

# RAPPORT

## Oddeheia og Bjelkeberg vindkraftverk

### Kvalitetssikring av støyberegninger

Kunde: Birkenes Kommune / RWE

---

#### Sammendrag:

I forbindelse med høring av MTA-plan er Brekke & Strand Akustikk AS blitt bedt om å utføre en uavhengig kontroll av støyberegningene som foreligger. Vi har utført kontrollen ved å gjennomføre egne uavhengige støyberegninger med tre ulike beregningsmetoder. Alle beregningsmetodene er i dagens regelverk oppgitt som *godkjente metoder* for beregning av støy fra vindkraftverk. Vi har i tillegg variert markdempingen noe for å kunne vurdere følsomheten i beregningsresultatene med ulike marktyper og beregningsinnstillinger.

Våre resultater samsvarer godt med resultatene til Akustikkonsulten som har utført støyberegningene for MTA-planen. Med samme forutsetninger for marktype og markdemping beregner vi tilnærmet like nivå.

I våre beregninger peker vi på at det er usikkerheter både i støyberegninger og i støymålinger. En vesentlig usikkerhet for beregninger er reell markdemping. Akustikkonsulten har i sine beregninger lagt til grunn et forholdsvis detaljert kart over marktyper og markdemping. Kartet har imidlertid en gitt oppløsning/nøyaktighet og det finnes høyst sannsynlig lokale områder som i virkeligheten har hardere og mykere mark enn det som kartet viser. Våre beregninger med noe avvikende marktype illustrerer hvilke utslag man kan få ved slike usikkerheter i marktype. I de punktene som er beregnet å få de høyeste støynivåene, viser våre beregninger med hardere marktyper at nivået teoretisk kan bli 1-2 dB høyere enn beregningsresultatene til Akustikkonsulten. Dette er små utslag som i virkeligheten knapt vil være merkbare/hørbare.

Vår hovedkonklusjon er derfor at støyberegningene som er lagt fram i MTA-plan gir et godt bilde på forventet støysituasjon.

Dersom usikkerheter skulle slå inn slik at enkelte punkt får nivå som ligger marginalt over grenseverdi og dette påvises med målinger, har man mulighet til å kjøre noen flere turbiner i *støyreduert modus* slik at grenseverdien tilfredsstilles fullt ut i alle mottakerpunktene.

---

Oppdragsnr:	21.0325,00
Rapportnr:	AKU – 01
Revisjon:	1
Revisjonsdato:	19. juni 2020
Oppdragsansvarlig:	Helge Forsdal
Utarbeidet av:	Erling J. Andreassen
Kontrollert av:	Helge Forsdal

---

Rev.	Utarbeidet		Kontrollert		Kommentar
Nr:	Navn:	Dato (Egenkontroll)	Navn	Dato	
1	EJA	19.06.2020	HF	19.06.2020	Kommentarer implementert
0	EJA	11.06.2020	HF	11.06.2020	Dokument opprettet

IT arkiv: AKU-01 rev1 R 200619 Oddeheia og Bjelkeberget vindkraftverk - Kvalitetssikring av støyberegninger

## Innhold:

1	Bakgrunn .....	3
2	Underlagsdokumentasjon .....	3
3	Grenseverdier .....	4
3.1	Anleggskonsesjon .....	4
3.2	Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging, T-1442.....	4
3.3	M-128, veileder til T-1442 .....	5
4	Beregningsmetodikk.....	5
5	Tekniske data til vindturbinene .....	7
6	Beregnings situasjoner .....	8
7	Beregningsresultater .....	8
8	Vurderinger .....	10
8.1	Beregninger .....	10
8.2	Usikkerheter .....	10
8.3	Worst case vs årsmidlet nivå .....	11
9	Konklusjon .....	12

## Vedlegg 1 - Beregningsresultater

## 1 Bakgrunn

I forbindelse med utbygging av Oddeheia og Bjelkeberg vindkraftverk i Birkenes kommune er det utarbeidet en MTA-plan som skal til behandling hos NVE. Før NVE starter sin behandling skal Birkenes kommune avgi høringsuttalelse til planen. I den forbindelse er Brekke & Strand Akustikk AS blitt bedt om å vurdere/kontrollere støyberegninger som er utført i forbindelse med utarbeidet MTA-plan.

Brekke & Strand mener at kvalitetssikring av beregninger i denne situasjonen enklest gjøres ved å utføre egne uavhengige støyberegninger. I denne rapporten presenteres metode, input og resultater fra våre støyberegninger, samt kommentarer til eventuelle forskjeller fra resultatene fra beregningene vedlagt MTA-plan. Det gis også en kortfattet vurdering av beregningsresultater opp mot konsesjonskrav og anbefalinger i retningslinjer.

## 2 Underlagsdokumentasjon

Tabell 1 Mottatt underlagsdokumentasjon

Dokument	Rev.	Rev. Dato	Mottatt dato
T-1442 Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging		2016	-
M-128 - Veileder til retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging, T-1442/2016	3	Januar 2020	-
Støyutbredelse ved vindkraftverk med "typisk norsk" topografi. NVE rapport 13-2017 utarbeidet av Meventus AS og Sinus AS.		2017	-
2.4_Noise_Emission-NO_5.3_5.5-158-50Hz_IEC_EN_r01.pdf	-	2018	02.06.2020
2.5_Noise_Emission-NRO_5.3-158-50Hz_IEC_NRO100-105_EN_r02	-	2018	02.06.2020
10-19164-A01-A03 Noise calculation wind farm Oddeheia and Bjelkeberg 191118	-	18.11.2019	02.06.2020
Oddeheia Bjelkeberg – NSA.xlsx (koordinater på beregningspunkt)	-	-	02.06.2020
Oddeheia Bjelkeberg - WTG Layout (2019.10.14).xlsx (koordinat på turbiner)	-	14.10.2019	02.06.2020
2019 01 15 - Anleggskonsesjon 2619391_5_1.pdf	-	15.01.2019	12.03.2020
MTA- og detaljplan	2	08.05.2020	02.06.2020

### 3 Grenseverdier

#### 3.1 Anleggskonsesjon

I anleggskonsesjonen er det gitt følgende bestemmelser om støy:

##### 18. Støy

Med mindre det finnes annet grunnlag, skal støynivået ved bygninger med støyfølsom bruk ikke overstige  $L_{den}$  45 dBA. Dersom konsesjonær mener at bygninger med støynivå over  $L_{den}$  45 dBA ikke har støyfølsom bruk, skal dette dokumenteres i detaljplanen.

#### 3.2 Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging, T-1442

*Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging*, T-1442:2016, definerer veiledende grenseverdier fra blant annet vindturbiner. Retningslinjen bygger på EU-regelverkets metoder og målestørrelser, og er koordinert med støyreglene som er gitt etter forurensningsloven og teknisk forskrift til plan- og bygningsloven.

T-1442 skal legges til grunn av kommuner og berørte statlige etater ved planlegging og behandling av enkeltsaker etter plan- og bygningsloven. Retningslinjen anbefaler at anleggs-eierne beregner to støysoner rundt viktige støykilder, en rød og en gul sone. I den røde sonen er hovedregelen at støyfølsom bebyggelse bør unngås, mens den gule sonen er en vurderingssone hvor ny bebyggelse kan oppføres dersom det kan dokumenteres at avbøtende tiltak gir tilfredsstillende støyforhold. Med støyfølsom bebyggelse menes boliger, fritidsboliger, skoler, barnehager, sykehus og pleieinstitusjoner.

Tabell 2: Anbefalte støygrenser for vindturbiner. Alle tall oppgitt i dB, frittfeltsnivåer

	GUL SONE	RØD SONE
Støykilde	Støynivå på uteplass og utenfor rom med støyfølsom bruk	Støynivå på uteplass og utenfor rom med støyfølsom bruk
Vindturbiner	$L_{den} = 45$ dB	$L_{den} = 55$ dB

Alle støygrenser gjelder i såkalt fritt felt, dvs. uten refleksjon fra nærliggende fasade.

Døgnvektet nivå  $L_{den}$  (den = "day-evening-night") framkommer ved å legge 5 og 10 dB "straffetillegg" til ekvivalentnivået som opptrer på kveld og natt, før det midles sammen med nivået på dagtid.

For støykilder som avgir et jevnt støynivå over hele døgnet, som er tilfellet for vindturbiner når det blåser jevnt, er det 6,4 dB forskjell mellom  $L_{den}$ -nivået for døgnet og ekvivalentnivået. Når  $L_{den}$ -nivået akkurat er på grenseverdien 45 dB, er støynivået som oppleves og måles dermed 39 dB (38,6 som avrundes opp til 39).

I dagens retningslinjer skilles det ikke mellom mottakerpunkt som ligger i vindskygge og mottakerpunkt som ikke er i vindskygge. Tidligere retningslinjer tillot høyere støynivå ved mottakerpunkt som ikke lå i vindskygge, da man forutsatt at økt vind og vindsus i mottakerpunktet maskerte lyden fra vindturbinene. I dag benyttes de strengeste grenseverdiene ved alle mottakerpunktene.

### 3.3 M-128, veileder til T-1442

I henhold til M-128 skal beregninger av støyvirkninger for vindturbiner i utgangspunktet alltid gjennomføres som worst-case beregninger. Dette angis som kontinuerlig drift og medvindsforhold fra turbinene til mottakerpunktet. Kildestøyen som skal legges til grunn er ved vindhastighet 8 m/s i 10 meters høyde eller maksimalt garantert støy nivå ved høyere vindhastighet dersom mottakerpunktene ligger i vindskygge.

Videre sier M-128 at worst-case beregningen skal være grunnlaget for behandlingen av vindkraftsøknader. Det kan i tillegg framlegges støyberegninger basert på lokale vindforhold.

I veiledningen M-128 oppgis tre ulike beregningsmetoder. ISO 9613-2, Nordisk metode for industristøy og Nord2000 er alle metoder som er godkjent ved beregning av støy fra vindkraftverk.

Veilederen M-128 sier videre følgende om metodene:

*Metodene som kan benyttes har ulike kvaliteter. Det er hevdet at ISO 9613-2 og Nordisk metode for industristøy kan underestimere støyvirkninger, spesielt i korte avstander fra tiltaket. For metoden Nord2000 er dette problemet vurdert til å være mindre, men dette er en mer kompleks metode, som setter større krav til utreders parametervalg og kunnskap om det aktuelle området. Det anbefales at utreder alltid gjør konservative parametervalg, slik at beregningene tar høyde for usikkerhet.*

## 4 Beregningsmetodikk

Ved kontroll av støyberegningene har vi valgt å gjøre punktberegninger med alle tre metodene og med varierende markdemping. Det er utført punktberegninger til de samme punktene som i støyrapporten som følger MTA-planen.

I beregningene som er utført av Akustikkonsulten for MTA-planen har de lagt til grunn et relativt detaljert kart over ulike marktyper (Ground absorption map). Et slikt kart har imidlertid en gitt målestokk, oppløsning og detaljeringsgrad. Det kan derfor tenkes at det lokalt finnes mindre områder med både hardere og mykere mark enn det kartet angir. Det må i denne sammenheng nevnes at i områder hvor kartet angir "Impedance class H" som betyr veldig harde overflater (tett asfalt, betong og stille vannoverflater), kan man ikke ha hardere marktyper enn dette, men det kan være innslag av mykere mark. Der hvor kartet angir noe mykere marktyper som Impedance class E og F, kan det finnes delområder med både mykere og hardere mark.

For å se hvilke utslag slike avvik i forutsatt markdemping gir, har vi derfor utført beregninger med varierende markdemping (se også beregningssituasjoner i kapittel 6).

I våre beregninger har vi kun regnet på worst-case situasjonen, dvs. medvind fra alle vindturbiner til det enkelte mottakerpunkt og med vindhastighet som gir maksimalt lydnivå fra turbinene.

Tabellen under viser valgt beregningsmetode, beregningsverktøy samt parameterinnstillinger, etc.

Tabell 3: Informasjon om beregningene

Parameter		Kommentar
Beregningsmetode	Nord2000, ISO 9613-2, Nordisk metode for industristøy	
Beregningsverktøy	SoundPlan versjon 8.1 CadnaA 2020 build 175	CadnaA er benyttet for beregninger med Nordisk beregningsmetode
Beregningshøyde	4 m over lokalt terreng	
Marktype	Nord2000: type F (strømningsmotstand 2000) i hele beregningsområdet Ruhetsfaktor: 0,5 m	Tilsvarende sammenpresset, tett grunn (grusveg, parkeringsplass, ISO 10844-asfalt). Dette er valgt for ikke å overestimere bakkedempingen
	Nord2000: type D (strømningsmotstand 200) i hele beregningsområdet Ruhetsfaktor: 0,5 m	Tilsvarende normal ukomprimert bakke (skogsbunn, beitemark o.l.)
	ISO 9613-2 & Nordisk beregningsmetode: markabsorpsjon 0 i hele beregningsområdet	Tilsvarende hard mark som vann, betong etc. Benyttes ofte på grunn av usikkerhet omkring metodenes håndtering av bakkedemping for høyt plasserte kilder. Er et konservativt parametervalg som gir et estimat på hvor høyt nivået kan bli dersom det er veldig hard mark i og omkring mottakerpunktet.
	ISO 9613-2 & Nordisk beregningsmetode: markabsorpsjon 0,6 i hele beregningsområdet	Tilsvarende delvis myk mark. Benyttes normalt i industristøyberegninger for den type terreng som er rundt vindkraftverket. Gir et estimat på nivået dersom det er myk mark i og omkring mottakerpunktet.

Som en konservativ tilnærming er det ikke regnet med demping fra skog verken i våre eller Akustikkonsulten sine beregninger. Eventuell skogdemping som man måtte til enkelte punkt vil medføre at støy nivået blir lavere enn beregnet.

## 5 Tekniske data til vindturbinene

Oppdragsgiver har opplyst at det skal benyttes turbiner fra GE Renewables. Tabell 4 viser tekniske data og støydata for turbinene som er benyttet i datamodellen.

Tabell 4: Data for benyttede turbiner

	GE 5.3/5.5-158
Generatorstørrelse	5,3/5.5 MW <sup>1)</sup>
Navhøyde	141 m
Rotorblad - diameter	158 m
Serrated trailing edges	Ja <sup>2)</sup>
A-veid lydeffektnivå Maksimalt opplyst nivå	$L_{W,A,eq} = 106$ dB (v 8 m/s i 10 m høyde) <sup>3)</sup>
Noise setting <sup>4)</sup>	Odd_2 og Odd_5: NRO 105 på natt Odd_3: NRO 102 på natt Øvrige: NO

- 1) Samme turbin, men effekten endres ved en oppgradering i programvare og ikke selve turbinen.
- 2) I henhold til MTA-plan skal dette benyttes på alle turbiner. Leverandørdata spesifiserer ikke om lydeffekt er med eller uten serrated trailing edges. Lydeffektnivå med serrated trailing edges er normalt lavere enn uten slike.
- 3) Lydeffekt er oppgitt til 106 dB for vindhastigheter på 6 m/s og høyere. For lavere vindhastigheter er lydeffekten synkende. I beregningene er det benyttet 1/3-oktavgbåndsverdier ved bruk av Nord2000 og 1/1-oktavgbånd for de to andre metodene.
- 4) NO tilsvarer A-veid lydeffektnivå på 106 dB, det vil si ingen støymodus på turbinene. NRO 105 tilsvarer en støymodus/innstilling som reduserer lydeffektnivået til 105 dB og NRO 102 tilsvarer modus som reduserer lydeffektnivået til 102 dB. De valgte turbinene har mulighet til å redusere ned til NRO 98 dvs. hele 8 dB støydemping i forhold til NO (Normal Operation).

## 6 Beregnings situasjoner

For å kunne vurdere resultatene og følsomhet for ulike forutsetninger for marktype er det, som nevnt, utført punkt beregninger med flere metoder og ulike innstillinger på marktype.

Det er kun beregnet nivå for worst-case situasjon som beskrevet i kapittel 4 og 5..

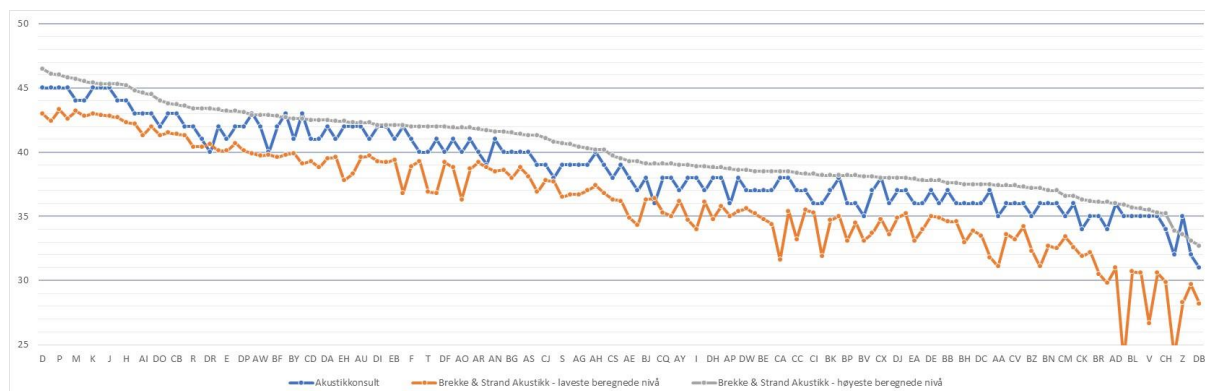
Følgende situasjoner er beregnet (se også forklaring i kapittel 4):

1. Beregningsmetode Nord2000 – marktype F
2. Beregningsmetode Nord2000 – marktype D
3. Beregningsmetode ISO9613-2 – markabsorpsjon = 0
4. Beregningsmetode ISO9613-2 – markabsorpsjon = 0,6
5. Nordisk beregningsmetode for industristøy – markabsorpsjon = 0
6. Nordisk beregningsmetode for industristøy – markabsorpsjon = 0,6

## 7 Beregningsresultater

Beregnet nivå i for alle situasjoner i alle punkt er vist i vedlegg 1.

I figur 1 nedenfor vises våre høyeste og laveste beregnede  $L_{den}$ -nivå for situasjon 1 – 6 presentert sammen med beregnede verdier i MTA-plan utført av Akustikkonsulten. Beregningspunktene er i figuren sortert slik at de med høyest støynivå ligger til venstre i figuren og de med lavest støynivå lengst til høyre.



**Figur 1: Grafisk presentasjon av beregnede verdier ( $L_{den}$ ). Grå og oransje linjer viser henholdsvis høyeste og laveste beregnede nivå i våre definerte situasjoner samt beregnede nivå fra Akustikkonsulten i MTA-plan (blå linje)**

Figur 1 viser at beregningene til Akustikkonsulten ligger mellom de ytterpunktene vi har definert og tett opp mot de høyest estimatene vi har, som kan slå inn ved svært hard mark i og omkring mottakerpunktet. Vår første vurdering er at de ulike beregningsmetodene og ytterpunktene vi har lagt inn for markdemping i våre forutsetninger, viser relativt små utslag/variasjoner i de punktene som får høyest støynivå, dvs. de lengst til venstre i figuren. I større avstand fra vindturbinene der det beregnes lavere støynivå, er forskjellen mellom høyeste og laveste estimat større. Man ser at også til høyre i figuren der nivåene er lavere, ligger beregningene til Akustikkonsulten opp mot de høyeste estimatene.

Figur 1 viser med noen få unntak at alle punkt får et beregnet  $L_{den}$ -nivå på 45 dB eller lavere, uavhengig av hvilken beregningsmetode og innstilling på marktype/-absorpsjon som benyttes.



I de 7 punktene hvor støyberegningene i MTA-planen viser et beregnet nivå akkurat på grenseverdi, ser man at det høyeste estimatet vi har beregnet med helt hard mark (grå linje) ligger inntil 1-2 dB høyere enn beregningene i MTA-planen. Dersom usikkerhet i markdemping slår inn maksimalt uheldig for disse punktene, kan nivået bli marginalt (1-2 dB) over grenseverdien. Hvis slike effekter påvises med målinger, har man da mulighet til å kompensere for dette ved å kjøre noen flere turbiner i *støyredusert modus* eller å øke dempingen ytterligere på de turbinene der dette allerede er lagt inn i MTA-planen.

I tabell 5 vises detaljerte resultater for punktene der vår høyeste beregnede verdi er  $L_{den} = 45$  dB eller høyere. Navngivningen på punktene er den samme som i støyberegningene tilhørende MTA-plan. Resultater for resterende punkt finnes i vedlegg 1

Tabell 5 (og vedlegg 1) viser at beregninger både etter ISO9613-2 og Nordisk beregningsmetode generelt gir lavere nivå enn Nord2000 dersom man legger inn relativt myk mark. På grunn av usikkerheter i beregning av markdemping i disse beregningsmetodene ved høyt plasserte kilder og skrånende terreng, benyttes det ved beregninger for vindparker ofte en markabsorpsjon på 0 for ikke å overvurdere markdempingen. Tabell 5 viser da godt samsvar mellom ISO9613-2 og Nord2000 med marktype F. Nordisk beregningsmetode med hard mark (markabsorpsjon 0) gir nivå som ligger typisk 1 – 2 dB høyere enn ISO9613-2 metoden.

**Tabell 5: Utvalg av beregningsresultatene. Punkt med beregnet nivå på  $L_{den} = 45$  dB eller høyere i våre beregninger er gjengitt i tabellen. Alle tall er  $L_{den}$  [dB]**

Beregningspunkt	Resultat fra MTA-plan <sup>1)</sup>	Resultater fra Brekke & Strand Akustikk					
		Nord2000		ISO9613-2		Nordisk beregningsmetode	
		Marktype		Markabsorpsjon		Markabsorpsjon	
		F	D	0	0,6	0	0,6
D	45	45	44	45	43	47	44
B	45	45	44	45	42	46	44
P	45	46	45	46	43	46	44
G	45	45	44	45	43	46	44
M	44	45	44	45	43	46	44
L	44	45	44	45	43	46	43
K	45	45	45	45	43	45	43
A	45	45	44	45	43	45	43
J	45	45	44	45	43	45	43
N	44	45	44	45	43	45	43
H	44	45	44	45	42	45	43
DT	43	44	44	44	42	45	43
AI	43	43	43	43	41	45	42
O	43	44	43	44	42	45	42

<sup>1)</sup> Beregningsmetode Nord2000. Generelt med marktype D, men inkludert enkeltområder med hardere mark.

## 8 Vurderinger

### 8.1 Beregninger

Beregningene vi har utført viser generelt godt samsvar med beregningene utført i MTA-planen. De ulike beregningsmetodene og forutsetninger for markdemping gir imidlertid noe variasjon, både som høyere og som lavere nivå. Dette viser at det er en viss usikkerhet i beregningsmetodene og i forutsetningene. Variasjonen i beregningsresultatene er innenfor det som kan forventes for denne type støyberegninger. Vår hovedkonklusjon er derfor at worst-case beregningene som er utført av Akustikkonsulten i forbindelse med MTA-plan, gir et godt bilde på forventet støynivå ved medvindsforhold og når turbinene gir maksimalt lydeffekt. Det vil si på de dager der støynivået er høyest i det enkelte mottakerpunkt.

### 8.2 Usikkerheter

Det er flere usikkerheter i støyberegninger, deriblant kildestyrke, reell kildehøyde, markdemping, skjermingseffekter av terreng, med videre.

Usikkerheten i kildestyrke mellom enkeltturbiner er tallfestet av leverandør. Standardavviket mellom enkeltturbiner er opplyst å være 0,8 dB. Dette beskriver variasjonen mellom hver turbin av samme type som blir produsert og montert i vindkraftverket. Denne usikkerheten kan avklares ved å gjøre nærmålinger av turbiner etter at de er montert i anlegget for å finne kildestyrken til de leverte turbinene. Deretter kan støyberegningene oppdateres.

Usikkerheten omkring markdemping er blant annet illustrert i beregningsresultatene i tabell 5. Her ser man at marktypen kan ha påvirkning på endelig resultat. For å avklare reell markdemping kan man gjøre kortidsmålinger ved de mest utsatte naboene for å kontrollere beregnet nivå i medvindsituasjon og gitt vindhastighet opp mot målt nivå for samme situasjon.

I beregningene settes vanligvis kildehøyden lik navhøyde på turbinene. I de fleste tilfeller vil dette være en god representasjon av virkeligheten. Imidlertid kan det i enkelte situasjoner forekomme at man ikke ser navet fra mottakerpunktet, dvs. at navet er skjermet av terreng, men at store deler av rotoren likevel er synlig over terrenget. I beregningene vil man da kunne få større skjermingseffekt av terrenget enn det som er reelt. Vi har ikke kontrollert siktlinjer fra alle punkt, men i et lite utvalg der dette kanskje kan være tilfellet. For dette vindkraftverket kan denne effekten muligens slå inn i mottakerpunkt C for turbinene Odd\_2 og Odd\_3.

I punkt C kan man dermed risikere å få noe høyere nivå enn  $L_{den} = 42$  dB som er beregnet, men trolig ikke så høyt som  $L_{den} = 45$  dB. For å avklare reelt støynivå her kan det være aktuelt med kortidsmålinger under medvindsforhold mellom turbin og punkt C, for å kontrollere ekvivalentnivå for worst-case situasjonen.

Det må nevnes at det generelt er vanskelig å finne gode punkt å måle i ved boliger og hytter, det vil si punkt der bakgrunnslyder fra naturen (vindsus, bekkesus, bølgeskvulp, fuglekvitter, etc.) er tilstrekkelig lav slik til at den ikke påvirker måleresultatet vesentlig. Ved støymålinger som skal ha en høy grad av nøyaktighet skal lydnivået fra andre kilder ligge minst 6-10 dB under nivået på støykilden som kontrolleres. Dette innebærer at om man skal måle nivå omkring grenseverdien på  $L_{den} = 45$  dB (ved worst-case scenariet), det vil si et ekvivalentnivå omkring 39 dB, bør bakgrunnslyd fra naturen gi et ekvivalentnivå på høyst 29-33 dB. Det er generelt få punkt man vil oppnå dette i når det blåser 8-10 m/s i 10 m høyde ved vindturbinene. I kupert terreng kan man imidlertid være heldig å finne punkt der naturlydene i korte perioder er så lave at man får tilnærmet riktige målinger av støyen fra vindturbinene.

Som nevnt er både beregninger og målinger forbundet med usikkerheter. Når man har både beregninger og målinger har man imidlertid et bedre bilde av støysituasjonen enn dersom man har kun én av delene. Manuelle overvåkede målinger kan gi indikasjoner og styrke beregningsresultatene alternativt gi indikasjoner på om beregningene kan ha underestimert lydutbredelsen. Hvis det er mistanke om "unormale fenomener" f.eks. unaturlig amplitudemodulasjon som nevnt i M-128, er det lytting og målinger som er aktuell undersøkelsesmetode. Dagens beregningsmetoder kan ikke brukes til å forutsi unormale fenomener.

### 8.3 Worst case vs årsmidlet nivå

I denne rapporten har vi kun utført beregninger av nivå for såkalt worst-case situasjon. Disse skal i henhold til veilederen M-128 i utgangspunktet legges til grunn ved vurderinger opp mot grenseverdier, selv om  $L_{den}$  i utgangspunktet er definert som et årsmidlet nivå.

Vår erfaring blant annet fra utredningsrapporten "Støyutbredelse ved vindkraftverk med typisk norsk topografi" (NVE rapport 13/2017) er at årsmidlet  $L_{den}$  der man tar hensyn til alle vindhastigheter og -retninger ikke er en god indikator på støysjenansen. Støynivået på de verste dagene vil i de aller fleste tilfellene være en bedre indikator.

Som en sammenligning kan det nevnes at verken Sverige eller Danmark opererer med årsmidlet nivå i sine grenseverdier for støy fra vindturbiner. Grenseverdiene i disse landene er relatert til en viss vindstyrke, 8 m/s medvind. (I Danmark er det også en egen grense ved 6 m/s medvind). Grensene ved 8 m/s er i disse landene omtrent tilsvarende som vår  $L_{den} = 45$  dB dersom vi legger til grunn worst-case situasjonen, dvs. at grenseverdien skal overholdes alle dager - også på de dagene der lydutbredelsen er på det høyeste.

Vår anbefaling er derfor at man bør legge til grunn worst case-situasjon i vurdering av støynivå opp mot grenseverdier ved behandling av MTA-planen, noe det også synes å være en dreining mot i NVEs praksis de senere år.

## 9 Konklusjon

Resultatene fra de uavhengige beregningene viser ikke større forskjeller fra beregningsresultatene i MTA-plan enn det som er kan forventes innenfor vanlig beregningsusikkerhet. Vår vurdering er derfor at beregningen som er lagt fram i MTA-planen for worst-case situasjonen gir et godt bilde på forventet støysituasjon fra vindkraftverket under medvindsforhold og når turbinene gir maksimal lydeffekt og at de bør legges til grunn for videre vurderinger i prosjektet.

I sju punkt er det i MTA-planen beregnet nivå som ligger akkurat på grenseverdien og i ytterligere 10 punkt nivå som ligger 1-2 dB under grenseverdien. Siden beregninger er omfattet med en viss usikkerhet kan det ikke utelukkes at støynivået i et fåtall punkt kan havne marginalt over grenseverdien på dager med medvindsforhold (worst-case).

Skulle det vise seg at en eventuell marginal overskridelse finner sted og denne påvises ved målinger, har utbygger mulighet til å regulere støyen ved å kjøre enkelte turbiner i såkalt støyreduert modus. En støyreduksjon på 1-4 dB på natt er allerede lagt inn på tre av turbinene i beregningsforutsetningene. De valgte turbintypene gir mulighet for å trinne støyen ned ytterligere. Totalt kan de trinnes ned med 8 dB i forhold til normal operasjon.

Beregningsresultater. Alle tall er  $L_{den}$  [dB]

Beregningspunkt	Resultat fra MTA-plan <sup>1</sup>	Resultater fra Brekke & Strand Akustikk					
		Nord2000		ISO9613-2		Nordisk beregningsmetode	
		Marktype		Markabsorpsjon		Markabsorpsjon	
		F	D	0	0,6	0	0,6
A	45	45	44	45	43	45	43
B	45	45	44	45	42	46	44
C	42	40	39	42	40	41	38
D	45	45	44	45	43	47	44
E	41	42	41	42	40	43	41
F	41	42	40	41	39	42	40
G	45	45	44	45	43	46	44
H	44	45	44	45	42	45	43
I	38	38	38	36	34	39	37
J	45	45	44	45	43	45	43
K	45	45	45	45	43	45	43
L	44	45	44	45	43	46	43
M	44	45	44	45	43	46	44
N	44	45	44	45	43	45	43
O	43	44	43	44	42	45	42
P	45	46	45	46	43	46	44
Q	40	41	40	42	39	42	40
R	42	43	42	43	40	43	41
S	39	40	40	39	37	41	38
T	40	41	40	39	37	42	40
U	37	38	37	38	35	39	36
V	35	36	35	34	32	30	27
W	42	43	42	44	41	44	41
X	43	43	43	44	42	44	42
Y	41	42	42	43	40	43	41

<sup>1</sup> Beregningsmetode Nord2000. Generelt med marktype D, men inkludert enkeltområder med hardere mark.

Beregnings- punkt	Resultat fra MTA-plan <sup>1</sup>	Resultater fra Brekke & Strand Akustikk					
		Nord2000		ISO9613-2		Nordisk beregningemetode	
		Marktype		Markabsorpsjon		Markabsorpsjon	
		F	D	0	0,6	0	0,6
Z	35	33	32	34	32	31	28
AA	35	37	36	33	31	37	35
AB	35	35	34	33	31	35	33
AC	43	43	42	42	40	43	41
AD	36	36	36	35	33	34	31
AE	38	38	38	37	35	39	37
AF	37	38	37	38	36	38	36
AG	39	40	39	39	37	39	37
AH	40	40	39	40	37	40	38
AI	43	43	43	43	41	45	42
AJ	38	39	38	38	35	38	36
AK	41	41	40	41	39	42	40
AL	41	41	41	39	37	42	40
AM	43	42	41	42	40	43	40
AN	41	42	41	41	39	42	39
AO	40	40	40	38	36	42	40
AP	36	38	37	37	35	39	36
AQ	42	43	42	43	41	43	41
AR	40	41	41	41	39	42	40
AS	40	40	39	40	38	41	39
AT	40	41	40	41	39	41	39
AU	42	42	41	42	40	42	40
AV	36	37	36	36	34	37	35
AW	42	43	42	42	40	43	41
AX	35	36	35	35	33	33	31
AY	37	38	38	39	36	39	37
AZ	40	40	40	42	40	43	41
BA	32	33	31	33	31	33	30
BB	37	38	37	37	35	38	35
BC	36	37	37	34	32	38	36

Beregnings- punkt	Resultat fra MTA-plan <sup>1</sup>	Resultater fra Brekke & Strand Akustikk					
		Nord2000		ISO9613-2		Nordisk beregning metode	
		Marktype		Markabsorpsjon		Markabsorpsjon	
		F	D	0	0,6	0	0,6
BD	42	43	42	42	40	43	41
BE	37	38	37	37	35	39	36
BF	42	42	42	42	40	43	41
BG	40	40	40	40	38	42	39
BH	36	36	36	35	33	38	35
BI	36	37	36	36	34	38	35
BJ	38	38	38	39	36	39	37
BK	37	38	37	37	35	38	36
BL	35	36	35	34	32	34	31
BM	36	38	38	39	36	39	37
BN	36	36	35	35	33	37	35
BO	38	38	37	37	35	38	36
BP	36	37	37	35	33	38	36
BQ	40	42	41	41	39	42	39
BR	35	36	35	33	31	36	34
BS	36	37	37	37	35	38	36
BT	41	42	41	42	40	42	40
BU	37	37	36	37	34	39	36
BV	35	37	36	35	33	38	36
BW	36	36	35	36	34	38	35
BX	36	36	35	37	35	38	35
BY	41	42	41	42	40	43	40
BZ	35	36	35	35	32	37	35
CA	38	39	38	37	35	35	32
CB	43	43	43	44	41	44	42
CC	37	37	37	35	33	38	36
CD	41	43	42	41	39	43	40
CE	41	42	41	42	40	42	40
CF	36	37	36	35	33	37	34
CG	41	43	42	41	39	42	40

Beregnings- punkt	Resultat fra MTA-plan <sup>1</sup>	Resultater fra Brekke & Strand Akustikk					
		Nord2000		ISO9613-2		Nordisk beregningemetode	
		Marktype		Markabsorpsjon		Markabsorpsjon	
		F	D	0	0,6	0	0,6
CH	34	35	34	32	30	35	33
CI	36	38	37	38	35	38	36
CJ	39	40	39	40	38	41	39
CK	34	35	34	34	32	36	34
CL	38	39	38	37	35	39	37
CM	35	36	35	36	33	37	34
CN	36	36	36	33	31	37	35
CO	37	38	38	38	36	39	36
CP	36	37	36	37	34	37	35
CQ	38	38	37	38	35	39	37
CR	34	36	35	32	30	36	34
CS	38	39	38	39	36	40	37
CT	35	36	35	34	32	36	34
CU	35	35	34	36	34	28	24
CV	36	37	36	35	33	37	35
CW	38	38	37	37	35	39	37
CX	38	38	37	38	36	37	35
CY	38	41	40	40	38	40	38
CZ	39	41	40	41	39	42	40
DA	42	42	41	42	40	43	40
DB	31	32	31	33	31	31	28
DC	36	37	36	36	34	38	35
DD	38	39	38	38	35	39	36
DE	37	38	37	37	35	38	35
DF	40	41	40	42	40	42	39
DG	36	37	36	36	34	38	36
DH	38	39	38	37	35	39	36
DI	42	42	41	42	39	42	40
DJ	37	38	37	37	35	38	36
DK	41	42	41	41	39	42	39



Beregnings- punkt	Resultat fra MTA-plan <sup>1</sup>	Resultater fra Brekke & Strand Akustikk					
		Nord2000		ISO9613-2		Nordisk beregning metode	
		Marktype		Markabsorpsjon		Markabsorpsjon	
		F	D	0	0,6	0	0,6
DL	32	33	32	34	32	28	24
DM	39	40	39	39	37	40	38
DN	43	43	42	41	39	42	40
DO	42	44	43	43	41	44	42
DP	42	42	42	42	40	43	41
DQ	39	39	39	39	37	41	38
DR	40	43	42	43	41	43	41
DS	39	40	39	39	37	41	39
DT	43	44	44	44	42	45	43
DU	37	38	37	37	34	39	37
DV	36	36	35	35	33	37	34
DW	37	38	37	38	36	39	36
DX	39	40	38	38	36	39	37
DY	42	42	41	41	39	42	40
DZ	39	40	39	39	37	40	38
EA	36	36	36	35	33	38	35
EB	41	42	42	42	39	42	39
EC	37	37	37	36	34	38	36
ED	37	37	36	34	32	38	35
EE	36	37	36	37	35	38	35
EF	38	39	38	38	36	39	36
EG	42	40	39	39	37	42	40
EH	42	42	41	40	38	42	40
EI	37	37	36	37	35	38	35