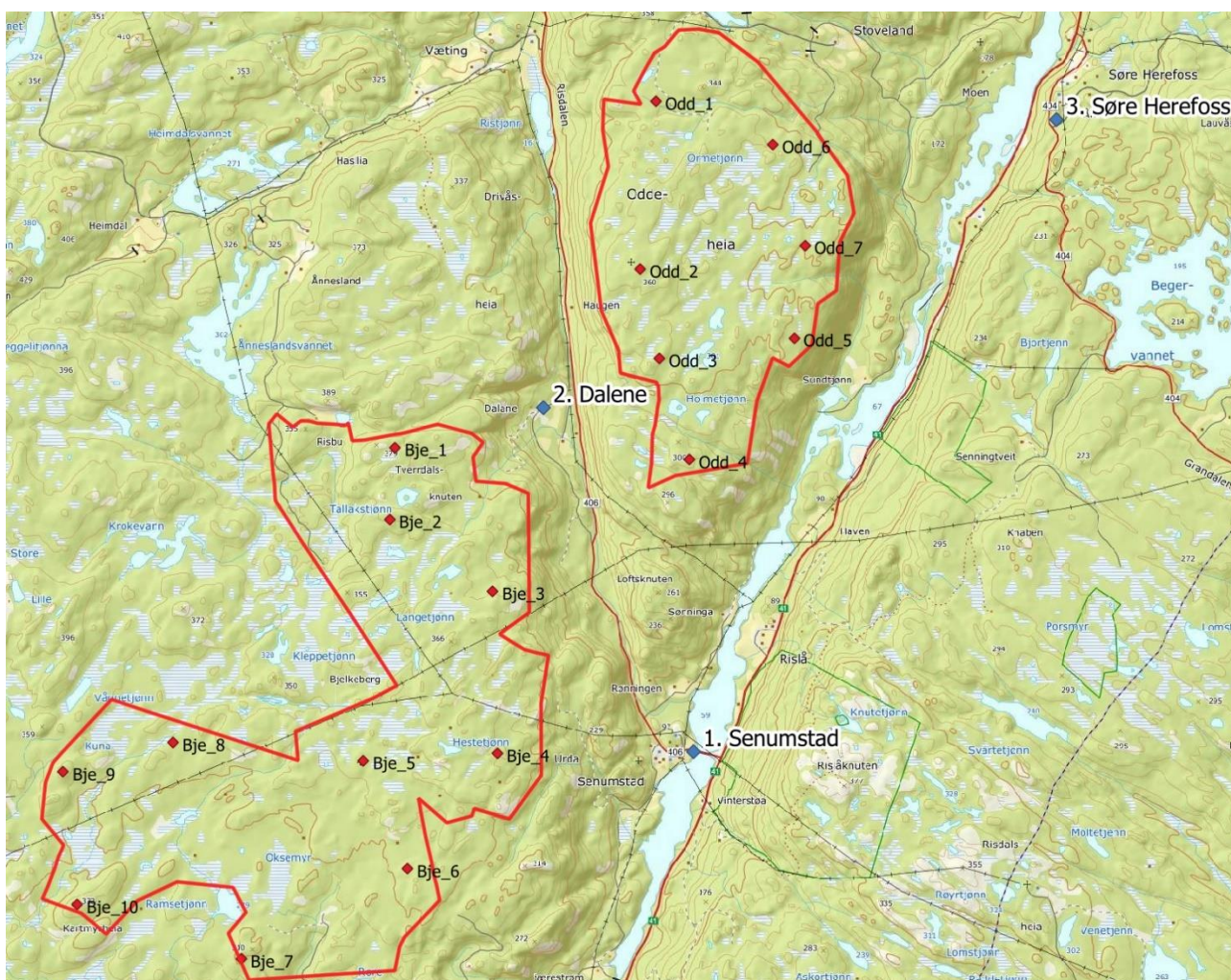
I samråd med tiltakshaver er det valgt ut tre steder som er vurdert å representere tre av de potensielt mest påvirkede lokalitetene i kommunen. Det er her redegjort for de dokumenterbare faktorene som angår støy og visuell virkning fra hvert av stedene. Følgende steder er valgt ut:

- Dalane
- Senumstad
- Søre Herefoss

Plassering av disse i henhold til prosjektområdene og turbinplassering er vist i Figur 4-1.

## 4.4 Dalane

Dalane er en plass på vestsiden av Vegusdalvegen med en liten klynge hus og andre bygninger. Stedet ligger nær både Bjelkeberg vindkraftverk i sørvest, og Oddeheia vindkraftverk i nordøst. Avhengig av hvor man står i denne bebyggelsen vil det bli 5 – 7 synlige turbiner, likelig fordelt mellom de to vindkraftverkene. Det er i første rekke de nærmeste turbinene på Oddeheia som bli fremtredende fordi de står i en markant posisjon langs åsranden i øst. Avstanden til nærmeste turbin (Odd3) er rundt 840 m og må forventes å bli oppfattet som visuelt dominerende, delvis forsterket av plasseringen oppe på åskammen. Se Figur 4-2. Selv om hovedutsynsretningen er sørover langs dalen, er åsdraget på Oddeheia i øst likevel å betrakte som en del av den. Bjelkeberg vindkraftverk ligger på sin side i bakkant av bebyggelsen, og begrenset til stort sett små vingesveip. Se Figur 4-3.



Figur 4-1: Oversiktskart som viser beliggenheten til de tre analyserte lokalitene sammen med turbinplassering

Skyggekastbelastningen er ikke ubetydelig selv om det iverksettes avbøtende tiltak. Flere av bygningene kan teoretisk få et skyggekast med varighet på over 30 minutter pr dag, og den mest eksponerte bygningen får et sannsynlig årlig skyggekastomfang på rett i underkant av 8 timer pr år, som sammen med en daglig

maksimalbelastning på 30 minutter er grenseverdier i norske retningslinjer. Både de nærmeste turbinene på Oddeheia og på Bjelkeberg kan forårsake skyggekast.

I støyutredningen er det, for verste-tilfellet, beregnet et innfallende årsmidlet døgnnivå for vindkraftverksstøyen på  $L_{den} = 45$  dB i alle de fem støyberegningpunktene på Dalane. Beregningene er opplyste å være for en situasjon 4,0 m over lokalt terreng, svarende til en lav 2. etasje i et typisk bolighus. I mottakerpunkt varierer vindkraftverkstøy lite/moderat med høyden over terrenget. På uteoppholdsareal på bakkenivå kan en forvente marginalt lavere støy. På Dalane er det således ikke beregnet at gjeldende støygrense blir overskredet. Merknad: Som nevnt tidligere forutsetter verste-tilfellet-beregningene (som er i tråd med veileder M-128 til støyretningslinjen) at det blåser medvind fra hver enkelt turbin inn mot hvert bygg, samtidig.



Figur 4-2: De nærmeste turbinene på Oddeheia sett fra Dalane (fotomontasje Meventus)



Figur 4-3: Vingesveip fra Bjelkeberg vindkraftverk sett fra Dalane (fotomontasje Meventus)

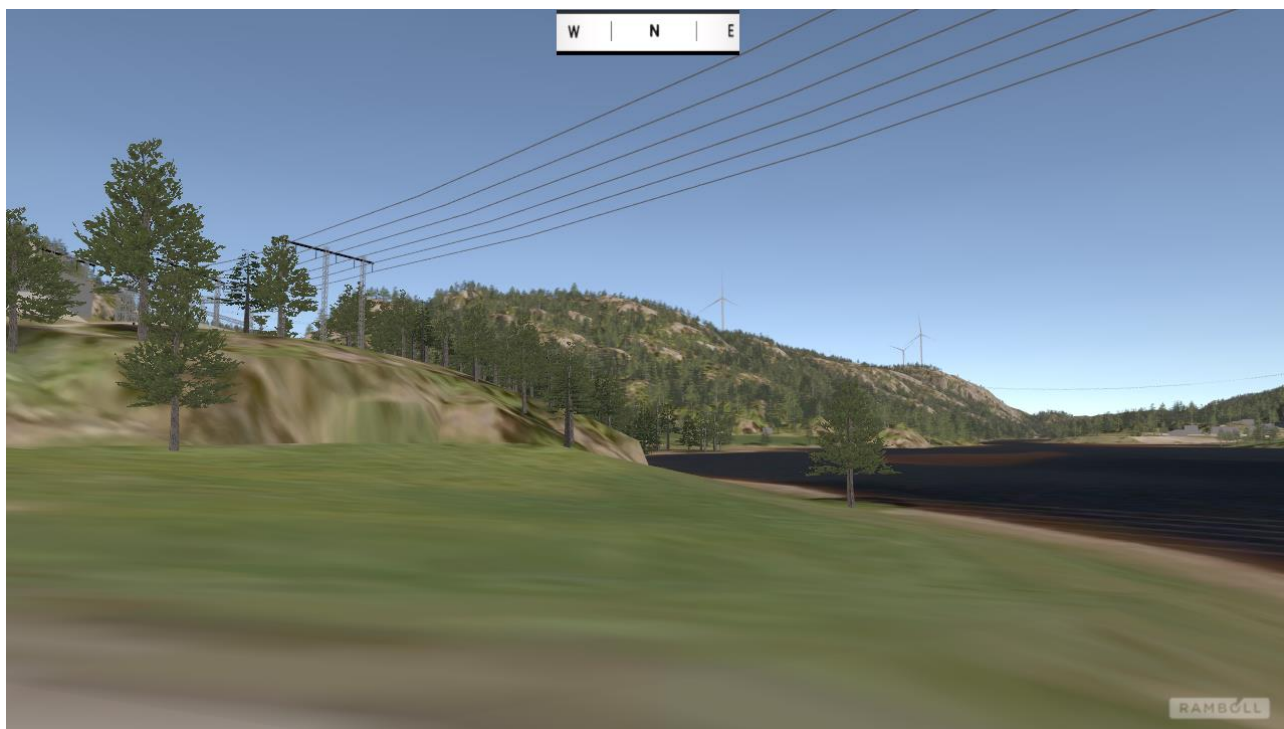
#### 4.5 Senumstad

Senumstad ligger ved et eid i Senumstadjorden, med bebyggelsen konsentrert til vestsiden av eidet. Bebyggelsen ligger mellom 1 og 1,3 km unna nærmeste turbin i Bjelkeberget vindkraftverk (Bje4). Lokal topografi og vegetasjon gjør at det er nokså stor variasjon i hvilke og hvor mange turbiner som blir synlige ved Senumstad. Bebyggelsen lengst vest i grenda ligger så tett innunder Urdeheia at ikke en gang den nærmeste turbinen i Bjelkeberg vindkraftverk blir synlig (se Figur 4-6), mens det er en til to synlige turbiner i

Oddeheia vindkraftverk sett nordover (se Figur 4-7). Flest synlige turbiner og mest åpent innsyn til begge vindkraftverkene er det fra Senumstad Bro. Modellbildene fra 3D-modellen i Figur 4-4 og Figur 4-5 viser utsyn mot henholdsvis Oddeheia og Bjelkeberget. Opptil 4 turbiner blir synlige herfra. Ved Senumstad Bro står turbinene også i naturlige hovedutsynsretninger, mens bebyggelsen lengre vest i større grad har utsyn mot øst eller mot sine nære omgivelser. Spesielt turbin Bje4 kan oppfattes som et nokså visuelt dominerende blikkfang sett fra østre del av Senumstad, der den også blir stående i motlys om ettermiddag og kveld.

Turbin Bje4 forårsaker skyggekast i et ikke uvesentlig omfang, selv etter gjennomføring av foreslåtte avbøtende tiltak, men stort sett under grenseverdiene. Forventet skyggekast i løpet av et år er rett under 8 timer for den mest utsatte bygningen som det er gjort beregninger for, og for andre i størrelsesorden 5 – 7 timer. Flere bygninger kan etter beregningene bli utsatt for daglig skyggekast av varighet på rett i overkant av 30 minutter, som også er en grenseverdi. Det hører med til bildet av avstanden er såpass stor at skyggekasteffektene i seg selv blir relativt små. Det skal også nevnes at i tråd med retningslinjene så har vegetasjon ikke blitt inkludert i beregningene, noe som i praksis kan tenkes å bidra til en viss skjermingseffekt.

I støyutredningen er det, for verste-tilfellet, beregnet et innfallende årsmidlet døgnnivå for vindkraftverksstøyen på  $L_{den} = 41 - 43$  dB i alle de sju støyberegningpunktene på Senumstad. Beregningene er opplyste å være for en situasjon 4,0 m over lokalt terreng, svarende til en lav 2. etasje i et typisk bolighus. I mottakerpunkt varierer vindkraftverkstøy lite/moderat med høyden over terrenget. På uteoppholdsareal på bakkenivå kan en forvente marginalt lavere støy. På Senumstad er det således ikke beregnet at gjeldende støygrense blir overskredet.

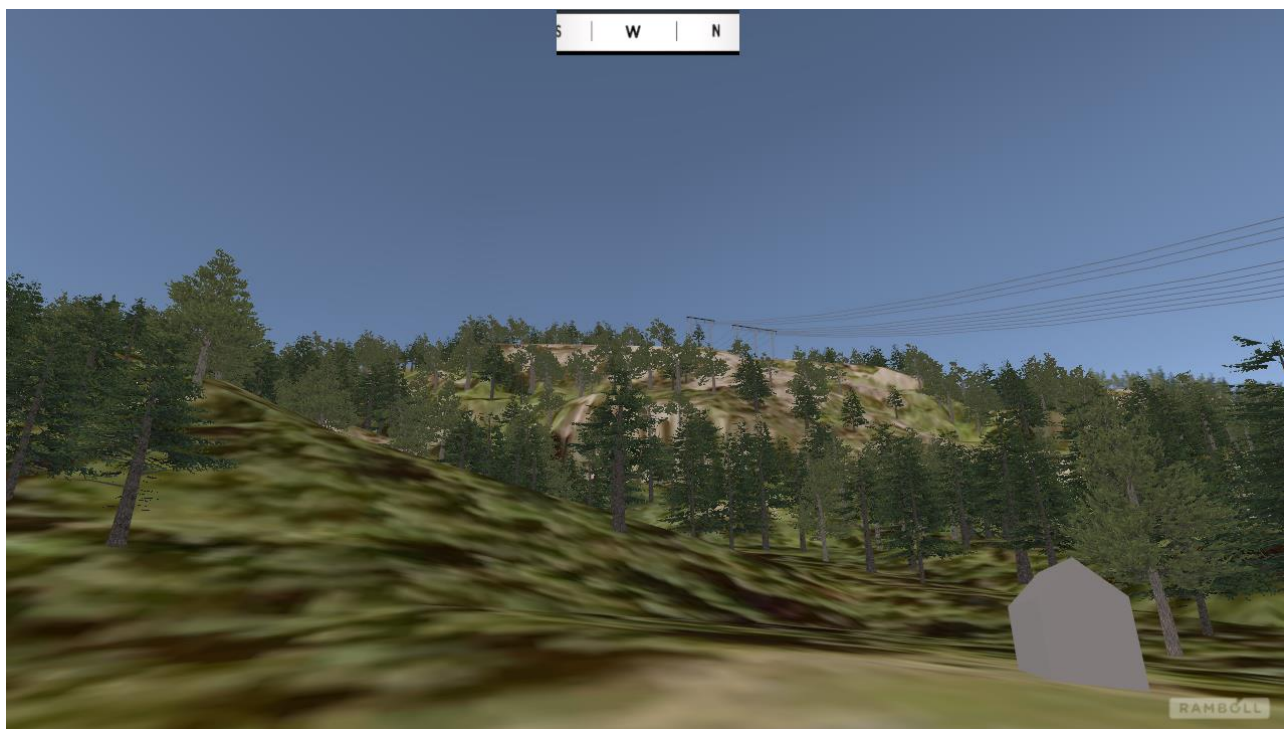


Figur 4-4: Modellbilde som viser Oddeheia vindkraftverk sett fra vestre endre av Senumstad Bro.





Figur 4-5: Modellbilde fra 3D-modell som viser Bjelkeberg vindkraftverk sett fra vestre ende av Senumstad Bro



Figur 4-6: Modellbilde fra 3D-modell sett vestover fra den vestligste delen av bebyggelsen i Senumstad. Bebyggelsen ligger så tett innunder Urdeheia at man ikke ser turbinene i Bjelkeberg vindkraftverk.



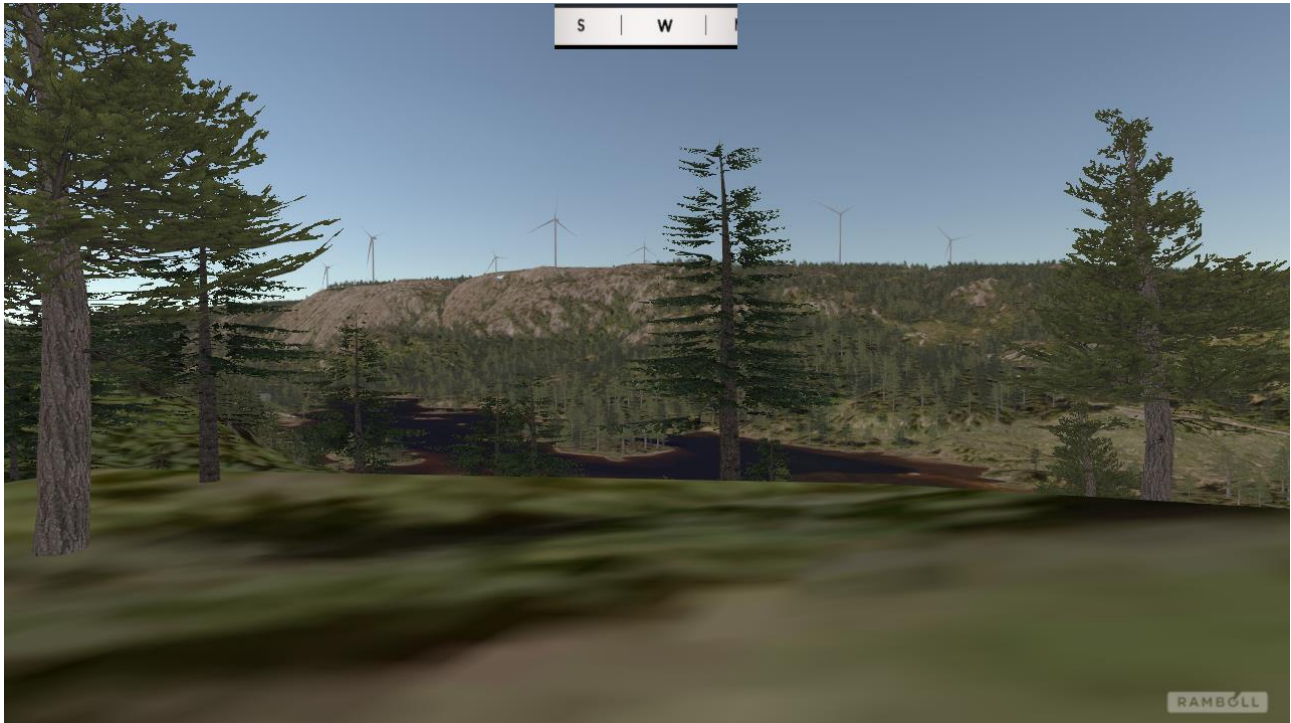
Figur 4-7: Fra samme område som i foregående bilde sett nordover.

#### 4.6 Søre Herefoss

Bebyggelsen ved Søre Herefoss ligger hovedsakelig langs Opplandsveien, som grener av fra Fv. 41 og stiger opp langs østre side av hoveddalføret. På grunn av topografien er det åpent innsyn til Oddeheia vindkraftverk på vestsiden av dalføret sett fra mange steder. Det er i underkant av 2 km fra Søre Herefoss til nærmeste turbin (Odd7). Avstanden er såpass stor at hver enkelt turbin ikke er så visuelt dominant, men den visuelle påvirkningen blir likevel betydelig fordi det er åpent innsyn til mange turbiner (opptil 9- 10 synlige turbiner) som dekker en sentral og bred del av det som er stedets naturlige utsynssektor. Se Figur 4-8. Både den sørligste og den nordligste turbinen i Oddeheia vindkraftverk vil bli synlig fra noen steder i Søre Herefoss. Bildet i Figur 4-8 er tatt ifra et av de bygg som sannsynligvis vil få størst visuell påvirkning fra denne lokaliteten.

Avstanden mellom bebyggelsen og vindkraftverket er tilstrekkelig til at det ikke oppstår skyggeeffekter.

I støyutredningen er det, for verste-tilfellet, beregnet et innfallende årsmidlet døgnnivå for vindkraftverksstøyen på  $L_{den} = 36 - 39$  dB i alle de 13 støyberegningpunktene på Søre Herefoss. Også her er beregningene opplyste å være for en situasjon 4,0 m over lokalt terreng, svarende til en lav 2. etasje i et typisk bolighus. I mottakerpunkt varierer vindkraftverkstøy lite/moderat med høyden over terrenget. På uteoppholdsareal på bakkenivå kan en forvente marginalt lavere støy. På Senumstad er det således ikke beregnet at gjeldende støygrense blir overskredet.



Figur 4-8: Modellbilde som viser Oddeheia vindkraftverk sett fra Søre Herefoss.

## Vedlegg A Ord og uttrykk i akustikk

### A.1 Vekting

Dei fleste lydane som me høyrer er samansette av mange ulike frekvensar. For å kunne skildra nivået til slike lydar kan ein måla lyden og leggja saman lydenergien i alle frekvensane til eitt (uvekta) tal. Høyrsla vår er derimot ikkje like vår for alle frekvensar: Me høyrer godt dei frekvensane som er mest brukte i tale. Bass (låg frekvens) og diskant (høg frekvens) ligg utanfor dette talefrekvensområdet og me høyrer slike lydar mindre godt. Difor er det laga ei vekting som tillegg talefrekvensområdet meir vekt enn bass og diskant, for å etterlikna opplevinga vår av lydnivå. Denne vektinga vert kalla A-vekting og eignar seg godt for å skildra opplevinga av «enkle» lydar av svak og middels styrke. Alle lydnivåa i denne rapporten er A-vekta lydnivå<sup>1</sup>.

### A.2 Oktavband og frekvens

Innan akustikken er det vanleg å handtera dei ulike frekvensane (svingingar per tidseining, gjevne i eininga hertz og forkorta til Hz) i lydar for seg, delte opp i oktavband. I eit oktavband er den øvste frekvensen det doble av den nedste frekvensen. Midt i oktavbanda ligg senterfrekvensane, som vert brukte til å namngje oktavbanda. Døme på senterfrekvensar i oktavband: 125 Hz, 250 Hz, 1 kHz, 2 kHz, osv.

### A.3 Desibel

Alle lydnivåa her vert gjevne som tal (i desibel, og forkorta til dB) i forhold til høyreterskelen for eit friskt øyre. I denne rapporten vert omgrepa «lyd» og «støy» brukte om einannan. Støy vert vanlegvis definert som uynskt lyd.

### A.4 Korttidsmidla lydtrykknivå

$L_{p,A,ekvT}$  er eit mål på nivået til varierende lyd/støy midla over ei viss tid  $T$ , altså eit gjennomsnittleg lyd/støytrykk. Lydtrykket fell med aukande avstand frå kjelda/maskina. Det er vanleg å ta med subscript «p» for «pressure», dvs. trykk. Lydtrykknivå vert gjeve som forholdstal i desibel (forkorta dB) samanlikna med 20  $\mu\text{Pa}$  (mikropascal), som svarar om lag til høyreterskelen vår.

$L_{p,A,ekvT}$  kan vera både utandørs og innandørs lydtrykknivå.

Døme 1:  $L_{p,A,ekv30\text{min}}$  er det gjennomsnittlege støynivået over 30 minutt.

Døme 2:  $L_{p,A,ekv8\text{t}23-07}$  er støynivået midla over ei natt som startar kl. 23 og sluttar kl. 7 neste morgon, dvs. 8 timar.

Døme 2:  $L_{p,A,24\text{h}}$  er støynivået midla over eit døger.

### A.5 Årsmidla lydtrykknivå

$L_{den}$  er årsmidla A-vekta døggnivå der støybidraga om kveldane (kl. 19-23) er gjevne eit tillegg på 5 dB og støybidraga om nettene (kl. 23-07) er gjevne eit tillegg på 10 dB. Støyproduksjon om kveldane og nettene

---

<sup>1</sup> Splitting av lyden i ulike frekvensar før vidare analyse som skissert her liknar litt på korleis høyrsla vår fungerer: Øyra er bygt opp slik at frekvensinnhaldet i lydar vert koda inn i nervesignala nokså tidleg, før overføring til høgare funksjonar (tolking, taleforståing, osv.) i hjernen. Det finst også andre vektingar, m.a. C-vekting, brukte m.a. i arbeidsmiljøsamaheng.

vert altså vekta meir enn støy på dagtid før samanlikning med grenseverdier. Dette mellom anna for å sikra betre vern mot mellom anna søvnforstyringar.

For nesten alle praktiske føremål er  $L_{den}$  ein *utrekna* verdi, altså *ikkje* ein målt verdi. For å *måla*  $L_{den}$  trengst det målingar over svært lang tid (månader/år). Slike langtidsmålingar av  $L_{den}$  for t.d. eit vindkraftverk er krevjande, m.a. fordi ein må luka bort andre lyd kjelder som kan påverka langtidsmålingane (t.d. lokal biltrafikk, hundeglam, fuglelydar, menneskerøyster, osv.). Det låge støy nivået frå vindkraftverk i typiske avstandar til bustadhus gjer denne utlukinga/analysen ekstra krevjande.

$L_{den}$  er eit innfallande utandørsnivå, sjå definisjon nedanfor.

Dersom ei lyd kjelde gjev like sterk lyd gjennom heile døgnet vil kvelds- og nattillegga nemnde ovanfor gjera at  $L_{den}$  vert 6,4 dB høgare enn det vanlege døgnmidla lydtryknivået ( $L_{p,A,24h}$ ), sjå ovanfor.

## A.6 Maksimalt lydtryknivå

$L_{AFmax}$  er eit mål på det A-vekta nivået til ein støytopp, t.d. i enkeltskot frå skytevåpen.

## 4.7 Litt om vanleg førekomande lydtryknivå<sup>2</sup>

180 dB	– Kanonskot, trommehinna sprekk
120–130 dB	– Smerteterskelen
105–125 dB	– Typisk høg rockekonsert
100–110	– Plateverkstad
90–115 dB	– Typisk diskotek
80–100 dB	– Mindre, lågmælt liveband
50–70 dB	– Samtale, ved øyret på lydaren
50–60 dB	– Restaurantstøy, bakgrunnsmusikk
20–30 dB	– Kviskring, ved øyret på lydaren
15–30 dB	– Stille innspelingsstudio, ingen aktivitet
0 dB	– Høyreterskel (ved 1 kHz og enkle lydar)

Ei øvre grense er vanskelegare å gje, men det ligg altså ein såkalla «smerteterskel» ein stad mellom 120 og 130 dB. Lydtryknivå over 80 dB kan vera skadelege over lang tid. Lydtryknivå over 120 dB er skadelege, sjølv ved kort eksponering. Evna til å tola høge lydtryknivå varierer mykje frå person til person, men storleiken til desse forskjellane er fyrst nokså nyleg vortne kjend for vitskapen. I dei siste åra har også medvitte auka om kor skadelege *høge* impulslydar (t.d. våpenstøy og kvasse slag) i *liten* avstand er for høyrsele. Det kan vera grunn til å tru at ein del av høyrsele skadar som ein før trudde skuldast langvarig eksponering for mellomhøge lydtryknivå kanskje skuldast *høge impulslydar i staden for*, t.d. på industriarbeidsplassar.

<sup>2</sup> Dei fleste tala her er henta frå Wikipedia, men har fått utfyllande kommentarar her.

## A.7 Litt om endring i lydtryknivå – og oppleving av endringar

Ei dobling av lydtryknivået, t.d. når maskin nr. to startar opp i eit rom som frå før hadde ei maskin (med den same lydeffekten) i drift svarar til ein auke på 3 dB. På grunn av måten me opplever lyd på vil ein slik auke på 3 dB oppfattast som tydeleg høyrbar, men *ikkje* som ei dobling. Ein lyt gjerne opp i ein auke på 10 dB før me oppfattar det som ei dobling. NB! Desse endringane må skje over kort tid for at me skal oppfatta dei som skildra her. Dersom endingane skjer over lang tid (veker, månader, år) vil me ha monaleg større vanskar med å gradera endringane.

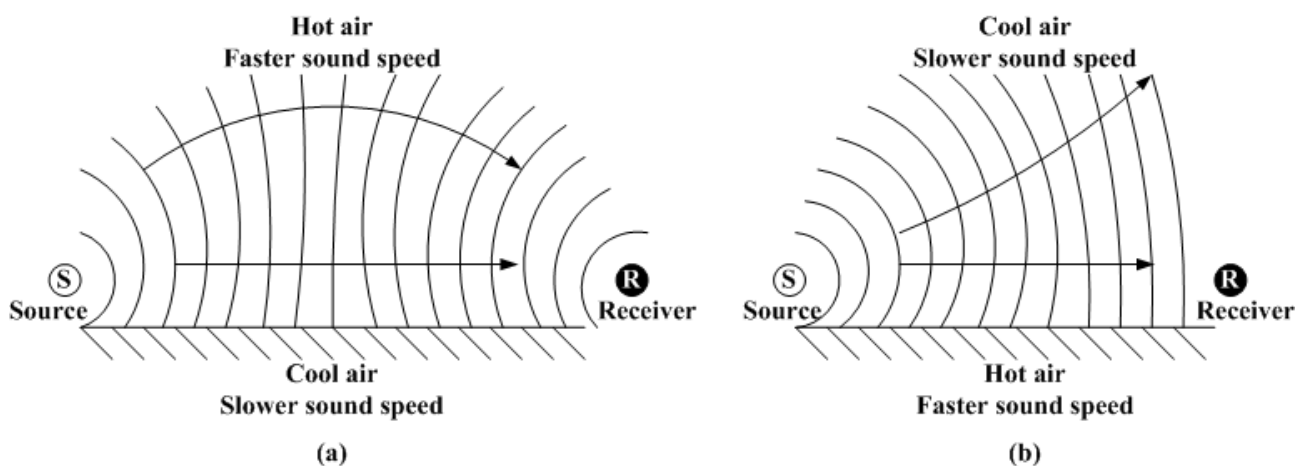
## A.8 Innfallande lydtryknivå

Innfallande utandørs lydtryknivå er lydtryknivå der berre direktelydnivået er med. Bidrag frå lydrefleksjonar *frå fasaden på den aktuelle bygningen skal ikkje* inkluderast, medan lydrefleksjonar frå *andre flater* (t.d. meir fjerntliggjande bygningar) *skal inkluderast*.

## A.9 Litt om lydutbreiing i ulike vêrtilhøve

Vind mellom ei lydskjelde og eit immisjonspunkt (mottakar) er svært avgjerande for kor godt lyden ber frå lydskjelda. Korleis temperaturen varierer oppetter i luftlaga tyder også mykje. Desse to effektane gjev ulike kombinasjonar av vilkåra for lydutbreiinga, som kan gå frå «skuggetilhøve» til lydkanalisering. Effekten av temperatur er forenkla illustrert i figuren nedanfor. Ved somme tilhøve oppstår skikting i atmosfæren. Slik lagdeling kan gje tydelege lydrefleksjonar nedatt til immisjonspunkt nærare bakken. Eit kjent døme på slike lydrefleksjonar oppstår etter lyn, då lydar som kjem etter den fyrste lyden stammar frå slike effektar.

Marktilhøve og overflater spelar også inn, både gjennom ulik grad av lydrefleksjon og gjennom måten t.d. vassflater påverkar temperaturtilhøva lokalt.



Figur 9: Illustrasjon av korleis lufttemperatur påverkar lydutbreiinga i to ulike situasjonar. Kjelde: wikibooks.org.

## A.10 Lydeffekt

Vindturbinar og andre maskiner i arbeid strålar ut lyd. For å stråla ut lyd krevst det mekanisk effekt som set lufta i rørsler. Denne mekaniske effekten vert kalla lydeffekt, og er ein eigenskap ved den aktuelle maskina og tilstanden som maskina er i. Lydeffekten er altså uavhengig av avstand, og må *ikkje* forvekslast med lydtrykket (sjå ovanfor). Når ein kjenner lydeffekten til maskina kan ein rekna ut lydtryknivået i alle

avstandar frå maskina. Det er vanleg å ta med «W» for «watt» i nemninga for lydeffektnivå, som dermed vert heitande  $L_{WA}$ . Alle støyande maskiner som oppfyller EU sitt maskindirektiv (direktiv 2000/14EC) skal ha  $L_{WA}$  påstempla eller merkt med skilt, el.l. Lydeffekten er gjeven som forholdstal i desibel (forkorta til dB) samanlikna med 1 pW (picowatt). *Lyd har liten effekt*: Som døme kan nemnast at rockekonsertar og motorsager har lydeffekt  $\approx 0,1$  W. Kjøleskåp og dempa menneskerøyst har  $\approx 100$  nW (nanowatt). Det tyder vidare at menneske høyrer lydar svært lett, dvs. at høyrsla er ein god sans.

## Vedlegg B Støy som tema i arealplanlegging og byggesakshandsaming

I 2005 kom retningslina for handsaming av støy i arealplanlegging, T-1442. For fyrste gong vart handsaming av dei vanlegaste støytypane samla. Retningslina gjev m.a. føringar for støy frå vindkraftverk. Desse føringane skal styra kommunane sitt arbeid med reguleringsføresegner og vilkår i rammeløyve etter Plan- og bygningslova. T-1442 vart sist oppdatert hausten 2016, og den utgåva vert kalla T-1422/2016.

Dei tilrådde støygrensene i T-1442 for støy frå vindkraftverk er gjevne i tabell 3 i T-1442, attgjeven i utdrag nedanfor.

*Tabell 1 Tilrådde utandørs støygrenser ved planlegging av ny verksemd eller nye bygningar med støyømfintlege bruksføremål. Alle verdiar er for innfallande støynivå og gjeld utanfor rom med støyømfintleg bruksføremål. Utdrag av tabell 3 i T-1442.*

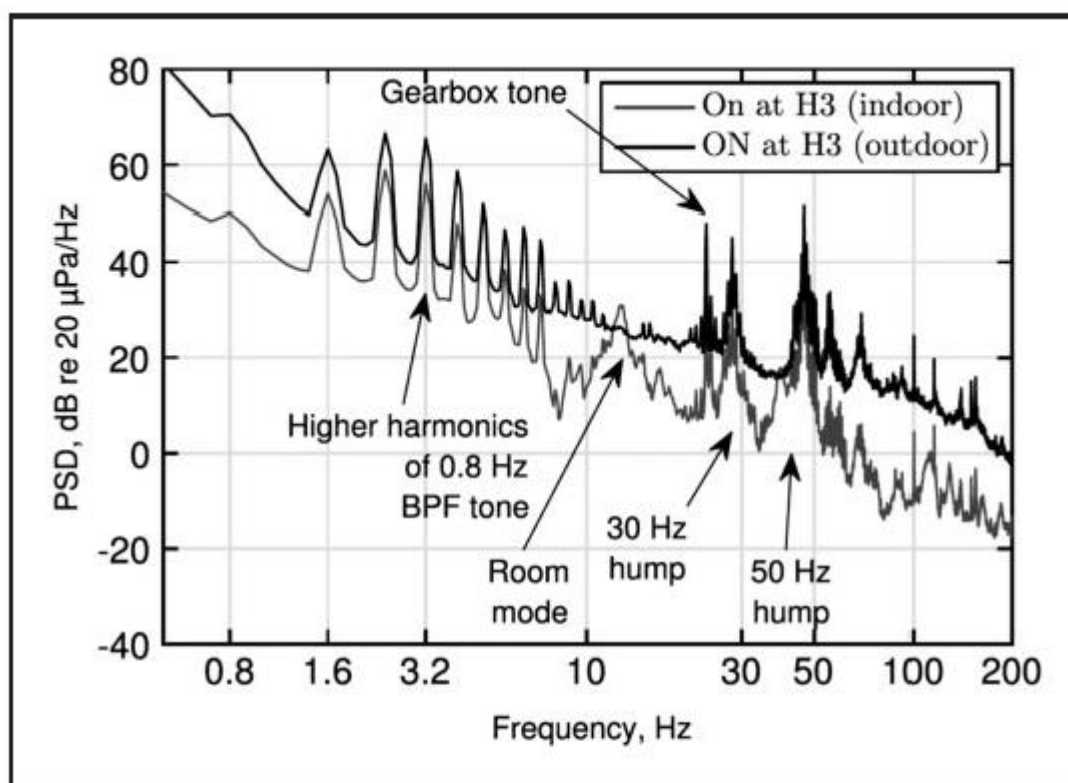
Støykjelde	Støynivå på uteopphaldsareal og utanfor vindauge til rom med støyømfintleg bruksføremål	Støynivå utanfor soverom, natt kl. 23 – 07
Vindturbinar	$L_{den} = 45 \text{ dB}$	-



## Vedlegg C Kvifor støyar vindturbinar?

Mykje av lydenergien frå moderne vindturbinar ligg i det hørbare frekvensområdet, og vert laga av aeroakustiske effekter rundt rotorblada. Lyden er breispektra (inneheld energi ved mange frekvensar).

Lågfrekvent støy og infralyd vert derimot laga mest av vekselverknader mellom rotor og tårn, forsterka av luftstraumar oppstraums rotor, mellom rotor og tårn, og nedstraums tårn. Figuren nedanfor syner eit døme på lydspekter i ein avstand på 3 km frå ein vindturbin.




**Figure 1.** Comparison of indoor and outdoor spectral density recorded at an unoccupied dwelling approximately 3 km from a wind turbine. BPF = blade passing frequency; PSD = power spectral density.

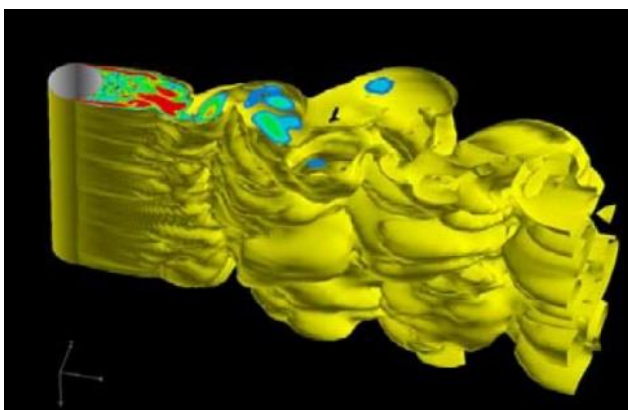
Source: Reproduced with permission from Zajamsek et al. (2016), Figure 4.

Kjelde:

## A Review of the Possible Perceptual and Physiological Effects of Wind Turbine Noise

Simon Carlile<sup>1,2</sup>, John L. Davy<sup>3,4</sup>, David Hillman<sup>5</sup>, and Kym Burgemeister<sup>6</sup>

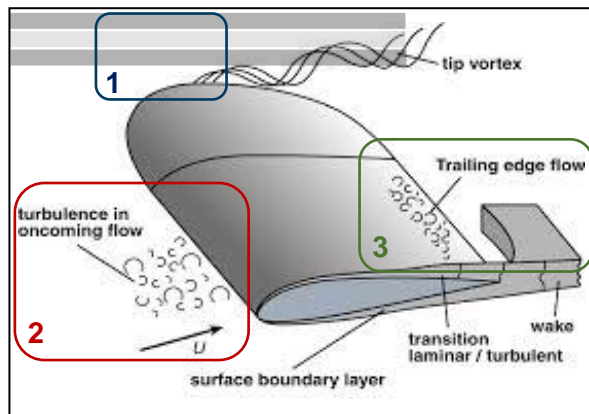
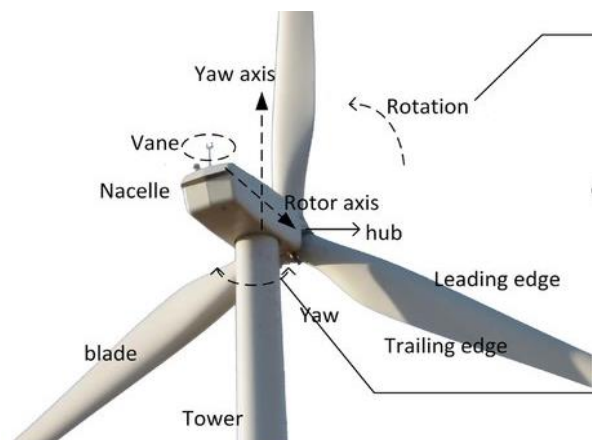
Trends in Hearing  
Volume 22: 1–10  
© The Author(s) 2018  
Article reuse guidelines:  
sagepub.com/journals-permissions  
DOI: 10.1177/2331216518789551  
journals.sagepub.com/home/ta  




CFD-strøymingsmodell av kvervlar nedstrøms eit vindturbintårn. Desse kvervlane er store og lagar lågfrekvente lydar.

Vekselverknader mellom lufta og turbinen som lagar lydar kan delast i tre hovudgrupper:

1. **Rotorblad- og luftstraumsgradientar:** brå endringar i lyftet frå bladet og luftmotstanden til bladet grunna strøymingsgradientar lagar tjukkeleiks-lydar (TS). Desse har energitoppar ved bladpasseringsfrekvensen og dei harmoniske av denne. Desse lydane er periodiske.
2. **Rotorblad- og oppstraums turbulens:** Oppstraums turbulens lagar snøgge endringar i avbøyinga til blada. Lydane avheng av storleiken til turbulenskvervlane samanlikna med bladdimensjonane. Desse lydane er ikkje-periodiske.
3. **Framkant- og turbulent grenseskikt:** Eit turbulent grenseskikt langs overflata på blada lagar trykkvariasjonar som vert spreidde av bakkanten og som lagar breispektra lyd. (Marcillo et al., 2015).



Kjelde: *Marcillo et al., 2015*

## 5 Referanser

- 
- <sup>1</sup> Ståvi J.M. et. al.: Sosial- og helsedepartementet: helse og trivsel i konsekvensutredninger. Asplan-Viak Rapport 2001-19.
- <sup>2</sup> Sundfør H. B. et. al.: Befolkningsreaksjoner på vindmøllestøy – Vindmølleparken på Lista 2015. Rapport 1452/2015 fra Transportøkonomisk institutt (TØI).
- <sup>3</sup> Nord R. et. al.: Lista vindkraftverk i Farsund kommune – støymålinger. Rapport 464721 fra Sweco Norge AS, datert 10.2.2014 (s. 31 – 32).
- <sup>4</sup> Jakobsen, S. B. et.al: Nasjonal ramme for vindkraft. Temarapport om nabovirkninger. NVE Rapport 72/2018.
- <sup>5</sup> Sundhedsstyrelsen: Sagsnr. 1-2410-553/1. Vindmøllestøj og helbredseffekter. 2019.
- <sup>6</sup> Smith M. et.al.: A laboratory study on the effects of wind turbine noise on sleep: results of the polysomnographic WITNES study. Publisert 25. mars 2020 av Oxford University Press på vegne av The sleep research society.
- <sup>7</sup> Berg E.: Visuelle virkninger av vindkraft. Momenter til vurdering av vindkraftverks visuelle påvirkning på naboskap. Norconsult 2017.
- <sup>8</sup> Holmelin E. et.al.: Vindkraftverks påvirkning på eiendomspriser. Norconsult 2017.
- <sup>9</sup> Bergsjö, A. et.al. (1980): *Vindkraften i landskapet. Del 2. Visuelle frågor i samband med storskalig vindkraftutbyggnad*. Alnarp, Sverige: Sveriges Lantbruksuniversitet.
- <sup>10</sup> Sunak Y. & R. Madlener, Aachen University 2016: The impact of wind farm visibility on property values: A spatial difference-in-difference analysis. Artikkel i Energy Economics 55 (2016) side 79-91.
- <sup>11</sup> Pohl J. et.al.: Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen. Kiel 1999
- <sup>12</sup> Berg, E. (2012): Patina - the fading of visual impact. IAIA - International Association for Impact Assessment,. Oporto, Portugal