

Gulen kommune

## ► **Havvindturbin på land i Sløvåg**

Planprosess etter Energilova og Plan- og bygningslova

Forenkla uavhengig vurdering av støy og andre helsekonsekvensar

Oppdragsnr.: 52402050 Dokumentnr.: AKU-01 Versjon: J01 Dato: 2024-04-04



**Oppdragsgjevar:** Gulen kommune  
**Oppdragsgjevares kontaktperson:** Kjell Anders Reigstad  
**Rådgjevar** Norconsult Norge AS, Regimentsvegen 158, NO-5705 Voss  
**Oppdragsleiar:** Inge Hommedal  
**Fagansvarleg:** Inge Hommedal  
**Andre nøkkelpersonar:** Einar Berg, Maria Hoem

J01	2024-04-04	Til bruk	Inge Hommedal	Maria Hoem / Einar Berg	Inge Hommedal
A05	2024-04-03	Supplert av Maria, klar for fagkontroll hjå Einar	Inge Hommedal		
A04	2024-04-02	Kommentarar frå oppdragsgjevaren er inkluderte. Rapport eigenkontrollert	Inge Hommedal		
A03	2024-04-02	Til faktasjekk hjå oppdragsgjevar	Inge Hommedal		
A02	2024-03-20	Utkast i arbeid, klart for innfylling av Einar og Maria	Inge Hommedal	-	-
A01	2024-03-12	Kladd	Inge Hommedal	-	-
<b>Versjon</b>	<b>Dato</b>	<b>Omtale</b>	<b>Utarbeidd</b>	<b>Fagkontrollert</b>	<b>Godkjent</b>

Dette dokumentet er utarbeidd av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandlar. Opphavsretten tilhøyrer Norconsult. Dokumentet må berre nyttast til det formål som går fram i oppdragsavtalen, og må ikkje kopierast eller gjerast tilgjengeleg på annan måte eller i større utstrekning enn formålet tilseier.

## ► Samandrag

### 1.1 Allment

På oppdrag frå Gulen kommune har rådgjevarar i Norconsult Norge AS fagvurdert dokument som tek føre seg støy og andre helsekonsekvensar i samband med ein eventuell havvindturbin sett opp på land mellom Stongeneset og Mekevikane i Sløvåg i Gulen kommune i Vestland fylke. Arbeidet er forenkla, men me har prøvd å få fram tema som me vurderer som dei viktigaste. Dokumenta som er vurderte er utarbeidde tidlegare i prosessen og av andre enn Norconsult.

Planprosessen for havvindturbinen er heimla både i Energilova og i Plan- og bygningslova. Denne vurderinga inngår i planprosessen og avgjerdslagrunnlaget for m.a. kommunen.

Det er lagt til grunn kjennskap til saka frå andre dokument. Vedlegga inneheld utfyllande bakgrunnsstoff, om m.a. allmenn akustikk og om støy frå vindturbinar.

Slike uavhengige vurderingar er ikkje tydeleg definerte, korkje i tinginga frå oppdragsgjeveren Gulen kommune, eller andre stader.

I tråd med ynskje frå Gulen kommune er det i dette oppdraget lagt mest vekt på vurdering av helsekonsekvensutgreiinga og av støyrapporten for eksisterande industri i området.

Vurderinga er tufta på grunnlag tilsendt frå Gulen kommune. Eiga akustikkfagleg synfaring inngår ikkje i vurderinga, heller ikkje andre typar synfaringar. Det er ikkje gjort eigne lydmålingar som ein del av vurderinga.

I tillegg til dei uavhengige vurderingane er det teke med nokre råd for vidare sakshandsaming.

### 1.2 Helsekonsekvensutgreiinga

Hovudinntrykket av helsekonsekvensutgreiinga (HKU) er godt. Bakgrunnen for slike utgreingar er framstilt godt.

I HKU-en (datert 19. oktober 2023) verkar det som om det er lagt til grunn statistikk for vindretningar og -styrkar i utrekningane av støyen til omgjevnadene. Støyretningslina T-1442 har ein rettleiar. Rettleiaren heiter M-2061, og for vindturbinestøy sitt vedkomande syner han til den tidlegare utgåva M-128. I dette rettleiingsmateriellet står det fleire stader at ein skal leggja til grunn at det alltid bles medvind frå alle vindturbinane til alle mottakarane (faste bustader, fritidsbustader, osv.). Dette er grunnleggjande viktig, fordi det inneber høgare støyutbreiing og altså meir konservativ måte å vurdere støysituasjonen på. I HKU-en er det altså ikkje tydeleg kva vindsituasjon som er lagt til grunn og dette står p.t. som uavklart.

Akustiske eigenskapar til underlaget/marka i reknemodellen er ikkje godt dokumenterte i HKU-en, men i andre dokument finst det slik informasjon – burde det ha vore teke med i HKU-en ogso?

I dette kystlandskapet er det gjerne mindre vegetasjon enn lenger inn i landet, og dermed vert det mindre bakgrunnslyd i form av vindsus i tre/buskar, osv. Bølgjeslag mot land vil òg vera ei kjelde til vind-indusert bakgrunnslyd. Bakgrunnslydar er kjende for å kunne gje maskering av vindturbinestøyen. Dette burde ha vore omtala meir i HKU-en.

Lydeffekt («kjeldestyrke») og å unngå reintonar er viktige parameter i utforming («design») av vindturbinar på land. For havvindturbinar kan dette vera annleis, sidan dei vanlegvis står so langt frå land at dei ikkje fører til overskridingar av aktuelle støygrenser på land / for menneske. Dette burde ha vore omtala i HKU-en.

Lydeffekten til turbinen burde ha vore drøfta grundigare. Det er synt til lydeffekt til ein noko mindre turbin frå same produsent, men dokumentasjon av lydeffekt for den mindre turbinen er ikkje synt. Ekstrapolasjon av data frå den mindre turbinen opp til aktuell turbin er ikkje synt.

Nyare kunnskap om kor viktig det er med tidleg og god nabodialog kunne vore teken med, like eins framlegg om å ta initiativ til breitt samansett gruppe, sjå innovativ drøfting i (King, McKeown, & O'Hora, 2023).

Det er funne nokre mogelege avvik både i omtalen av støy og i omtalen av skuggekast.

### **1.3 Støyrapporten for eksisterande industri i området**

Hovudinstrykket av støyrapporten for industri i området godt.

Det burde ha vore brukt betre måleutstyr, som kunne ha gjeve sikrere indikasjon på vind-indusert støy i mikrofonen. Ein eigen vêrstasjon ville ha gjeve info om vindstyrkar og vindretningar som kunne ha vore brukt til å luka ut måleperiodar med overskridingar av tillaten vind ved slike målingar.

Like eins ville ein med retningsbestemmande måleutstyr kunne ha luka ut støy frå andre område enn Wergeland base.

## Innhald

1.1	Allment	3
1.2	Helsekonsekvensutgreiinga	3
1.3	Støyrapporten for eksisterande industri i området	4
<b>2</b>	<b>Innleiing</b>	<b>7</b>
2.1	Bakgrunn	7
2.2	Føremål	9
2.3	Annan info	9
2.4	Lovvverk	9
<b>3</b>	<b>Metode for vurderinga</b>	<b>10</b>
3.1	Oppgåveforståing	10
3.2	Grunnlag for vurderinga	10
3.3	Avgrensingar i vurderinga	10
<b>4</b>	<b>Supplerande bakgrunnsstoff om vindturbinestøy</b>	<b>12</b>
4.1	Føremål	12
4.2	Allment om støy frå store vindturbinar	12
4.3	Litt om akustiske og psykoakustiske effektar av havbylgjer	12
<b>5</b>	<b>Vurderingsobjekta og vurderingsresultata</b>	<b>13</b>
5.1	Helsekonsekvensutgreiinga av 19. oktober 2023	13
5.1.1	Overordna vurdering	13
5.1.2	Vurdering av einskildpunkt	14
5.2	Støyrapport for eksisterande industri i området, av 25.9.2023	15
5.2.1	Overordna vurdering	15
5.2.2	Vurdering av einskildpunkt	15
<b>6</b>	<b>Råd for vidare sakshandsaming</b>	<b>17</b>
6.1	Føremål	17
6.2	Reintonar/tonalitet	17
6.3	Døme på avbøtande tiltak ved eventuelle overskridingar av støygrenser	17
6.3.1	Driftstidsavgrensingar	17
6.3.2	Støyreduserte driftstilstandar	17
6.3.3	Tiltak på rotorblada	17
<b>7</b>	<b>Referansar</b>	<b>18</b>
<b>Vedlegg A</b>	<b>Litt allmenn lydlære</b>	<b>20</b>
A.1	Lyd vs. støy	20
A.2	Desibel	20
A.3	Vekting	20

A.4	Frekvens, oktavband og 1/3-oktavband.	20
A.5	Lydeffekt	20
A.6	Korttidsmidla lydtrykknivå	21
A.7	Årsmidla lydtrykknivå	21
A.8	Maksimalt lydtrykknivå	22
A.9	Litt om lydtrykknivå	22
A.10	Litt om endring i lydtrykknivå – og <i>oppleving</i> av endringar	22
A.11	Opplevd plage frå støy	23
A.12	Innfallande lydtrykknivå	23
A.13	Litt om lydutbreiing i ulike vêrtilhøve	23
<b>Vedlegg B</b>	<b>Andre nasjonale føringar som regulerer støy</b>	<b>25</b>
B.1	Innleiing	25
B.2	Lov om folkehelsearbeid (Folkehelseloven) med tilhøyrande nasjonal forskrift	25
B.3	Lov om rettshøve mellom grannar (Grannelova)	25
B.4	Lov om helligdager og helligdagsfred	26
B.5	Retningsliner om born og planleggjing	26
<b>Vedlegg C</b>	<b>Utfyllande informasjon</b>	<b>27</b>
C.1	Nærare om korleis vindturbinar støyar	27
C.2	Skisse til metode for å estimera lydeffekt til vindturbinar som er større enn dagens	29
C.3	Kunnskap om støy frå vindturbinar – kvar står me?	30
C.3.1	<i>Regelmessige internasjonale vitskaplege konferansar</i>	30
C.3.2	<i>Eventuelle effektar ved lågare støy enn den tilrådde grenseverdien</i>	31
C.3.3	<i>Annan kjend nyare litteratur</i>	31
C.4	Litt om støy frå vindturbinar samanlikna med støy frå andre utandørskjelder	32
C.5	Litt om rytmiske variasjonar i lydar frå vindturbinar og vindkraftverk (AM-effektar)	34
C.6	Litt om reintonar («tonalitet») i lydar frå vindturbinar	34
C.7	Litt om variasjon av lydtrykket på bakken kring turbinen	34
C.8	Litt om variasjon i plagegrad som funksjon av variasjonar i turtal	35
C.9	Litt om lågfrekvent lyd og infralyd frå vindturbinar	35
<b>Vedlegg D</b>	<b>Nærare om arbeidet</b>	<b>37</b>
D.1	Kvalitetssikring	37
D.2	Gildskap og annan etikk	37

## 2 Innleiing

### 2.1 Bakgrunn

På oppdrag frå Gulen kommune har rådgjevarar i Norconsult Norge AS fagvurdert dokument som tek føre seg støy og andre helsekonsekvensar i samband med ein eventuell havvindturbin sett opp på land mellom Stongeneset og Mekevikane i Sløvåg i Gulen kommune i Vestland fylke. Arbeidet er forenkla, men me har prøvd å få fram tema som me vurderer som dei viktigaste. Dokumenta som er vurderte er utarbeidde tidlegare i prosessen og av andre enn Norconsult.

Arbeidet kom i stand som fylgje av førespurnad frå Gulen kommune i e-post av 16. februar 2024, og seinare tinging. Kontaktpersonen i Gulen kommune for arbeidet har vore Kjell Anders Reigstad. Me takkar for tilliten og oppdraget.

Omsøkt plassering går fram av figuren nedanfor.



Figur 1 Oversikt over vurderte utbyggingsalternativ. Kjelde: Konesjonssøknaden (Georgine Wind AS, 2023-12-20), med eiga påteikning for å gjera omsøkt plassering tydelegare.



## 2.2 Føremål

Planprosessen for havvindturbinen er heimla både i Energilova og i Plan- og bygningslova. Denne vurderinga inngår i planprosessen og avgjerdslegrunnlaget for m.a. kommunen.

## 2.3 Annan info

Framsidediletet er henta frå konsesjonssøknaden (Georgine Wind AS, 2023-12-20), og er ei visualisering av ein mogeleg turbin, sett frå Knarrvika i Alver kommune.

Det er lagt til grunn kjennskap til Sløvåg og områda kring.

Vedlegga inneheld utfyllande bakgrunnsstoff, om m.a. akustikk.

Sitat er i denne rapporten sette innanfor hermeteikn og i [blå skrift](#).

## 2.4 Lovverk




Planprosessen (konsesjon, løyve til tiltaket, osv.) med havvindturbinen er altso heimla i to lover, Energilova og Plan- og bygningslova. NVE er planmynde for Energilova, medan Gulen kommune er planmynde for Plan- og bygningslova. Utfyllande informasjon om dette finst i andre dokument i saka.

## 3 Metode for vurderinga

### 3.1 Oppgåveforståing

Slike uavhengige vurderingar er ikkje tydeleg definerte, korkje i tinginga frå oppdragsgjevaren Gulen kommune, eller andre stader, so vidt me kjenner til. I dette oppdraget har me støtta oss på oppsettet i kapittel 14 i byggesaksforskriften (SAK10), med den tilhøyrande rettleiaren, so langt som me finn det relevant<sup>1</sup>. Me har òg støtta oss på føringane i kapittel 24 i Plan- og bygningslova. Tips er henta frå Statens vegvesen sin vegnormal N200. I denne vurderinga er vurderingsemne kategoriserte som spesifisert i tabellen nedanfor.

Tabell 1 – Kategorisering av vurderingsemne.

Kategori	Farge	Fagleg vurdering
Råd		Råd, svar trengst ikkje.
Merknad		Det ligg føre eit potensiale for forbetring.
Mogeleg avvik		Mogeleg avvik frå nasjonale føringar/krav.

### 3.2 Grunnlag for vurderinga

I tråd med ynskje frå Gulen kommune er det i dette oppdraget lagt mest vekt på vurdering av helsekonsekvensutgreiing og av støyrapport for eksisterande industri i området. Desse er nærare spesifiserte tabellen nedanfor. I tillegg inngår konsesjonssøknad og konsekvensutgreiing, båe spesifiserte med grå skrift i tabellen nedanfor – desse er gjennomgått forenkla.

Tabell 2 – Det skriftlege grunnlaget for denne vurderinga. Grunnlag som er gjennomgått forenkla er lista med grå skrift.

Fil/skildring	Datert	Oversendt	Laga av	Sendt av
Helsekonsekvensutgreiing konsesjon.pdf (Multiconsult Norge AS, 2023-10-19)	2023-10-19	2024-02-16	Multiconsult	GK
Wergeland Base - støylogging mai-september 2023.pdf (Multiconsult Norge AS, 2023-09-25)	2023-09-25	2024-02-16	Multiconsult	GK
Konsekvensutredningen.pdf (Multiconsult Norge AS, 2023-12-20)	2023-12-20	2024-02-16	Multiconsult	GK
Konsesjonssøknad.pdf (Georgine Wind AS, 2023-12-20)	2023-12-20	2024-02-16	Georgine Wind AS	GK
vedlegg 12 støy windpro side 25-50.pdf	(2023-12-20)	2024-03-20	Multiconsult	GK
220211 Abstratct_AcousticNoiseTestReport SE20011B1_HalliadeX_NO_IEC_rev3.pdf	2020-04-24	2024-04-04	Windtest Grevenbroich GmbH	GK

### 3.3 Avgrensingar i vurderinga

Fylgjande avgrensingar gjeld for oppdraget med vurderinga:

- Vurderinga er tufta på grunnlag tilsendt frå Gulen kommune, sjå ovanfor.

<sup>1</sup> Den nemnde forskrifta er heimla i Plan- og bygningslova.

- Eiga akustikkfagleg synfaring inngår *ikkje* i vurderinga, heller ikkje andre typar synfaringar.
- Det er *ikkje* gjort eigne lydmålingar som ein del av vurderinga.
- Opplysningar om bygningstype (t.d. fritidsbustader og faste bustader vs. næringsbygg) er henta frå det tilsende grunnlaget. Det er ikkje føreteke kvalitetssikring og/eller oppdatering av bygningsopplysningane opp mot andre kjelder. Merknad: Ajourføring og anna vedlikehald av matrikkelen er eit statleg og kommunalt ansvar, jmfør § 5 a i lov om eigedomsregistrering (Matrikkellova).

## 4 Supplerande bakgrunnsstoff om vindturbinestøy

### 4.1 Føremål

Dette kapittelet er meint som supplering av omtalen av vindturbinestøy i tidlegare utarbeidde dokument i denne saka. M.a. inneheld dette kapittelet omtale av nokre skilnadar mellom dagens vanlege vindturbinar og planlagd ny havvindturbin.

### 4.2 Allment om støy frå store vindturbinar

Støy frå vindturbinar kan skildrast som breibandslyd, dvs. lyden inneheld energi i mange ulike frekvensar. Den kraftigaste lydkjelda på ein vindturbin er oftast turbulensar/kvervlar i lufta rett bak rotorblada (Oerlemans, Fisher, Maeder, & Kögler, 2009). Dette er lydar med mellomhøg frekvens.

Lågfrekvensdelen av lyden frå vindturbinar skuldast hovudsakleg dei største delane på vindturbinen, slik som tårnet og rotorblada. Med aukande storleik på desse delane aukar òg den delen av lyden som er lågfrekvent – dette har med geometri og fysikk å gjera, og er dermed uavhengig av fabrikkat. Det vil soleis vera rimeleg å gå ut frå at framtidige og større vindturbinar kjem til å gje meir lågfrekvent lyd enn dagens vindturbinar.

Lågfrekvent lyd har mindre demping over avstand enn det som mellom- og høgfrekvent lyd har. Ved elles like tilhøve (inkludert den same eintalsverdien for lydeffekt) vil altså framtidige store vindturbinar gje støy over eit større geografisk område enn dagens vindturbinar.

Utfyllande informasjon om korleis vindturbinlyden vert laga finst i vedlegg C.

### 4.3 Litt om akustiske og psykoakustiske effektar av havbylgjer

Det kjent at ved sterk vind kan naturleg førekomande lydar frå bylgjer på havet eller bylgjer som bryt mot land vera sterke og ha eit potensiale til å maskera lydar frå vindturbinar. Dette er studert m.a. av Bolin, m. fl. (Bolin, et al., 2012). Den studien omhandlar ikkje spesifikt lågfrekvenslyd og det er soleis uvisst kor relevant studien er for store vindturbinar (sjå ovanfor). Lyd frå bylgjer er studert spesifikt i ein studie frå 2010 (Bolin & Åbom, 2010). Tilhøvet mellom direkte vind-induserte bylgjer (som har relativt lita bølgjelengd) og dønningar (som har større bølgjelengder) påverkar nok ogso eventuell maskering. Dønningar vert laga over store, opne havstrekkejer. Dønningar/bylgjer kan sjølvstøtt vara ei stund etter at vinden har stilna, og i tida fram til at dønningane/bylgjene ogso stilnar kan slik lydmaskering vera mindre enn i periodar med stabil vind. Omvendt kan dønningar/bylgjer byggjast seinare opp over tid enn vind, slik at det vil vera mindre dønningar/bylgjer i ei tid etter at det byrjar å blåsa att.

## 5 Vurderingsobjekta og vurderingsresultata

### 5.1 Helsekonsekvensutgreiinga av 19. oktober 2023

#### 5.1.1 Overordna vurdering

Hovudintrykket av helsekonsekvensutgreiinga (HKU) er godt. Bakgrunnen for slike utgreiingar er framstilt godt.

Merknad: Me vurderer det slik at det ligg utanfor mandatet til utgreiarane å definera sjølve omgrepet helse. I utgreiinga er det synt til definisjonen som den norske regjeringa brukar, og som stammar frå WHO sine vedtekter attende heilt til år 1946: «Ein tilstand av fullstendig fysisk, mentalt og sosialt velvære og ikkje berre fråvær av sjukdom og lyte». Den definisjonen av helse er streng, og om ein tek den definisjonen bokstaveleg er det knappast nokon som har helse. Ei allmenn drøfting av helse-omgrepet finst her:

<https://sml.snø.no/helse>

Det er ikkje opplagt at WHO-definisjonen eignar seg for regulering/grensesetjing av vindturbinstøy i omgjevnadene. Støyplage er kanskje ikkje eit direkte helseproblem, men meir ein risikofaktor for stress, nett som søvnforstyringar er ein risikofaktor for dårleg helse.

I HKU-en (datert 19. oktober 2023) verkar det som om det er lagt til grunn statistikk for vindretningar og -styrkar i utrekningane av støyen til omgjevnadene. Støyretningslina T-1442 har ein rettleiar. Rettleiaren heiter M-2061, og for vindturbinstøy sitt vedkomande syner han til den tidlegare utgåva M-128. I dette rettleiingsmateriellet står det fleire stader at ein skal leggja til grunn at det alltid bles medvind frå alle vindturbinane til alle mottakarane (faste bustader, fritidsbustader, osv.). Dette er grunnleggjande viktig, fordi det inneber høgare støyutbreiing og altso meir konservativ måte å vurdere støysituasjonen på. Konesjonssøknaden er datert 20. desember 2023, der er det vist til eit vedlegg 12, «Utskrift av støyberegningen i WinPro (Multiconsult, 2023)» I støyutrekningane i vedlegg 12, daterte 20. desember 2023 verkar det som om det er lagt til grunn medvindstilhøve som skildra ovanfor: «All receptors downwind», det er i alle fall slike medvindstilhøve som skal leggjast til grunn. *Utrekningane i vedlegg 12 syner at seks mottakarpunkt får overskriding av grenseverdien  $L_{den} = 45$  dB*: Burde det ha vore opplyst kva desse mottakarpunkta er? Det ser ikkje ut til å vera faste bustader og/eller fritidstidsbustader, og i so fall kan dei vurderast utelatne frå presentasjonen.

Akustiske eigenskapar til underlaget/marka i reknemodellen er ikkje godt dokumenterte i HKU-en, men i andre dokument finst det slik informasjon – burde det ha vore teke med i HKU-en ogso? Vassflater er akustiske harde/reflekterande, medan dyrka mark, skog, osv. er akustisk mjukare. Planerte område, bergflater, osv. er gjerne ein mellomting. Rettleiingsmateriellet til støyretningslina har nokso detaljert spesifikasjon av korleis reknemodellar skal dokumenterast, og me saknar slik allmenn dokumentasjon i HKU-en.

I dette kystlandskapet er det gjerne mindre vegetasjon enn lenger inn i landet, og dermed vert det mindre bakgrunnslyd i form av vindsus i tre/buskar, osv. Bølgjeslag mot land vil òg vera ei kjelde til vind-indusert bakgrunnslyd. Bakgrunnslydar er kjende for å kunne gje maskering av vindturbinstøyen. Dette burde ha vore omtala meir i HKU-en.

Lydeffekt («kjeldestyrke») og å unngå reintonar er viktige parameter i utforming («design») av vindturbinar på land. For havvindturbinar kan dette vera annleis, sidan dei vanlegvis står so langt frå land at dei ikkje fører til overskridingar av aktuelle støygrenser på land / for menneske. Dette burde ha vore omtala i HKU-en.

Lydeffekten til turbinen burde ha vore drøfta grundigare. Det er synt til lydeffekt til ein noko mindre turbin frå same produsent, men dokumentasjon av lydeffekt for den mindre turbinen er ikkje synt. Ekstrapolasjon av data frå den mindre turbinen opp til aktuell turbin er ikkje synt. I ettertid har me fått tilsendt dokumentasjon av lydeffekt for den mindre turbinen.

I dag finst det ein 15 MW-turbin, frå produsenten Vestas. Dei oppgjev lydeffekten til å vera 115,3 dB. Ekstrapoleringar av Norconsult, tufta på metode i (Møller & Pedersen, 2010) tyder på at ein kan venta seg ein lydeffekt på om lag 115 dB frå ein turbin på 18 MW. Soleis kan det vera grunn til å vurdere å leggja til grunn ein noko høgare lydeffekt for turbinen enn det som er gjort i HKU-en og andre dokument i denne saka. I vedlegg C i dette dokumentet er det synt ekstrapolering, saman med annan teknisk tilleggsinformasjon. Ein nyare studie tyder derimot på at lydeffekten ikkje aukar like mykje med aukande elektrisk effekt like mykje for verkeleg store vindturbinar for bruk på land (van den Berg, Koppen, van Wezel, & Velthuisen, 2023). I den studien er ikkje havvindturbinar nemnde.

I HKU-en og andre dokument i saka er det brukt eigne nemningar på bygg/eigedommar, i form av bokstavkodar. HKU-en ville nok ha vorte lettare å lesa om det vart brukt vanlege nemningar for eigedommar, t.d. adresser, gnr./bnr., bygningsnummer eller andre allment kjende former for identifikasjon utover dei opplyste koordinatane for punkta.

Nyare kunnskap om kor viktig det er med tidleg og god nabodialog kunne vore teken med, like eins framlegg om å ta initiativ til breitt samansett gruppe, sjå innovativ drøfting i (King, McKeown, & O'Hora, 2023).

### 5.1.2 Vurdering av einskildpunkt

I tabellen nedanfor syner me vurderingsemne i helsekonsekvensutgreiinga (Multiconsult Norge AS, 2023-10-19). Det er berre emne me har spørsmål til som er tekne med her.

Tabell 3. Vurderingsemne i helsekonsekvensutgreiinga (Multiconsult Norge AS, 2023-10-19).

Mrk. nr.	Kap.	Side	Vurderingsemne og skildring	Kategori
1	3	8	Det er lagt til grunn lydeffekt («kjeldestyrke»), $L_{WA} = 114,5$ dB for turbinen i helsekonsekvensutgreiinga (HKU). I HKU-en er det synt til kap. 10 om støy i konsekvensutgreiinga (KU). I KU-en er det derimot lagt til grunn lydeffekt, $L_{WA} = 113,9$ dB, altså 0,6 dB mindre lydeffekt – under elles like tilhøve vil ein 0,6 dB meir støyande vindturbin gje 0,6 dB høgare støy i omgjevnadene.	Mogeleg avvik
2	3	8	Hus og/eller hytter kan få overskridingar av grenseverdien på $L_{den} = 45$ dB, sjå ovanfor.	Mogeleg avvik
3	3	8	Omtalen av verste-tilfellet og kva som skal leggjast til grunn ved samanlikning med grenseverdiar er uklart formulert. Helseplager vert vurderte opp mot ein grenseverdi, etter m.a. dose-respons-samanhengar, der eksponeringa er føresettt kjend.	Merknad
4	3.1	10	I omtalen av tilrådingane frå WHO om å bruka $L_{den} = 45$ dB som grenseverdi står det at WHO rår til å bruka denne grensa utan vilkår, medan det som faktisk står i tilrådinga frå WHO er å bruka denne grensa med vilkår («Conditional»): «Recommendations For average noise exposure, the GDG conditionally recommends reducing noise levels produced by wind turbines below 45 dB $L_{den}$ , as wind turbine noise above this level is associated with adverse health effects.», henta frå tilrådingane på side 77 i (World Health Organization (WHO), 2018). Denne tilrådinga	Merknad

Mrk. nr.	Kap.	Side	Vurderingsemne og skildring	Kategori
			samsvarar godt med resten av omtalen av vindturbinstøy i denne WHO-retningslina. Det er svært få land som brukar $L_{den}$ som indikator for vindturbinstøy, og det er langt frå opplagt at den indikatoren er den beste.	
5	3.2	11	I den fyrste setninga her verkar det som om forfattaren blandar prognosar for støyutbreiing med estimat for lydeffekt («kjeldestyrke»). Prognosar for støyutbreiing og estimat for lydeffekt har begge sine uvisser. Støyutbreiing vert vanlegvis prognosert av rådgjevarar, medan turbinprodusenten vanlegvis står for estimering av lydeffekten – som er ein inngangsverdi til støyprognosar. Estimater for faktisk framtidig lydeffekt frå turbinen <i>kan</i> vera laga konservativt, medan støyutbreiing <i>skal</i> vera konservativt utrekna her i landet.	Råd
6	4.2	12	Skuggekast ved fritidsbustader og bustader vert nemnde, men det er utelate merknad om tid med skuggekast over grenseverdiane for kontorbygg og arbeidshotell som er nemnde i konsesjonssøknaden. Det er ikkje nemnt kvifor dette er utelate.	Mogeleg avvik
7	4.2	12	WindPRO-utskriftene for SHADOW i «vedlegg 12 støy windpro side 25-50.pdf» viser produksjonstid for turbinane som ikkje samsvarar med produksjonstida i PARK-utskriftene. Begge er over dei 7000 timar som er tilrådde i rettleiaren.	Merknad
8	4.2	12	WindPRO-utskriftene for SHADOW i «vedlegg 12 støy windpro side 25-50.pdf» viser at det er nytta månadleg sannsyn for solskinnstimar frå ein stasjon som avviker frå verdien 0,5 definert i rettleiaren for skuggekast.	Avvik
9	5.2	15	Hinderljøsmerking ved lågt skydekke er omtala, men kunne med fordel ha vore grundigare handsama.	Råd

## 5.2 Støyrapport for eksisterande industri i området, av 25.9.2023

### 5.2.1 Overordna vurdering

Hovudintrykket av støyrapporten for industri i området godt.

Det burde ha vore brukt betre måleutstyr, som kunne ha gjeve sikrere indikasjon på vind-indusert støy i mikrofonen. Ein eigen vêrstasjon ville ha gjeve info om vindstyrkar og vindretningar som kunne ha vore brukt til å luka ut måleperiodar med overskridingar av tillaten vind ved slike målingar.

Like eins ville ein med retningsbestemmande måleutstyr kunne ha luka ut støy frå andre område enn Wergeland base.

### 5.2.2 Vurdering av einskildpunkt

I tabellen nedanfor syner me funna våre etter vurderinga av støyrapporten for den eksisterande industrien i området (Multiconsult Norge AS, 2023-09-25).

Tabell 4. Funn i støyrapporten for eksisterande industri (Multiconsult Norge AS, 2023-09-25).

Mrk. nr.	Kap.	Side	Vurderingsemne og skildring	Kategori
1	2	5	Det burde ha vore brukt måleutstyr som handterer maksimalstøy på ein betre måte, slik at ein kunne dokumentert eventuelle overskridingar av grenseverdiane.	Mogeleg avvik
2	2	5	Målemetoden for målingar frå industri er M-290 frå Miljødirektoratet. Er denne metoden brukt?	Mogeleg avvik
3	3	5	Dei siterte grenseverdiane er gjevne som $\leq$ . Dette er logiske feilar i den gjeldande utgåva av støyretningslina T-1442, og burde ha vore kommentert.	Merknad
4	3	6	Maksimalstøy, sjå mrk. nr. 1.	Mogeleg avvik
5	4	6	Vegetasjon har svært sjeldan påverknad på lydutbreiinga, i alle fall langs lydbanen frå ei støykjelde til ein mottakar. Lokalt ved ein mottakar kan det stilla seg litt annleis. Vegetasjon burde ha vore omtala noko grundigare.	Råd
6	6.2	9	Støy frå sprenging er ikkje regulert, det burde ha vore nemnt. Likevel er rådet om unngå sprenging om natta nyttig.	Råd



## 6 Råd for vidare sakshandsaming

### 6.1 Føremål

Ut over merknadane ovanfor har me nokre råd for vidare sakshandsaming. Desse er ikkje uttømande.

### 6.2 Reintonar/tonalitet

Som nemnt ovanfor er det viktig å unngå tydelege reintonar frå ein eventuell turbin, fordi slike har større plagepotensiale enn meir breibanda vindturbinestøy. Typiske kjelder til reintonar frå vindturbinar er kjølevifter, servomotorar og anna hjelpemaskineri. Girboksar til turbinar har ogso lett for å gje reintonestøy, men so vidt kjent skal ikkje ein eventuell turbin i Sløvåg få girboks, han vert altso direkte-driven.

### 6.3 Døme på avbøtande tiltak ved eventuelle overskridningar av støygrenser

#### 6.3.1 Driftstidsavgrensingar

Det er kjent at støy seint på kvelden og tidleg om natta har større plagepotensiale enn støy resten av døgnet, grunna den sårbare tida kring innsovning. Ein kan soleis vurdere å t.d. påleggja redusert driftstid eller ein eigen grenseverdi for støy om natta / sein kveld.

#### 6.3.2 Støyreduserte driftstilstandar

Vindturbinar på land kan ofte køyrast i støyreduserte driftstilstandar i heile eller delar av døgnet – dette er kanskje ikkje so vanleg for havvindturbinar. Planlagd havvindturbin bør ha fungerande og testa støyreduserte driftstilstandar ved installasjon, slik at ein unngår å måtte utvikla slike endringar etter ein eventuell installasjon i Sløvåg.

#### 6.3.3 Tiltak på rotorblada

Sokalla augnevipper («dino tails») kan ofte monterast i bak-kanten på rotorblada – dei kan minka turbulensen og dermed støyproduksjonen i bak-kanten av rotorblada. Like eins finst det andre løysingar for å minska turbulensen og dermed støyproduksjonen kring blada. Dei ulike effektane er omtala i vedlegg C.

## 7 Referansar

- Bertagnolio, F., Fischer, A., Appel, C., & Herr, M. (2023). Wind turbine noise code benchmark: A comparison and verification exercise. *10th International Conference on wind turbine noise*. Dublin: INCE Europe.
- Bolin, K., & Åbom, M. (2010). Air-borne sound generated by sea waves. *Journal of the Acoustical society of America*, 127, 2771-2779.
- Bolin, K., Kedhammar, A., & Nilsson, M. E. (2012). *The influence of background sounds on loudness and annoyance of wind turbine noise*. Acta Acustica united with Acustica.
- Brekke & Strand akustikk AS. (18.8.2023). *Rekefjord Stone, Støykartlegging*. Stavanger: Brekke & Strand akustikk AS.
- Busse, M. (2021). The (psychoacoustic) basics of tonality perception. *9th International Conference Wind turbine noise*. (ss. 64-72). INCE Europe.
- Catcheslide, P., Lechat, B., & Zajamsek, B. (2023). Wind farm compared to road traffic noise onset induced arousal responses during sleep. *10th International Conference on wind turbine noise*. Dublin: INCE Europe.
- Den norske regjeringa. (2011). Temaveileder Uttak av mineralske forekomster og planlegging etter plan- og bygningsloven. Den norske regjeringa.
- Environmental noise from industrial plants. General prediction method. (1982). *Report no. 32*. Teknisk rapport, Danish acoustical laboratory.
- Georgine Wind AS. (2023-12-20). *Konsesjonssøknad: Testlokasjon for havvindturbin i Sløvåg, Gulen*. Oslo: Georgine Wind AS.
- Hübner, G., Müller, F. J., & Pohl, J. (2023). Analysis of Mitigation Measures for Wind Turbine Noise Annoyance – A field experiment in the interdisciplinary project . *10th International Conference on wind turbine noise*. Dublin: INCE Europe.
- IEC 61400-11 Wind turbines - Part 11: Acoustic noise measurement techniques. (2018). Geneva: IEC Central office.
- INCE Europe. (2023). Wind turbine noise 2023. *10th International Conference Wind Turbine Noise*. Dublin: INCE Europe.
- Jakobsen, S. B., Bølling, J. K., & Bjerkestrand, E. (2018). *Nasjonal ramme for vindkraft - Temarapport om nabovirkninger*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- King, E. A., McKeown, E., & O'Hora, D. (2023). Socio-psychological effects of wind turbine noise: Research activities of IEA Wind TCP Task 39 (Work Packages 4 & 5). *10th International Conference on wind turbine noise*. Dublin: INCE Europe.
- Klima- og forurensningsdirektoratet/Multiconsult AS. (19.11.2010). *SOSI produktspesifikasjoner for støy med veiledning*. Oslo: Klima- og forurensningsdirektoratet/Multiconsult AS.
- Klima- og miljødepartementet. (2021, Juni 11). Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging (T-1442/2021). Oslo: Klima- og miljødepartementet.
- Kurakata, K., & Mizunami, T. (2008). The statistical distribution of normal hearing thresholds for low frequency tones. *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control* 27, 97-104.

- Lov om eigedomsregistrering (matrikkellova). (2005/2022). Oslo: Kommunal- og distriktsdepartementet.
- Multiconsult Norge AS. (2023-09-25). *Rapport: Wergeland Base - støylogging*. Multiconsult Norge AS.
- Multiconsult Norge AS. (2023-10-19). *Rapport: Helsekonsekvensutredning for havvindturbin i Sløvåg, Gulen*. Drammen: Multiconsult Norge AS.
- Multiconsult Norge AS. (2023-12-20). *Konsekvensutredning: Testlokasjon for havvindturbin i Sløvåt, Gulen*. Ålesund: Multiconsult Norge AS.
- Møller, H., & Pedersen, S. C. (2010). *Low-frequency noise from large wind turbines*. Acustical Society of America.
- Nord, R., & et.al. (2014). *Lista vindkraftverk i Farsund kommune - Støymålinger*. Sweci Norge AS, rapport 464721.
- Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). (2019, november 5). Beregning av støy fra vindkraftverk skal utføres i tråd med oppdatert veileder M-128. -. Oslo, Noreg: -.
- Oerlemans, S., Fisher, M., Maeder, T., & Kögler, K. (2009). Reduction of Wind Turbine Noise Using Optimized Airfoils and Trailing-Edge Serrations. *AIAA Journal*, ss. 1470-1481.
- Statsforvalteren i Rogaland. (24.8.2023, august 24). Vedtak om pålegg om undersøkelser - Gjennomføring av tredjepartskontroll av støykartlegging, ref. 2022/11716. Stavanger: Statsforvalteren i Rogaland.
- Sundfør, H., & et.al. (2015). *Befolkningsreaksjoner på vindmøllestøy - Vindmølleparken på Lista 2015*. Transportøkonomisk Institutt (TØI).
- van den Berg, F., Koppen, E., van Wezel, C., & Velthuijsen, S. (2023). Evolution of sound production of onshore wind turbines. *10th International Conference on wind turbine noise*. Dublin: INCE Europe.
- van Kamp, I., & van den Berg, F. (2021). Health Effects Related to Wind Turbine Sound: An Update. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 1-29.
- Wilson, D. K., Pettit, C. L., & Ostashev, V. E. (2015). *Sound propagation in the atmospheric boundary layer*. Acustical Society of America.
- World Health Organization (WHO). (2018). *Environmental Noise Guidelines for the European Region*. København: WHO.

## Vedlegg A Litt allmenn lydlære

### A.1 Lyd vs. støy

I denne rapporten vert omgrepa «lyd» og «støy» brukte om ein annan. Støy vert vanlegvis definert som uynskt lyd.

### A.2 Desibel

Alle lydnivåa her vert gjevne som tal (i desibel, og forkorta til dB) i forhold til høyreterskelen for eit friskt og nokso ungt øyre.

### A.3 Vekting

Dei fleste lydane som me høyrer er samansette av mange ulike frekvensar. For å 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 best 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 lydstyrken. Denne vektinga vert kalla A-vekting og eignar seg godt for å skildra opplevinga av «enkle» lydar av svak og middels styrke. Til info: A-vektinga eignar seg mindre godt for å skildra opplevinga av samansette lydar, sterke lydar eller slaglydar (impulsive lydar).

Alle lydnivåa i denne rapporten er A-vekta lydnivå. Til info: Det finst ogso andre vektingar, m.a. C-vekting, brukte m.a. i arbeidsmiljøsamaheng.

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 nokso tidleg, før overføring til høgare funksjonar (tolking, taleforståing, osv.) i hjernen. Høyrsla vår handsamar lydar altså både i *frekvensdomenet* (som spektervariasjonar) og i *tidsdomenet* (som styrkevariasjonar over tid).

### A.4 Frekvens, oktavband og 1/3-oktavband.

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, samla saman 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 og dermed oktavbandnamn: 125 Hz, 250 Hz, 1 kHz, 2 kHz, osv. Om ein ynskjer finare inndeling av lydspekteret kan ein bruka 1/3-oktavar eller endå mindre oppdelingar. Omvendt kan ein «slå saman» den målte eller utrekna lyden i dei ulike banda til *eintalsverdiar*. Dette kan gjerast for lydtrykk, for lydeffekt, m.v. Slike eintalsverdiar seier altså noko om samla lyd, men ein misser informasjon om spekteret, dvs. fordelinga mellom bass, mellomtone og diskant.

### A.5 Lydeffekt

Prosessar, maskiner og anna utstyr 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 nedanfor). Lydeffekten er oftast gjeven som eit nivå/*forholdstal* i desibel (forkorta til dB) samanlikna med 1 pW (picowatt). Når ein kjenner lydeffekten til maskina kan ein rekna ut lydtrykknivået i alle avstandar frå maskina. Det er vanleg å ta med «W» for «watt» i nemninga for lydeffektnivå, som dermed vert

heitande  $L_{WA}$ . Til info: Alle støyande maskiner som oppfyller EU sitt maskindirektiv (direktiv 2000/14EC) skal vera merkte med  $L_{WA}$ .

*Lyd har liten effekt:* Som døme kan nemnast at utandørs rockekonsertar gjerne har lydeffekt  $\approx 0,1$  W, svarande til eit lydeffektnivå på 110 dB. Ei typisk bensindriven motorsag (Stihl MS 261) har lydeffekt 0,4 W, svarande til eit lydeffektnivå på 116 dB. Ein normal moderne vindturbin (Vestas V163) med elektrisk effekt på 4,5 MW har lydeffekt 0,04 W, svarande til eit lydeffektnivå på 106 dB. Kjøleskåp og dempa menneskerøyst har  $\approx 100$  nW (nanowatt). Det er lett å høyra både rockekonsertar og motorsager på stor avstand, sjølv om altso effektane er svært små samanlikna med t.d. varmekjelder (omnar, osv.). Det tyder altso at me høyrrer lydar svært lett. *Høyrsla er ein god sans!*

## A.6 Korttidsmidla lydtrykknivå

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

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

Døme 1:  $L_{p,A,ekv30min}$  er det gjennomsnittlege støynivået over 30 minutt.

Døme 2:  $L_{p,A,ekv8t23-07}$  er støynivået midla over ei natt som startar kl. 23 og sluttar kl. 7 neste morgon, dvs. 8 timar.

Døme 3:  $L_{p,A,24h}$  er støynivået midla over eit døger.

## A.7 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 vert altso vekta meir enn støy på dagtid før samanlikning med grenseverdiar. Dette mellom anna for å sikra betre vern mot mellom anna søvnforstyrningar.

For nesten alle praktiske føremål er  $L_{den}$  ein *utrekna* verdi, altso *ikkje* ein målt verdi. For å *måla*  $L_{den}$  trengst det målingar over svært lang tid (veker/månader/år). Slike langtidsmålingar av  $L_{den}$  for ei støykjelde (t.d. veg, jernbane, industri, vindkraftverk) er krevjande, ogso fordi ein må luka bort andre lydkjelder som kan påverka langtidsmålingane (t.d. hundeglam, fuglelydar, menneskerøyster, osv.). I situasjonar med låge støynivå (t.d. frå vindkraftverk i typiske avstandar til bustadhus) vert denne utlukinga/analysen ekstra krevjande. For andre støykjelder, t.d. vegtrafikk, vil måling av  $L_{den}$  vera enklare, men framleis omfattande/dyrt.

Utrekningar kan ogso gje oss lydtrykknivå for ein situasjon som enno ikkje finst, t.d. for ein reguleringsplan for ein ny veg eller på ein bustadfasade på eit planlagt bygg.

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

Til info: Dersom ei lydkjelde 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 lydtrykknivået ( $L_{p,A,24h}$ ).

## A.8 Maksimalt lydtryknivå

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

## A.9 Litt om lydtryknivå

180 dB	– Kanonskot, trommehinna sprekk
120–130 dB	– Smerteterskel
105–125 dB	– Typisk høg rockekonsert
100–110 dB	– Plateverkstad
90–115 dB	– Typisk diskotek
80–100 dB	– Mindre, lågmælt liveband
50–70 dB	– Samtale, ved øyret på lydaren
50–60 dB	– Roleg restaurant, bakgrunnsmusikk
20–30 dB	– Kviskring, ved øyret på lydaren
15–30 dB	– Stille innspelingsstudio, ingen aktivitet

0 dB er vanleg å gje som nedre grense (høyreterskel), gjeld for eit friskt & ungt øyre og enkel lyd ved 1 kHz. Ei øvre grense er vanskelegare å gje, men det ligg altså ein sokalla «smerteterskel» ein stad mellom 120 og 130 dB. Lydtryknivå over 80 dB kan vera skadelege over lang tid. <sup>2</sup>

*Merknad:* Grenseverdiar for utandørs støy i norsk støyregelverk, m.a. T-1442, er ikkje grenseverdiar for direkte helseskade, men meir grenser for komfort. Lydtrykk høge nok til å gje potensiale for direkte helseskadar er regulerte m.a. i Arbeidsmiljøloven.

Lydtryknivå over 120 dB er høyrselsskadelege, sjølv ved kort eksponering. Evna til å tola høge lydtryknivå varierer mykje frå person til person, men storleiken til desse forskjellane er fyrst nokso nyleg vortne kjend for vitenskapen. I dei siste åra har ogso 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 gå ut frå at ein del av høyrselsskadane som ein før tenkte skuldast langvarig eksponering for mellomhøge lydtryknivå kanskje skuldast høge impulslydar i staden for, t.d. på industriarbeidsplassar. Menneskeøyra har svært lita evne til å lækja seg sjølv etter langtids nedsett høyrsele, so høyrselsskadar kan verta permanente.

## A.10 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 oppfatar 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.

---

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

## A.11 Opplevd plage frå støy

Opplevd plage frå ei lydskjelde vil vera avhengig av mange tilhøve, m.a.:

- Lydstyrken målt eller rekna ut i t.d.  $L_{den}$ ,  $L_{AFmax}$  eller andre støy-indikatorar
- Karakteren til lyden, for dei ulike hendingane / del-aktivitetane
- Korleis lyden er over tid: Er lyden jamn? Er det samanhengjande stille? Har lyden reintonar? Er det slaglydar/impulsiv støy? Kor ofte kjem dei mest sjenerande episodane?
- Tidspunkt for når folk er heime, og om tida med lyd/støy fell saman med ynskt tid for kvile, rekreasjon, m.v.
- Korleis folk brukar dei mest støyutsette romma og uteplassane.
- Tilknytning til støykjelda, t.d. eigarskap. Er støykjelda arbeidsplassen? Har ein sjølv kontroll over støykjelda?
- Prosessen med etablering av støykjelda, t.d. medverknad, nabodialog, osv.
- Om støykjelda kom i drift etter at ein flytta til området, eller om støykjelda var i drift før ein flytta til området.

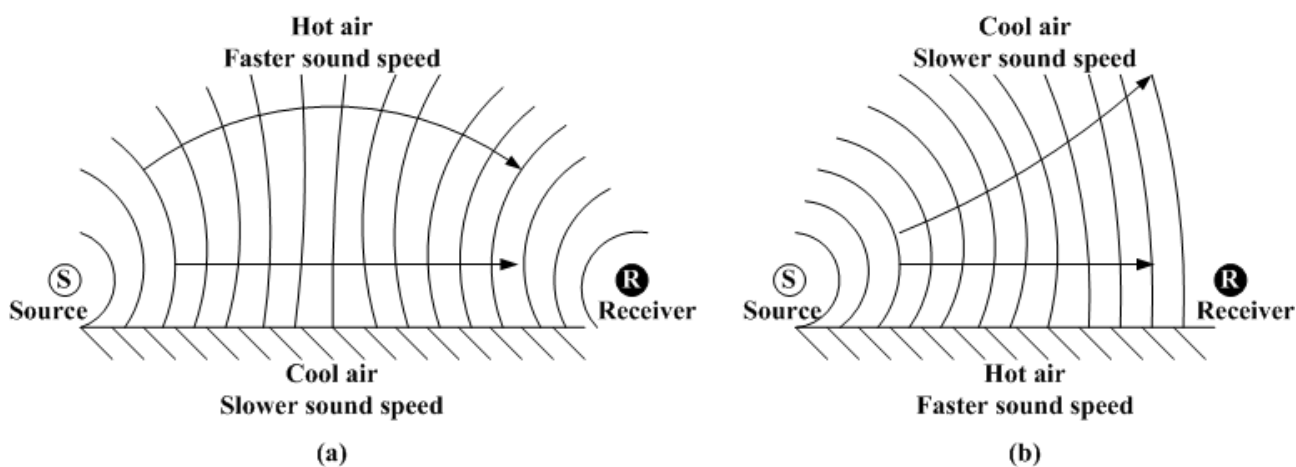
Skildringa av støy/lyd med vanlege støy-indikatorar vil soleis berre fortelja ein del om kor sjenerande eller plagsam støyen er. Likevel er ofte slike støy-indikatorar den beste / einaste måten å setja «rettvise» og samanliknbare grenser for tillateleg støy.

## A.12 Innfallande lydtryknivå

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

## A.13 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 ogso mykje. Desse to effektane gjev ulike kombinasjonar av vilkåra for lydutbreiinga, som kan gå frå «skuggetilhøve» til lydkanalisering. Ved små avstandar tyder desse to effektane lite for lydutbreiinga. Effekten av temperatur er synt forenkla i figuren nedanfor.



Figur 2: Illustrasjon av korleis lufttemperatur påverkar lydutbreiinga i to ulike situasjonar. Kjelde: wikibooks.org.

Ved somme tilhøve oppstår lagdeling i atmosfæren. Slik lagdeling kan gje tydelege lydrefleksjonar ned att til immisjonspunkt nærare bakken. Eit vanleg døme på slike lydrefleksjonar finn ein i utbreiinga av lyd frå lyn: Somme av dei lydane som kjem etter den fyrste lyden stammar frå slike effektar

Ved visse vilkår kan lyden verta «fanga» mellom to reflekterande lag (eitt eit stykke opp i atmosfæren og ei reflekterande vass/havflate) og breier seg utover med svært lita avstandsdemping – dette er synt forenkla i høgre del av figuren nedanfor. Merknad: Me har ikkje sett oss inn i kva fylgjer bylgjer på havflata måtte ha for lydrefleksjonstilhøva mellom havet og lydreflekterande skikt/lag i atmosfæren. Det kan vera rimeleg å gå ut frå at ei blank havflate vil gje kraftigare lydrefleksjonar oppetter i atmosfæren enn det ei havflate med bylgjer vil gje.

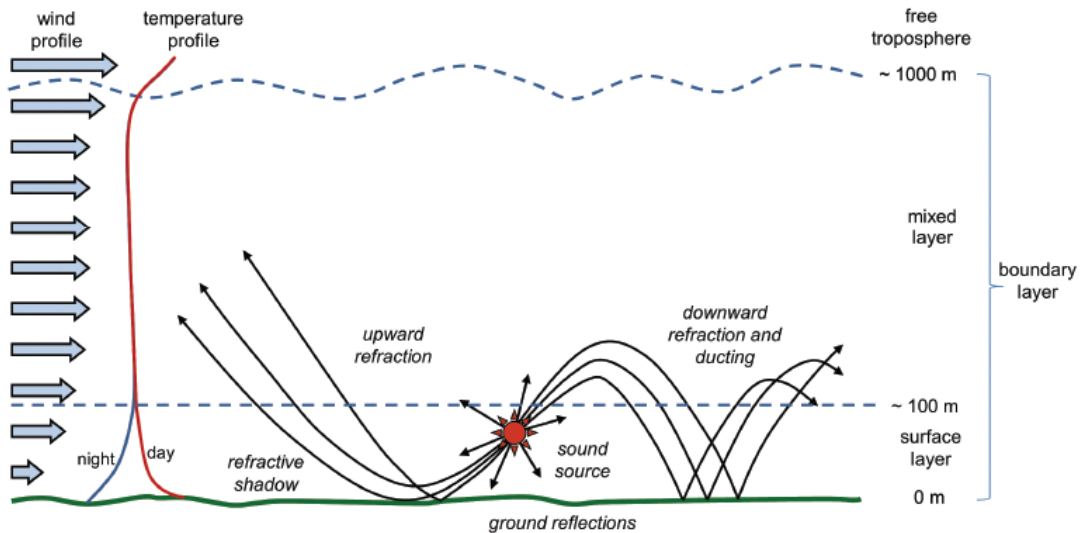


Figure 1. Schematic of the atmospheric boundary layer (ABL) showing the atmospheric surface layer (ASL; between the straight dashed line and the ground), mixed layer, capping inversion (curvy dashed line), and free troposphere. Near-ground sound propagation for a high-wind condition, with the wind blowing from left to right, is depicted.

Figur 3: Skisse av viktige tema i lydutbreiing, her synt for situasjonen på land og i terreng utan fjell eller andre større formasjonar. Kjelde: Wilson et. al. 2015) (Wilson, Pettit, & Ostashev, 2015).

Marktilhøve og overflater spelar også inn, både gjennom ulik grad av lydrefleksjon (t.d. er vassflater akustisk harde og gjev lydrefleksjonar) og gjennom måten t.d. vassflater påverkar temperaturtilhøva lokalt. Kor mykje vassdamp som er i lufta (altså kor fuktig ho er) påverkar òg lydutbreiinga, men i mykje mindre mon enn vind og temperatur gjer.



## Vedlegg B Andre nasjonale føringar som regulerer støy

### B.1 Innleiing

I tillegg til Energilova og Plan- og bygningslova med tilhøyrande forskrifter, retningsline og rettleiarar er det også andre nasjonale føringar for støy. Slike aktuelle føringar er lista nedanfor.

### B.2 Lov om folkehelsearbeid (Folkehelseloven) med tilhøyrande nasjonal forskrift

Etter lov om folkehelsearbeid<sup>3</sup> (Folkehelselova skal dei offentlege styresmaktene setja i verk tiltak og samordna verksemda si for å leggja til rette for eit langsiktig og systematisk folkehelsearbeid. Lova har eit eige kapittel om miljøretta helsevern, der støy er nemnt i § 8.

Helsestyresmaktene, t.d. kommunale helsevernetatar / miljøretta helsevern kan fatta *bindande pålegg* heimla i denne lova. Ei vanleg tolking er at denne lova er meint som vern mot akutte situasjonar med høg støy, som ikkje har vorte fanga opp i ordinær sakshandsaming etter plan- og bygningsloven.

Mynde etter denne lova er ofte delegert til kommuneoverlækjaren i den aktuelle kommunen.

Folkehelselova har òg ei eiga forskrift, kalla «[Forskrift om miljørettet helsevern](#)». Forskrifta inneheld overordna føringar, t.d. i § 7

«Overordnet krav

Virksomheter og eiendommer skal planlegges, bygges, tilrettelegges, drives og avvikles på en helsemessig tilfredsstillende måte, slik at de ikke medfører fare for helseskade eller helsemessig ulempe.

Med helsemessig ulempe menes forhold som etter en helsefaglig vurdering kan påvirke helsen negativt og som ikke er helt uvesentlig.

Når det er grunn til å anta at planlagte eller eksisterende virksomheter og eiendommer kan medføre fare for helseskade eller helsemessig ulempe, skal den ansvarlige for virksomheten utføre de beskyttelsestiltak og ta de forholdsregler som ellers er nødvendige for å forebygge, hindre eller motvirke at slik virkning oppstår.»

Forskrifta har òg egne føringar for støy, i § 9

«Helsemessige ulemper som virksomhet eller eiendom påfører omgivelsene.

Virksomheter og eiendommer skal planlegges, drives og avvikles, slik at følgende krav til miljøfaktorer overholdes når det gjelder den belastning omgivelsene påføres:

1. Ved etablering og bruk av støykilder skal det tilstrebes lavest mulig støynivå. Støy og vibrasjoner skal ikke medføre helsemessig ulempe eller overskride helsemessig forsvarlig nivå.»

### B.3 Lov om rettshøve mellom grannar (Grannelova)

Grannelova regulerer rettshøve mellom grannar, og i mindre grad rettshøve mellom føretak og grannar. Delar av lova kan likevel vera relevante for m.a. lydår frå industriverksemd, det gjeld særleg §2:

« § 2. Ingen må ha, gjera eller setja i verk noko som urimeleg eller uturvande er til skade eller ulempe på granneeigedom. Inn under ulempe går òg at noko må reknast for farleg.

<sup>3</sup> «Lov om folkehelsearbeid» (Folkehelseloven), LOV-2011-06-24-29.

I avgjerda om noko er urimeleg eller uturvande, skal det leggjast vekt på kva som er teknisk og økonomisk mogeleg å gjera for å hindra eller avgrensa skaden eller ulempa. Det skal jamvel takast omsyn til naturmangfaldet på staden.

I avgjerda om noko er urimeleg, skal det vidare leggjast vekt på om det er venteleg etter tilhøva på staden og om det er verre enn det som plar fylgja av vanlege bruks- eller driftsmåtar på slike stader.

Jamvel om noko er venteleg eller vanleg etter tredje stykket, kan det reknast som urimeleg så langt som det fører til ei monaleg forverring av brukstilhøva som berre eller i særleg grad råkar ein avgrensa krins av personar.»

Lova spesifiserer altså ikkje nøyaktig kva som er ulovleg og ikkje, og gjev stort rom for tolking frå situasjon til situasjon. Like eins kan området ein bur i vera avgjerande for vurderingar etter grannelova.

#### **B.4 Lov om helligdager og helligdagsfred**

Lov om helligdager og helligdagsfred har føringar for lydar/støy i § 3: «På helligdag fra kl. 00 til kl. 24 samt påske-, pinse- og julaften etter kl. 16 skal det være helligdagsfred som ingen noe sted må forstyrre med utilbørlig larm.»

Denne lova er meir spesifikk og streng enn grannelova. Døme: Om naboen støyar på ein heilagdag kan politiet rykkja ut etter varsel.

#### **B.5 Retningslinjer om born og planleggjing**

Den norske staten har rikspolitiske retningslinjer for å styrkja born og unge sine interesser i planlegginga<sup>4</sup>. Retningslinjene vart fastsette av Miljøverndepartementet (no Kommunal- og moderniseringsdepartementet) i 1995 som ein del av den norske tilrettelegginga for å oppfylle pliktene i FN sin barnekonvensjon. Desse retningslinjene kom *før* gjeldande støyretningsline. For aktuelle støytypar i denne saka vurderer me det slik at krava i retningslinjene om born og planleggjing er dei same som i støyretningslina heimla i Plan- og bygningsloven. I retningslinjene om born og planleggjing er det ikkje skilt mellom ulike støykjelder, noko som kan vera vanskeleg å tolka. Dei retningslinjene vert difor ikkje drøfta meir her.

Eit problem i denne samanhengen er likevel at nasjonale støygrenser gjev born og unge eit svekka samfunnsvern mot støy– dette fordi born (nesten alltid) og unge (ofte) har eit annleis søvnmønster enn det som dei fleste vaksne har.

---

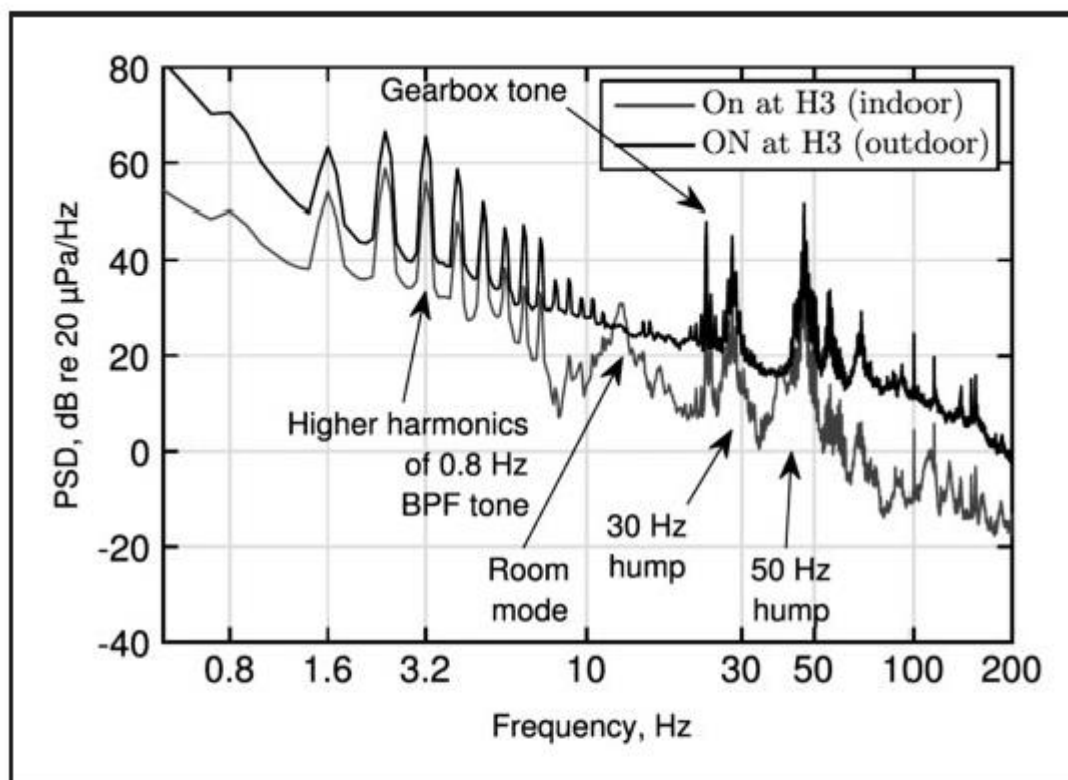
<sup>4</sup> «Rikspolitiske retningslinjer for barn og planleggjing», FOR-1995-09-20-4146.

## Vedlegg C Utfyllende informasjon

### C.1 Nærare om korleis vindturbinar støyar

Mykje av lydenergien frå moderne vindturbinar ligg i det høyrbare frekvensområdet, og vert laga av aeroakustiske effektar rundt rotorblada. Denne 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 oppstrøms rotor, mellom rotor og tårn, og nedstrøms tårn. Figuren nedanfor syner eit døme på lydspekter i ein avstand på 3 km frå ein vindturbin. Merknad: Dei fleste moderne vindturbinane har ikkje girboks, dei er sokalla direktedrivne.




**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.

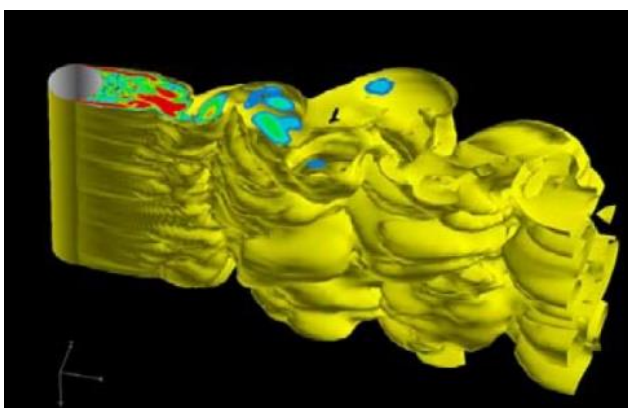
Source: Reproduced with permission from Zajamsek et al. (2016), Figure 4.

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>

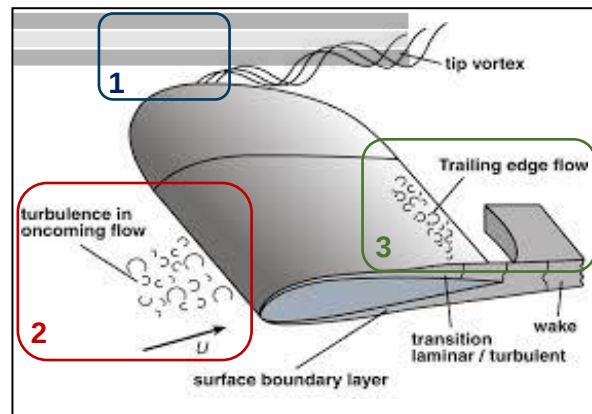
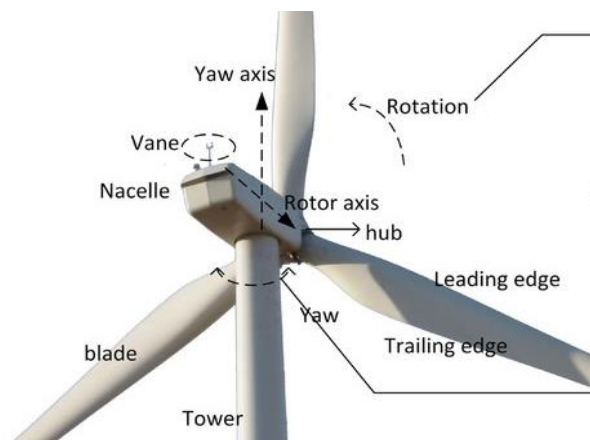
Trends in Hearing  
Volume 22: 1–10  
© The Author(s) 2018  
Article reuse guidelines:  
sagepub.com/journals-permissions  
DOI: 10.1177/2331216518789551  
journals.sagepub.com/home/ta  




CFD-strømningsmodell av kvervlar nedstrøms eit vindturbinårn. Desse kvervlane er store og lagar lågfrekvente lydar.

Vekselverknader mellom rotorblada og lufta lagar lydar. Desse lydane kan delast i tre hovudgrupper:

1. **Rotorblad- og luftstraumsgradientar:** brå endringar i lyftet frå bladet og luftmotstanden til bladet grunna strømningsgradientar lagar tjukkeleiks-lydar (TS). Desse har energitoppar ved bladpasseringsfrekvensen og dei harmoniske av denne. Desse lydane er periodiske.
2. **Rotorblad- og oppstrøms turbulens:** Oppstrøms 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*

### C.2 Skisse til metode for å estimera lydeffekt til vindturbinar som er større enn dagens

Per i dag finst det ikkje so store vindturbinar som det vert planlagt med i denne saka. Dermed finst det heller ikkje data frå støymålingar av so store vindturbinar. Lydeffekten (avstrålt støy) frå slik vindturbinar lyt soleis estimerast, og det kan gjerast på to måtar:

1. Reknemodellar for lydeffekten der ein tek omsyn til geometri og andre eigenskapar ved turbinen, eller
2. vidareføring/skalering av målt lydeffekt for eksisterande mindre turbinar opp til turbinstorleiken i denne saka.

Reknemodellar for vindturbinar kan lagast av t.d. turbinprodusentane, forskingsmiljø, el.l. Dei er omfattande å laga.

Nedanfor skisserer me ein metode for vidareføring/skalering, heretter kalla ekstrapolering.

Ein artikkel i Journal of Acustical society of America handlar om støy frå store vindturbinar, der ein har funne både 1/3-oktav- og oktavdata for vindkraftverk med ein effekt rundt 10 MW (Møller & Pedersen, 2010). Data for vindturbinar i storleik 650 kW til 2,5 MW er der brukte for å ekstrapolera data til 10 MW-turbinar. Likning (1) er gjeven i artikkelen og skildrar tilhøvet mellom lydeffekten for ein referanseturbin og lydeffekten for ein annan turbin. Data som er brukt i artikkelen gjev verdien 11,0 dB for *konstanten*,  $Ref_{power}$  er 1 MW og  $Ref_{L_{WA}}$  er 101,1 dB (Møller & Pedersen, 2010).

$$L_{WA} = konstant \cdot \log_{10} \left( \frac{Power}{Ref_{power}} \right) + Ref_{L_{WA}} \quad (1)$$

Likning (1) er brukt på liknande vis i denne rapporten for å finna  $L_{WA}$ -verdien (*eittalsverdien* for ljudeffektnivå) for ein framtidig turbinstorleik på 20 MW. Tilsvarende likning er ogso brukt for å finna 1/3-oktavdata for lydeffektnivå til 20 MW-turbinen. Funne  $L_{WA}$ -verdiar for 2,5 MW turbinar frå artikkelen er vidare brukte saman med dei ulike tilpassa konstantane for kvar senterfrekvens i 1/3-oktavane. Deretter er dei funne 1/3-oktavdataene grupperte/summerte til oktavdata. Oktavdata som er gjevne i artikkelen av Møller og Pedersen, og dei resulterande verdiane etter ekstrapolering til større vindturbinar er gjevne i tabellen nedanfor.

Tabell 5: Funne lydeffektnivå for vindturbinar av storleik rundt 2,5 MW, 5 MW og 10 MW frå Tabell III i artikkelen av Møller og Pedersen (Møller & Pedersen, 2010), og ekstrapolerte verdiar for vindturbinar av storleik kring 15 MW og 20 MW.

Senterfrekvens [Hz]	Lydeffektnivå, $L_{WA}$ [dB]				
	Frå Møller og Pedersen sin artikkel			Ekstrapolerte av Norconsult	
	2,5 MW	5 MW	10 MW	15 MW	20 MW
31,5	78,3	83,6	88,8	91,9	94,1
63	88,8	93,5	98,1	100,9	102,8
125	95,5	99,5	103,5	105,8	107,5
250	98,7	102,3	105,8	108,0	109,5
500	99,7	103	106,3	108,2	109,6
1000	99,2	102,3	105,3	107,1	108,3
2000	96,7	99,3	101,9	103,4	104,5
4000	90,8	92,7	94,3	95,4	96,1
8000	79,4	80,1	80,6	81,1	81,4
$\Sigma L_{WA}$	105,5	108,8	112,1	114,0	115,4

Vindturbinleverandøren Vestas sin vindturbin V236-15MW, som har ein effekt på 15 MW. Eintalsveriden til lydeffektnivået til denne turbinen er oppgjeve av Vestas til å vera  $L_{WA} = 115,3 \text{ dB}^5$ , basert på målingar av ein faktisk turbin. Oktav- eller 1/3-oktav lydeffektnivå er ikkje kjende. Dette lydeffektnivået er om lag det same som lydeffektnivået ekstrapolert opp til ein 20 MW-turbin etter metoden i dette kapitlet.

### C.3 Kunnskap om støy frå vindturbinar – kvar står me?

#### C.3.1 Regelmessige internasjonale vitenskaplege konferansar

Annakvart år arrangerer INCE-Europe ein internasjonal vitenskapleg konferanse om støy frå vindturbinar. Desse konferansane fangar opp mykje av forskinga innan dette fagfeltet, og har vortne arrangerte sidan 2005. Konferansane tek føre seg alle aspekt ved vindturbinestøy, frå sjølve støyproduksjonen til sansing/helseeffektar, via lydutbreiing, målemetodar, m.m. Den førebels siste konferansen vart arrangert 21. – 23. juni i 2023 (INCE Europe, 2023). Den delen av konferansen som handla om påverknad på menneske er oppsummert slik i arrangøren sine eigne ord:

#### «Impact on People

*The use of Apps to allow residents to report their reaction to turbine noise and other aspects of turbines is becoming more common. Residents can use the app when annoyed and sometimes when they are not annoyed. In one case, the app included non-acoustic factors. The idea of the apps is that people feel they have more control if they can report annoyance easily. Also gives operators a better understanding of conditions under which annoyance occurs. The app often provides each residence with information about predicted noise levels and other factors such as shadow flicker.*

*In passing, reference was made that A-weighting and  $L_{eq}$  was not an appropriate parameter for relating to annoyance. This probably needs more research but needs to be put into context. The original work over 25 years ago related to noise in general and simply showed that different noises with the same A-weighted level had different annoyance because they had different frequency content and different temporal characteristics.*

<sup>5</sup> [V236-15.0 MW™ \(vestas.com\)](https://www.vestas.com)

*Other conclusions were that wind turbine infrasound did not disturb sleep and that wind turbine noise was slightly less likely to cause sleep disturbance than road noise at the same dBA value.*

*Several delegates at the conference are taking part in IEA's Task 39. In particular WP4 and WP5. WP4 deals with the assessment of wind turbine noise and its impact on humans and WP5 deals with other aspects of perception and acceptance.*

*The principal speaker in the forum looked at the impact of wind farm noise from a qualitative point of view and particularly how noise is different things to different people. This is a variation on the theme to which we return time and again and to which we returned this time, that non-acoustic factors are more important than sound level and even sound character. We really need to explore this further if we are going to understand people's reaction to wind turbine noise better.*

*One suggestion was that the strongest predictor of annoyance in wind farm neighbours is the planning process. However, it's not clear whether it is the process itself or the result of the process (to allow the wind farm to be built) that is the problem and more work needs to be done. But trust is certainly a factor.*

*Whilst there has been more research and some useful work, our overall knowledge of the situation has not changed much in the last 10 years. Though we can predict the proportion of the population annoyed at a particular noise level we cannot get anywhere near predicting the impact on any individual because the level of noise is only a minor factor. Should we be looking at soundscape techniques as an answer to this?»*

Som del av kunnskapsinnhentinga i denne saka har me skaffa til veges samlinga med føredrag frå denne konferansen («conference proceedings») (INCE Europe, 2023). Merknad: Slike «conference proceedings» kan neppe reknast som å vera fagfelleverderte publikasjonar, sjølv om dei kanskje kan reknast som å utgjera ein slags konsensus frå den aktuelle konferansen. Det same gjeld oppsummeringa attgjeven ovanfor.

Overordna: Me vurderer det slik at konferansen ikkje avdekka nokon hittil lite kjende tilhøve som er direkte relevante i denne saka. Nyansar i denne kunnskapen er tekne med i resten av teksten i denne rapporten, med referansar til dei aktuelle delane av føredragssamlinga.

### **C.3.2 Eventuelle effektar ved lågare støy enn den tilrådde grenseverdien**

Etter fleire titals år med omfattande internasjonal forskning på støy frå vindturbinar og helseeffektane av å bu nær vindturbinar står ein att med at vindturbinestøy ikkje kan sjåast isolert frå andre aspekt ved vindkraftverk. Det er likevel unntak frå dette: I tilfelle med høg vindturbinestøy, gjerne  $L_{den} > 56$  dB vil mange verta plaga.

Ved den gjeldande tilrådde norske grenseverdien,  $L_{den} = 45$  dB vil venteleg få vera plaga av støyen åleine. Under denne grenseverdien vil endå færre vera plaga av støyen åleine. Det er vanskeleg å påvisa eventuelle plager ved so låge verdiar av vindturbinestøy, ogso fordi lydar som førekjem naturleg frå skog, terreng, osv. gjerne er like høge eller høgare enn vindturbinestøyen i desse tilfella. Både målingar og utrekningar vil ha ei monaleg uvisse ved so låge verdiar.

### **C.3.3 Annan kjend nyare litteratur**

I tillegg til den nemnde konferanserekka vert det naturlegvis publisert vitenskaplege artiklar og heldt foredrag i andre møte/konferansar om temaet støyplage og andre plager frå vindturbinar. Som del av arbeidet bak denne rapporten er det difor gjort supplerande litteratursøk.

Ei omfattande metastudie av litteratur publisert mellom 2017 og midt i 2020 tek føre seg helseeffektar av støy frå vindturbinar, ogso knytt opp mot andre helseeffektar (van Kamp & van den Berg, 2021). Konklusjonane frå studien er (WT tyder vindturbin):

#### «Conclusions

With a level usually below 45 dB  $L_{den}$ , WT sound is modest when compared to other sources such as transportation (road, rail and air traffic) or industry. Nevertheless, at equal sound levels, sound from WTs is experienced as more annoying than that of many other sources. Living near a WT or hearing sound of WTs can lead to chronic annoyance among residents. For other health effects such as sleep disturbance, insomnia or mental health effects, the evidence is inconsistent or insufficient. There is no indication that the low-frequency component has other effects on residents other than normal sound nor that infrasound well below the hearing threshold can have any effect. The level and amplitude modulation of all WT sound are the main causes for increased annoyance, rather than low-frequency sound or infrasound. There is evidence that sleep disturbance is associated with annoyance rather than to WT sound above a certain level. New evidence shows an association between total annoyance and health complaints, but we cannot draw conclusions about the direction of this relationship. The moderate effect of WT sound on annoyance and the range of factors predicting the levels of annoyance implies that reducing the impact of WT sound will profit from considering other aspects associated with annoyance. The relevance of factors such as participation in the planning process, procedural justice, feelings of fairness and balance of costs and benefits from WTs is strongly supported by current evidence. In summary: the health complaints are primarily associated with a range of contextual and personal factors rather than actual sound exposure levels.»

Oversett til norsk:

«Med eit nivå vanlegvis under 45 dB  $L_{den}$ , er vindturbinestøy moderat samanlikna med andre kjelder, t.d. samferdsel (veg, bane og luftfart) eller industri. Ved same lydnivå vil likevel lyd frå vindturbinar opplevast som meir plagsam enn lyd frå mange andre kjelder. Bur du nær ein vindturbin eller dersom du høyrer lyd frå vindturbinar kan det føra til kronisk irritasjon. For andre helseeffektar, t.d. søvnforstyringar, søvnløysse eller psykiske helse-effektar er prova inkonsistente eller utilstrekkelege. Det er ikkje noko som tyder på at lågfrekventlyd har andre effektar på bebuarane enn vanleg lyd og heller ikkje at infralyd godt under høyreterskelen kan ha nokon helseeffekt. Nivå- og amplitudemodulasjonen til all vindturbinlyd er hovudårsakane til auka irritasjon, snarare enn lågfrekvent lyd eller infralyd. Det er prov på at søvnforstyringar er knytt til irritasjon snarare enn til vindturbinlyd over eit visst nivå. Nye prov syner ein samheng mellom samla irritasjon og helseplager, men me kan ikkje trekka konklusjonar om retninga til denne samanhengen. Den moderate effekten av vindturbinlyd på irritasjon og spennet av faktorar som påverkar irritasjons-nivået inneber at ein er tent med å vurdere andre irritasjons-aspekt. Faktorar som t.d. deltaking i planleggingsprosessen, rettferd i *juridisk* forstand, *kjensle* av rettferd og balanse mellom ulemper og fordelar frå vindturbinar er støtta sterkt av gjeldande prov. Oppsummert: Helseplagene skuldast fyrst og fremst samanhengen vindturbinane er etablerte i (planlegging, medverknad) og personlege faktorar i staden for faktiske lydeksponeringsnivå.»

#### C.4 Litt om støy frå vindturbinar samanlikna med støy frå andre utandørskjelder

Støy frå samferdsel utgjer det største samfunnsmessige støyproblemet. Desse støykjeldene (vegtrafikkstøy, luftfartsstøy, jernbanestøy, m.fl.) og plagene frå dei er undersøkt grundigare enn t.d. støy frå vindturbinar. Gjeldande grenseverdiar for årsmidla døggnivå i  $L_{den}$  frå desse kjeldene er ogso høgare enn for vindturbinestøy. Minst ein studie peikar likevel på at nattleg vindturbinestøy likevel kan vera mindre plagsam enn vegtrafikkstøy ved det same lydtrykket (Catcheslide, Lechat, & Zajamsek, 2023). Vidare er kunnskapsgrunnlaget for forholdet mellom eksponering og respons/plage meir kjent. Dette har m.a. gjort det mogeleg å framstillta grafar av respons/plage som funksjon av årsmidla døggnivå i  $L_{den}$ . Gjeldande grenseverdiar for støy frå desse kjeldene er resultat av samfunnsmessige kompromiss, som m.a. altso inneber at ein del eksponerte personar vil vera støyplaga sjølv ved oppfylling av desse grenseverdieae. Sidan grenseverdiane og talet på eksponerte personar er høge gjev det gode tilhøve til å laga påliteleg statistikk og dermed sikrere kunnskap.

Dei fleste som vert eksponerte for vindturbinestøy er derimot utsette for monaleg lågare årsmidla døggnivå enn tilfellet er for t.d. personar plaga av vegtrafikkstøy. Dette, saman med at færre personar er eksponerte



for vindturbinstøy gjer det vanskeleg å talfesta helsekonsekvensar av vindturbinstøy. Dette kan på fagspråk skildrast som at studiar av eventuelle helsekonsekvensar er vanskelege å gjera statistisk signifikante. Det vil sei at datagrunnlaget er for lite/svakt for å gje ein sikker konklusjon.

Som m.a. Verdas helseorganisasjon (WHO) påpeikar er mange studiar av helseeffektar av vindturbinstøy dårlege, dette gjeld spesielt eldre studiar. Dei fleste manglar sikker informasjon om eksponeringsnivåa, slik at samanlikningar mellom de ulike studiane verte vanskelege/umogelege. I nokon, som TØI sin rapport (Sundfør & et.al., 2015), er det brukt prognoserte/utrekna nivå som eksponering, sjå ogso omtale i målerapport (Nord & et.al., 2014). Dei tek dermed *ikkje* omsyn til at slike prognoserte/utrekna nivå skal utgjera konservative (dvs. ikkje for låge) nivå. Verkelege årsmidla døggnivå skal liggja noko under desse konservativt utrekna nivåa so framt metoden i rettleiaren M-2061/M-128 til støyretningslinja T-1442 er fylgd. *I denne typen undersøkingar av eventuelle verknader inngår dermed ei høgare eksponering enn den sannsynlege eksponeringa.* I andre studiar er det berre skilt mellom personar som bur nær vindkraftverk og personar som ikkje gjer det – altså på nytt utan at eksponeringsnivåa for vindturbinstøyen er kjende.

Som nemnt er typiske årsmidla døggnivå ved bustader for lydtrykk frå vindturbinar låge samanlikna med lydtrykk frå typiske kjelder i samferdselssektoren. *I utrekning av støyutbreiing i omgjevnadane er det alltid slik at uvisse i utrekningane aukar svært mykje med aukande avstand frå kjelda.* Det er ikkje uvanleg at lydtrykket frå vindturbinar ved t.d. eit bustadhus er like lågt eller lågare enn andre lydar laga av vinden (vindsus i tre, vindsus i terrengformasjonar, bølgeslag mot land, osv.) – dette gjeld særleg i kraftig vind.

I retningslinja T-1442 er det lagt til grunn at ein viss del av oss vil kjenna seg støyplaga ved eit lydtrykk på grenseverdien for dei ulike støykjeldetypane. Dette er eit samfunnsmessig kompromiss der støyplage frå og nytte av den aktuelle støykjelda er vekta opp mot kvarandre. Ein kan rekna med at 10-15 % av oss reknar seg som meir støyfølsame enn gjennomsnittet. Like eins vil personar som høyrer betre enn gjennomsnittet kunne oppleva større støyplager enn andre. Høyreterskelen (dvs. den svakaste einskildtonelyden ein høyrer) har eit standardavvik på 5-6 dB (over alle frekvensar) (Kurakata & Mizunami, 2008). Variasjonar i høyrsel kan kanskje forklara nokon av variasjon i støyplage.

Utsette grupper som nemnde ovanfor vil då ikkje få eit like sterkt samfunnsvern mot støy. Personar med søvnmønster som avvik frå hovudparten av dei vaksne (t.d. born og skiftarbeidarar) vil heller ikkje få eit like sterkt samfunnsvern mot støy. Inndelinga av «støy-døgnet» i tre periodar (dag (kl. 07-19), kveld (kl. 19-23) og natt (kl. 23-07)) med påfølgande «straffetillegg» for støy produsert om kvelden og natta er også tilpassa personar med vanleg søvnmønster.

Som kjent, m.a. frå opplevingar i kvardagane våre, varierer lydutbreiinga mykje, både innanfor korte og lange tidsintervall. For eit typisk vindkraftverk er nok det store biletet at det er *vindretninga* og i ein viss grad *vindstyrken* som avgjer korleis lydutbreiinga frå dei einskilde vindturbinane til det aktuelle bustadhuset vert i eit gitt tidspunkt. Dette fordi vinden og eigenskapane til vinden er sterkare drivkrefter i denne prosessen enn det vertikale temperaturforskjellar er. Lufttemperatur og luftfukt påverkar lydfarten i luft. Lydfarten påverkar òg lydutbreiinga, gjennom lydavbøying og andre effektar. Innanfor vanleg førekomande variasjonar i lufttemperatur og luftfukt påverkar desse effektane lydutbreiinga svakare enn det vindtilhøva gjer, men når vinden er svak kan slike underordna effektar ha ein større relativ innverknad. Det er vanskeleg å slå fast ved kva vindfart og vindretning desse gradvise overgangane skjer. Dette fordi luftstraumar og andre eigenskaper til atmosfæren er grunnleggjande stokastiske («kaotiske»), spesielt i dei lågare luftlaga som t.d. frå toppen av rotorblada og ned til bakken. Desse eigenskapane er innanfor praktisk og fornuftig vis ikkje moegeleg å måle innanfor eit større område (som t.d. innanfor støysoner til eit vindkraftverk). Sett over året vil luftstraumane og dei andre eigenskapane til luftlaga berre vera «enkle» i ein svært liten del av timane i året. I desse timane kan det kanskje vera råd å rekna ut lydutbreiinga med lita uvisse. I dei resterande timane i året vil lufta oppføra seg meir «kaotisk», og lydutbreiinga let seg ikkje rekna ut like nøye. Dette er ein av grunnane til at *støy frå vindkraftverk nesten alltid vert rekna ut for ein situasjon med medvind frå vindturbin til*

*mottakarpunkt*, t.d. eit bustadhus. Slike *medvinds*utrekningar utgjer verste-tilfelle i lydutbreiing, altså at lydtrykket ved det aktuelle bustadhuset ikkje skal verta høgare enn det som medvindsutrekninga syner. Ein slik situasjon er vald for å minska sjansen for at reknemetoden under-reknar lydtrykket i mottakarpunkta, dette som eit «føre-var»-prinsipp fordi ein t.d. i støykartlegging ynskjer å «ta godt i» (Jakobsen, Bølling, & Bjerkestrand, 2018). Dette tyder vidare at i mange av timane i året vil lydtrykket ved t.d. eit bustadhus vera lågare enn utekningane i støyrapportar syner. Fyrst etter at lokale vindtilhøve er dokumenterte, opnar NVE for at slik langtidsinformasjon om vindtilhøve kan brukast, sitat: «*kun som tilleggsinformasjon til bruk ved skjønnsvurdering av enkeltsaker.*» (Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), 2019). Lokale vindtilhøve brukte i utrekningar vil altså gje lågare lydutbreiing enn verste-tilfellet.

Merk: Her er berre *utbreiinga* av lyden drøfta. *Lydeffekten* frå vindturbinane er altså *ikkje* drøfta, men er sjølvstøtt avgjerande for støynivået ved t.d. eit bustadhus: Ein turbin som støyar meir enn ein annan turbin vil sjølvstøtt gje eit høgare støynivå ved bustadhuset.

### C.5 Litt om rytmiske variasjonar i lydar frå vindturbinar og vindkraftverk (AM-effektar)

Ofte gjev vindturbinar pulserande lyd. Pulseringa stammar t.d. frå rotorblada sine passeringar av tårnet. Moderne vindturbinar har tre rotorblad, slik at frekvensen til pulseringa vert tre gonger rotasjonsfarten til vindturbinrotoren. Denne pulseringa vert ofte omtala som ein «svisje»-lyd. Sjølv om lyden frå vindturbinar er breispektra og utan svært tydelege tonar eller andre karaktertrekk som tiltrekker merksemda vår, har desse rytmiske variasjonane i lydtrykket større potensiale for å gje plager enn ein tilsvarande lyd utan desse rytmiske variasjonane. Variasjonane vert vanlegvis kalla amplitudemodulasjon (AM). For meir info, sjå t.d.: <https://hayesmckenzie.co.uk/news/amplitude-modulation-in-wind-farm-noise>

Når fleire vindturbinar i eit vindkraftverk kan høyrast ved ein bestemt bustad vil dei rytmiske variasjonane delvis overlappa kvarandre, sidan vindturbinane ikkje roterer i takt med kvarandre. Dei rytmiske variasjonane i lydtrykket får dermed ein annan karakter, som kan vera meir eller mindre plagsam enn lydtrykkvariasjonar frå einskildturbinar åleine.

### C.6 Litt om reintonar («tonalitet») i lydar frå vindturbinar

Tydelege tonar / reintonar i støy har oftast større plagepotensiale enn om støyen ikkje inneheld slike tonar. Høyrsla vår oppfattar reintonar med mellomliggjande frekvensar lettare enn reintonar i bass- og diskantområdet. Mest følsame er med ved 3-4 kHz, som svarar om lag til frekvensen til spedbarnskrikk. Meir informasjon om psykoakustikken i dette er greitt presentert av RWE Renewables GmbH (Busse, 2021).

Ved samsvarsfråsegner, sertifiseringar, godkjenningar, osv. av vindturbinar inngår derfor måling og vurdering av reintonar i den mest brukte standarden for måling av lydeffektnivå frå vindturbinar (IEC 61400-11 Wind turbines - Part 11: Acoustic noise measurement techniques, 2018). Som del av dette inngår objektive analyser av kor godt reintonar kan høyrast, den såkalla tonalitetshøyrbarheita for vindturbinen. Denne tonalitetshøyrbarheita vert talfesta, sjå kap. 9.5 i (IEC 61400-11 Wind turbines - Part 11: Acoustic noise measurement techniques, 2018). På grunn av at ulike frekvensar vert dempa ulikt ved aukande avstand kan det vera at reintonar som er høyrbare nær turbinen *ikkje* er høyrbare i større avstandar, t.d. ved bustader rundt vindkraftverket. Ein rapport som dokumenterer høyrbare reintonar nær turbinen treng difor *ikkje* tyda at reintonane kan høyrast ved bustadene.

### C.7 Litt om variasjon av lydtrykket på bakken kring turbinen

Det finst få studiar av korleis lydtrykket varierer på bakken som funksjon av plassering langs ein sirkel med sentrum i sentrum i tårnet til turbinen. Faguttrykket for slik variasjon er «horisontaldirektivitet». Det er omtala i m.a. (Bertagnolio, Fischer, Appel, & Herr, 2023), men då berre som reknemodell, ikkje målingar. Venteleg er

horisontaldirektiviteten ikkje svært sterk for vindturbinestøy, sjølv om støykjelda kan forenkla reknast å vera ei dipolkjelde.

### C.8 Litt om variasjon i plagegrad som funksjon av variasjonar i turtal

Minst ein studie tyder på at støyplaga aukar med aukande turtal på turbinen (Hübner, Müller, & Pohl, 2023). Dette er ikkje uventa. Den same kjelda oppgjev at støyplaga ogso aukar med aukande variabilitet i turtalet, dvs. at turtalet varierer mykje over kort tid.

### C.9 Litt om lågfrekvent lyd og infralyd frå vindturbinar

For ein del titalt år sidan var det vanleg med vindturbinar der rotoren stod nedstraums tårnet. På den måten roterte opphenget til rotoren seg av seg sjølv til ei god stilling for utnytting av vinden. Dette skjedde utan servomotorar eller andre mekaniske hjelpemiddel. Desse tidlege vindturbinatype gav mykje lågfrekvent lyd og infralyd, som stamma frå rotoren sine vekselverknader med de turbulente luftkvervlande nedstraums tårnet. Mange eldre studiar av lågfrekvent lyd og infralyd frå vindturbinar er for denne utdaterte vindturbinotypen.

Moderne vindturbinar har derimot servomotorar som *tingar rotoren opp mot vinden*, dvs. på oppstraumssida av tårnet. Rotoren vil dermed arbeide i luft med monaleg mindre turbulens sidan han ikkje roterer i luftkvervlane nedstraums tårnet. Slike vindturbinar lager difor monaleg mindre lågfrekvent lyd og infralyd. Ei prinsippskisse av desse ulikskapane er synt i figur 7-4.

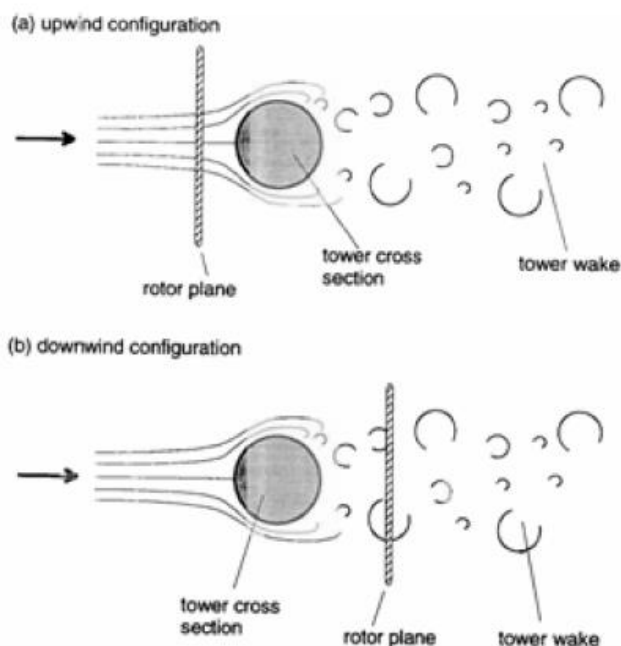


Figure 1 The disturbed flow behind the tower results in highly unsteady aerodynamic blade forces which in the final end is the main cause of low frequency noise (illustration from Wagner<sup>4</sup>).

Figur 7-4: Oversett figurtekst: Når strøyminga vert uroa av tårnet fører dette til svært ustabile aerodynamiske krefter på blada – dette er hovudårsaka til lågfrekvent lyd.

Sjølv med rotoren oppstraums tårnet lagar moderne vindturbinar lågfrekvent lyd og infralyd. Det er gjort studiar av mogeleg plage frå desse delane av lydspekteret. I faga biologi og medisin er det peika på at mennesket er lite følsamt for infralyd, det gjeld både sansing og direkte skadepotensiale. Som nemnt i vedlegg har lyd svært liten effekt (altså den effekten ein reknar i watt), og dermed vil det vera overraskande om slik lyd skulle skada vev eller heile organ. Mennesket sitt øyre er følsamt for lyd i frekvensområdet frå ca. 20 Hz til ca. 16 kHz, men svært lite følsamt for lydar med frekvensar langt under og langt over det området. Samtidig er det viktig å vera klar over at for lågfrekvente lydar er det vanleg at forskjellen (i dB) mellom å sansa lyden og å vera plaga av lyden gjerne er mindre enn for lyd lenger opp i frekvensområdet.

Ein god artikkel som tek føre seg infralyd på tverrfagleg vis kan lastast ned her:

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

## Vedlegg D Nærare om arbeidet

### D.1 Kvalitetssikring

Norconsult Norge AS arbeider og er sertifiserte etter m.a. NS-EN ISO 9001:2015 «Ledelsessystemer for kvalitet».

### D.2 Gildskap og annan etikk

So vidt oppdragsleiaren i Norconsult for dette oppdraget kjenner til finst det ingen uavklarte saker/tema der gildskapen til Norconsult eller dei einskilde oppdragsmedarbeidarane kan trekkjast i tvil. Slike saker/tema kunne t.d. ha vore personlege eller økonomiske band mellom eigarar av bygg & andre objekt i dette oppdraget og oppdragsmedarbeidarar i Norconsult. Oppdragsmedarbeidarane i Norconsult bur og arbeider på stader utanfor Gulen kommune.

Det nasjonale fagmiljøet innan rådgjeving i akustikk er lite, og soleis kjenner oppdragsmedarbeidarane i Norconsult og Multiconsult kvarandre frå faglege møte/treff. So vidt kjent er det ingen personlege eller økonomiske band mellom oppdragsmedarbeidarane på tvers av desse to rådgjevingsverksemdene. So vidt kjent gjeld det same for oppdragsmedarbeidarar i dei hine fagfelta.

Det er soleis ikkje kjent eller avdekka tilhøve som skal kunne påverka gildskapen til Norconsult i denne saka. Eventuelle innvendingar mot dette skal, for å sikra uhilda handsaming, rettast beinveges til konsernet si sams e-adresse for slik varsling, Norconsult Speak Up, sjå:

<https://eu.deloitte-halo.com/whistleblower/website/norconsult?Pg=makereport&Lang=nb-NO>

Eventuelle innvendingar skal altså *ikkje* rettast til einskilde oppdragsmedarbeidarar i Norconsult.