

Til
Energistyrelsen

Dokumenttype
Rapport ver. 4

Dato
April 2024

Energistyrelsen

Støj fra havvindmøller langt fra kysten



Energistyrelsen

Støj fra havvindmøller langt fra kysten

Projekt navn **Havvindmøller langt fra kysten**
Projektnr. **1100056564**
Modtager **Energistyrelsen**
Dokumenttype **Rapport**
Version **4.0**
Dato **2024-05-01**
Udarbejdet af **AAJ**
Kontrolleret af **JEGH**
Godkendt af **AAJ**
Description **Denne version supplerer version 2.0, dateret 2024-03-12. I version 3.0, der er en selvstændig rapport, er udført beregning af støj med udbygning af område 1 og 2 i Nordsøen. Version 4.0 omfatter en supplerende forklaring til figur 18 og 19**

Rambøll
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S

T +45 5161 1000
<https://dk.ramboll.com>

Rambøll Danmark A/S
CVR NR. 35128417

Indhold

1.	Indledning	3
2.	Konklusioner	3
3.	Støjfølsomme områder på land	4
3.1	Planlagt støjfølsom anvendelse	7
3.2	Uplanlagt støjfølsom arealanvendelse	7
3.3	Fritliggende støjfølsom anvendelse	8
3.4	Beboelse i det åbne land	8
4.	Oplevelse af støjniveauer	10
5.	Vurdering af samlet støj fra vindmøller	12
6.	Udbredelse af støj fra havvindmøller	15
6.1	Medvindskomponenten	17
6.2	Betydning af beregningspunkters placering på land	17
7.	Støjens frekvensmæssige sammensætning	18
8.	Beregning af støj fra havvindmøller	21
8.1	Beregningsmetode	22
8.2	Tilpasning til lydisolations i sommerhusområder	23
8.3	Tilpasning af kystlinje	23
8.4	Udførte beregninger	23
8.5	Definition af eksisterende og planlagte vindmøller	24
9.	Forudsætninger om støj fra vindmøllerne	24
9.1	Horns Rev I	24
9.2	Horns Rev II	25
9.3	Horns Rev III	25
9.4	Vesterhav Nord og Vesterhav Syd	26
9.5	Thor Havvindmøllepark	26
9.6	Nordsøen Område 1 (A1, A2 og A3) samt Område 2	26
10.	Beregning af lavfrekvent støj	30
10.1	Udpegning af beregningspunkter	31
10.2	Beregning for scenarium 1	34
10.2.1	Lavfrekvent støj i sommerhusområder, scenarium 1 (Tabel 10)	35
10.2.2	Lavfrekvent støj i øvrige områder for støjfølsom arealanvendelse, scenarium 1 (Tabel 11)	36
10.2.3	Lavfrekvent støj i beboelse i det åbne land, scenarium 1	36
10.3	Beregning for scenarium 2	37
10.3.1	Lavfrekvent støj i sommerhusområder, scenarium 2 (Tabel 12)	38
10.3.2	Lavfrekvent støj i øvrige områder for støjfølsom arealanvendelse, scenarium 2 (Tabel 13)	39
10.3.3	Lavfrekvent støj i beboelse i det åbne land, scenarium 2	39
11.	Beregning af almindelig støj	40

11.1.1	Almindelig støj i alle områdetyper for støjfølsom arealanvendelse, scenarium 2 (Tabel 14)	42
11.1.2	Almindelig støj i beboelse i det åbne land, scenarium 2	43
11.1.3	Almindelig støj i scenarium 1	43

1. Indledning

I forbindelse med udbygningen af havvindmølleprojekter i Nordsøen har Energistyrelsen anmodet Rambøll om at udføre en række beregninger af støj fra planlagte og eksisterende vindmøller på havet i områderne vest for Jyllands kyst.

På baggrund af informationer tilvejebragt af Energistyrelsen har Rambøll opstillet forudsætninger om havvindmøllernes støjudsendelse.

2. Konklusioner

De udførte beregninger omfatter støj fra eksisterende og planlagte havvindmøller samt eksisterende vindmøller på land. Vindmøllerne er derfor delt i to grupper:

Planlagte vindmøller : Denne gruppe omfatter havvindmøller i udbygningsområderne Nordsøen Område 1 (A1 – A3), Nordsøen Område 2 og Thor. De vil alle blive placeret mindst 20 km fra kysten. Af beregningstekniske årsager indgår Horns Rev II og III også i denne gruppe, fordi de også er placeret mindst 20 km fra kysten. De to Horns Rev havvindmølleparker er dog uden væsentlig betydning for den samlede støj, og slet ikke i de områder, hvor støjforholdene kan være kritiske.

Eksisterende vindmøller : Denne gruppe omfatter Vesterhav Nord, Vesterhav Syd og Horns Rev I, som alle er placeret mindre end 20 km fra kysten. Endvidere indgår eksisterende vindmøller på land.

Der er udført beregninger for to scenarier:

- Scenarium 1 med i alt 334 vindmøller i Område 1 og 2, samlet effekt på 5,0 GW
- Scenarium 2 med i alt 1.164 vindmøller i område 1 og 2, samlet effekt på 17,5 GW.

I begge scenarier er havvindmøllerne i Nordsøen område 1 og 2 jævnt fordelt i udbygningsområderne.

Beregning af **lavfrekvent støj** fra vindmøller er udført på følgende måde:

Vindmøller på land og havvindmøller placeret mindre end 20 km fra kysten

Beregning er udført i henhold til metoden beskrevet i den gældende vindmøllebekendtgørelsen fra 2019, dvs. med korrektion for multiple refleksioner for havvindmøllerne. Ved beregning af støj i sommerhusområder indgår således også de særlige værdier for lydisolations i disse områder.

Havvindmøller placeret mere end 20 km fra kysten

Beregning er udført i henhold til metoden beskrevet i den tidligere vindmøllebekendtgørelse fra 2015, dvs. uden korrektion for multiple refleksioner. Ved beregning af støj i sommerhusområder indgår de særlige værdier for lydisolations i disse områder (jævnfør bekendtgørelsen fra 2019).

Beregning af **almindelig støj** er udført i henhold til den gældende vindmøllebekendtgørelse fra 2019, dvs. med korrektion for multiple refleksioner for havvindmøllerne uanset deres afstand til kysten.

Med de forudsætninger, der er anvendt i nærværende rapport mht. antal vindmøller, opstillingsmønstre og støjdata, kan den samlede udbygning af Nordsøen område 1 og 2 med 17,5 GW og Thor gennemføres uden overskridelse af grænseværdierne. Der skal dog indarbejdes en optimering, som sikrer, at den samlede lavfrekvente støj fra Nordsøen Område 1 og 2 og Thor i enkelte sommerhusområder reduceres med mindst 0,5 dB i forhold til de anvendte forudsætninger.

Der er fundet to områder, et i nærheden af Fjaltring og et ved Hvidbjerg, hvor der kan være overskridelse af grænseværdierne for almindelig støj. Overskridelsen ved Hvidbjerg skyldes eksisterende vindmøller i lokalområdet, mens støjen fra havvindmøllerne er uden betydning.

De vindmøller på land, der er støjmæssigt dominerende i området ved Fjaltring, er tilknyttet Testcenter Høvsøre, men der er også andre eksisterende vindmøller i området. Ved detaljeret planlægning af havvindmøllerudbygningen er der behov for en optimering af samspillet mellem nye og eksisterende vindmøller, som sikrer, at grænseværdien kan overholdes.

Det kan ikke afvises, at der kan være individuelle boliger i det åbne land, hvor et uheldigt sammenfald af et højt støjbidrag fra eksisterende vindmølle og et mindre bidrag fra de planlagte havvindmøller lige netop medfører en beregnet overskridelse af en grænseværdi. Det vurderes imidlertid, at disse sammenfald i værste fald vil omfatte få boliger og små beregnede overskridelser af grænseværdier.

3. Støjfølsomme områder på land

I bekendtgørelsen om støj fra vindmøller¹ er der fastsat grænseværdier for støj fra vindmøller for følgende områdetyper:

1. Støjfølsom arealanvendelse, som er områder, der anvendes til eller i lokalplan eller byplanvedtægt er udlagt til bolig-, institutions-, sommerhus-, camping- eller kolonihaveformål, eller områder, som er udlagt i lokalplan eller byplanvedtægt til støjfølsom rekreativ aktivitet.
2. Udendørs opholdsarealer højst 15 meter fra beboelse i det åbne land.

De danske grænseværdier for støj fra vindmøller er fastsat i bekendtgørelsen om støj fra vindmøller. De er fastsat på et niveau, der er et udtryk for en støjbelastning som Miljøstyrelsen vurderer, er miljømæssigt og sundhedsmæssigt acceptabel. Når støjen svarer til grænseværdierne, kan vindmøllerne undertiden høres, men de fleste mennesker vil ikke opleve støjen som en væsentlig gene.

Grænseværdierne gælder for den samlede støj fra vindmøller ved en bolig eller et andet område, der anvendes til eller er udlagt til støjfølsom arealanvendelse, og kan ikke fraviges. Ved vurdering af støjbidrag fra nye vindmøller skal derfor indgå støj fra eventuelle eksisterende vindmøller i området, så det sikres, at den samlede støj fra vindmøller ikke overstiger grænseværdierne.

¹ Bekendtgørelse om støj fra vindmøller, Bek. nr. 135 af 07/02/2019, Miljøministeriet

Der er fastsat grænseværdier for støjen ved to vindhastigheder; 6 m/s og 8 m/s. Grænseværdierne ved begge vindhastigheder skal være overholdt.

Grænseværdierne fremgår af Tabel 1.

Tabel 1. Bindende grænseværdier for støj fra vindmøller, jævnfør vindmøllebekendtgørelsen. Støjfølsom arealanvendelse omfatter områder, der anvendes til eller i lokalplan eller byplanvedtægt er udlagt til bolig-, institutions-, sommerhus- camping- eller kolonihaveformål, eller områder som er udlagt i lokalplan eller byplanvedtægt til støjfølsom rekreativ aktivitet.

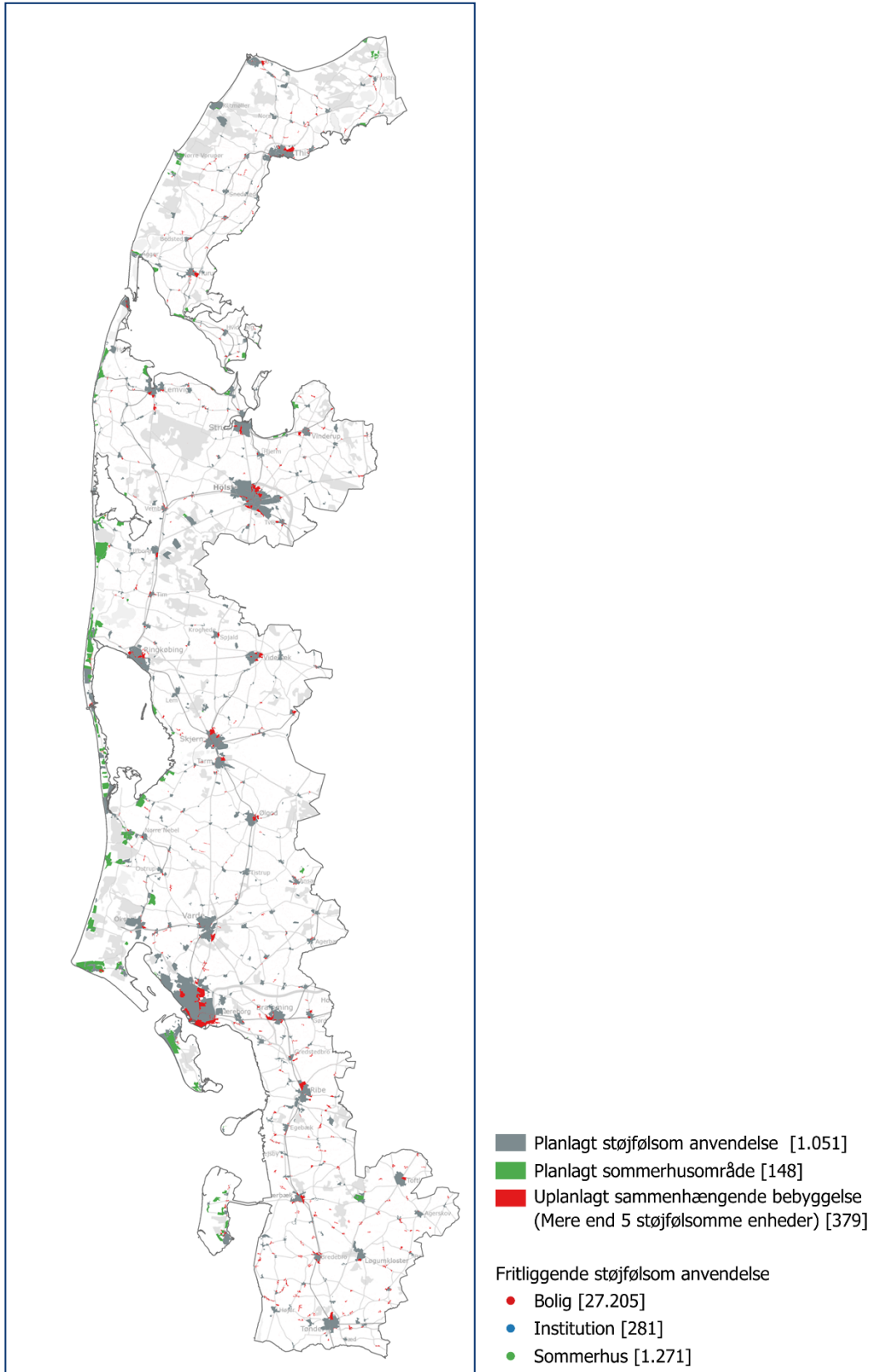
Vindhastighed	Almindelig støj, L_{pA} i dB		Lavfrekvent støj L_{pALF} i dB
	Beboelse i det åbne land (udendørs maksimalt 15 meter fra boligen)	Det mest støjbelastede punkt i områder til støjfølsom arealanvendelse (udendørs)	Indendørs i beboelse
8 m/s	44 dB	39 dB	20 dB
6 m/s	42 dB	37 dB	20 dB

Ved planlægning af konkrete vindmølleprojekter vil det være praksis at gennemføre en konkret analyse for at identificere områder for støjfølsom arealanvendelse og beboelse i det åbne land, der kan blive påvirket af støj fra projektet.

Til brug for nærværende rapport er der gennemført en GIS-analyse af det vestlige Jylland for at identificere alle områder for støjfølsom arealanvendelse samt beboelse i det åbne land. Analysen omfatter følgende kommuner:

- Tønder
- Esbjerg
- Fanø
- Varde
- Ringkøbing-Skjern
- Holstebro
- Lemvig
- Struer
- Thisted

Området med de ni kommuner er vist på Figur 1.



Figur 1. Landområde omfattet af GIS-analyse for at identificere områder for støjfølsom arealanvendelse. Kortet tjener til oversigtsformål. I parentes er angivet antal enheder i analyseområdet. Eksempel på detaljeret kort er vist på Figur 2.

I det følgende er beskrevet, hvordan de områder, der er omfattet af vindmøllebekendtgørelsens grænseværdier, er identificeret. Det skal bemærkes, at identifikationen er udført med det formål at skabe overblik over omfanget af de områder, der kan være behov for at inddrage i vurdering af støj fra havvindmøller. Der er ikke tale om en analyse, som med sikkerhed kan identificere alle individuelle områder for støjfølsom arealanvendelse og beboelse i det åbne land. Det skal ske ved den egentlige planlægning og miljøkonsekvensvurdering af konkrete vindmølleprojekter.

3.1 Planlagt støjfølsom anvendelse

Der er anvendt polygoner fra kommuneplanrammer og lokalplaner med følgende generelle anvendelser:

- Boligområder
- Blandet bolig og erhverv
- Centerområder
- Områder til offentlige formål
- Rekreative områder.

Områder med planlagt anvendelse som sommerhusområder er identificeret særskilt ved at anvende polygoner fra kommuneplanrammer og lokalplaner med følgende generelle anvendelser:

- Sommerhusområder.
- Områder med zonestatus "Sommerhuse".

I princippet omfatter vindmøllebekendtgørelsen ikke støjfølsomme områder, der alene er udlagt i kommuneplan og ikke omfattet af en lokalplan. Det er imidlertid valgt at inddrage kommuneplanrammerne, fordi de kan omfatte områder med en faktisk støjfølsom arealanvendelse. De kan også være i en lokalplanproces. Ved en miljøvurdering af et konkret vindmølleprojekt kan det nærmere undersøges om et potentielt støjfølsomt område i realiteten er omfattet af vindmøllebekendtgørelsens bestemmelser.

3.2 Uplanlagt støjfølsom arealanvendelse

Vindmøllebekendtgørelsens bestemmelser omfatter også områder, der anvendes til støjfølsom arealanvendelse, selvom de ikke er udlagt til anvendelse af denne type i lokalplan eller byplanvedtægt. Disse områder må også identificeres præcist i konkrete projekter, men er i denne undersøgelse identificeret som polygoner fra Dataforsyningens GIS-lag "Bebyggelse.json" fratrukket de ovenfor nævnte planlagte områder. Områderne er endvidere begrænset til områder, der indeholder mere end 5 enheder med støjfølsom anvendelse, som ligger med en indbyrdes afstand på maksimalt 100 meter.

Den anvendte afstand på 100 meter er et skøn. Der findes ingen faste kriterier for en sammenhængende bebyggelse, som har karakter af et boligområde, og dermed status som et område for støjfølsom arealanvendelse. I Miljøstyrelsens vejledning om støj fra vindmøller² er det angivet, at det i hvert enkelt tilfælde må bero på en konkret vurdering. Til støtte for en sådan vurdering har Miljøstyrelsen vejledende udtalt, at hvis mere end en håndfuld huse ligger samlet i kort afstand fra hinanden, vil man normalt betragte det som et boligområde og dermed som støjfølsom arealanvendelse.

² Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 51/2021, Støj fra vindmøller

Ved konkrete miljøkonsekvensvurderinger skal kommune i tvivlstilfælde tage stilling til om en bebyggelse har karakter som en sammenhængende bebyggelse.

3.3 Fritliggende støjfølsom anvendelse

Selvom en fritliggende institution ikke ligger i et område for støjfølsom arealanvendelse, kan den alligevel blive betragtet som støjfølsom arealanvendelse. Følgende anvendelser i henhold til BBR er derfor identificeret som institution, der ikke ligger i områder for støjfølsom arealanvendelse:

- Bygning til undervisning og forskning (skole, gymnasium, forskningslaboratorium o.lign.)
- Grundskole, Universitet
- Anden bygning til undervisning og forskning
- Bygning til hospital, sygehjem, fødeklínik o. lign.
- Hospital og sygehus
- Hospice, behandlingshjem mv.
- Sundhedscenter, lægehus, fødeklínik mv.
- Anden bygning til sundhedsformål
- Bygning til daginstitution
- Daginstitution
- Servicefunktion på døgninstitution
- Kaserne
- Fængsel, arresthus mv.
- Anden bygning til institutionsformål
- Bygning til anden institution, herunder kaserne, fængsel o. lign.

3.4 Beboelse i det åbne land

Disse enheder er ved hjælp af BBR identificeret som bygninger med følgende anvendelser, der ikke ligger i områder for støjfølsom arealanvendelse:

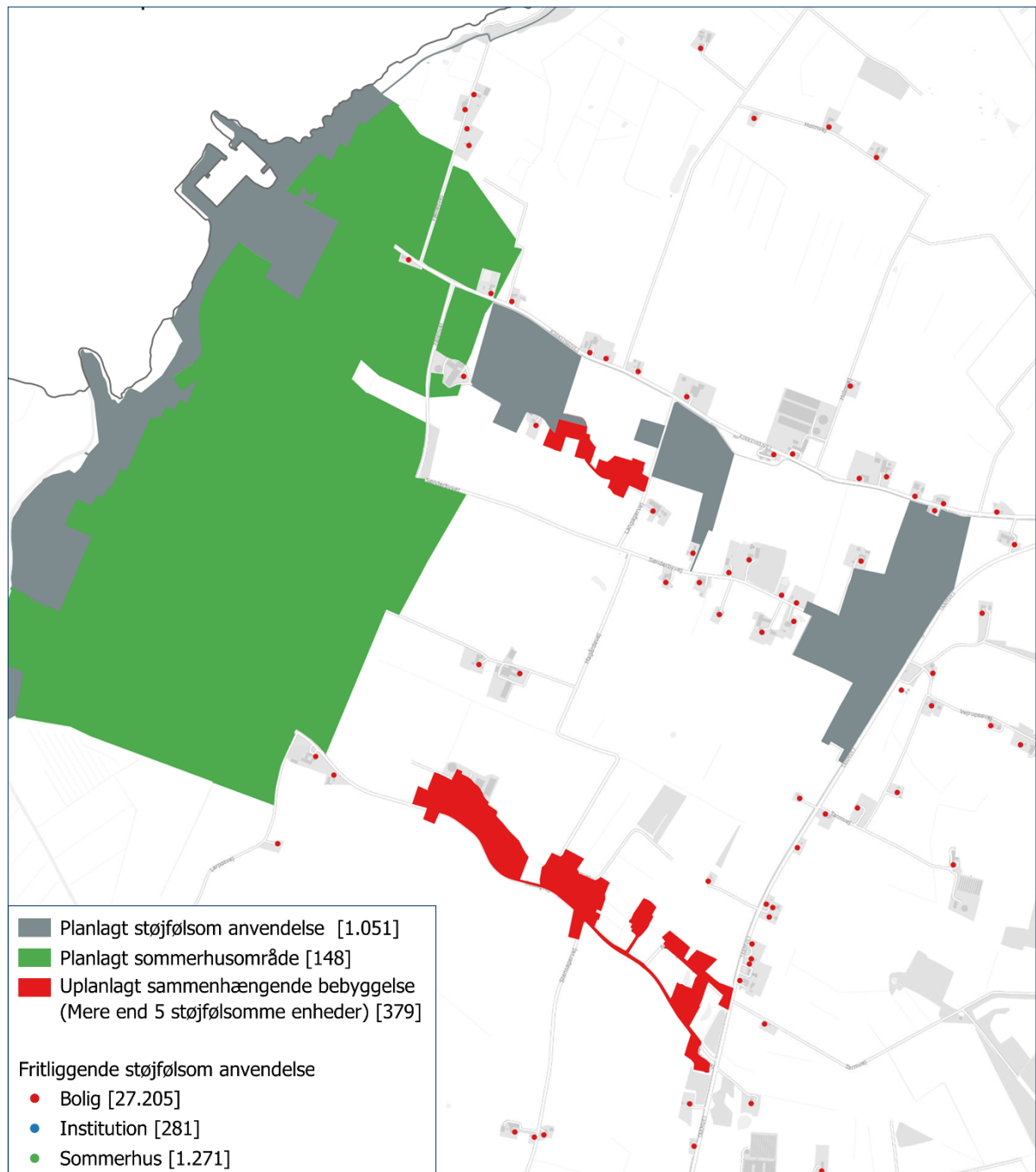
- Stuehus til landbrugsejendom
- Fritliggende enfamiliehus
- Sammenbygget enfamiliehus
- Fritliggende enfamiliehus i tæt-lav bebyggelse
- Række-, kæde-, eller dobbelthus
- Række-, kæde- og klyngehus
- Dobbeltus
- Etageboligbygning, flerfamiliehus eller to-familiehus
- Kollegium
- Boligbygning til døgninstitution
- Anden bygning til helårsbeboelse.

Endvidere er identificeret følgende som fritliggende støjfølsom arealanvendelse:

- Sommerhus
- Bygning til feriekoloni, vandrehjem o.lign. bortset fra sommerhus
- Fericenter, center til campingplads mv.
- Bygning med ferielejligheder til erhvervsmæssig udlejning
- Bygning med ferielejligheder til eget brug

- Anden bygning til ferieformål

Figur 2 er et eksempel på et detaljeret udsnit af kortet på Figur 1. Når resultater af beregning af støj fra vindmøller foreligger, kan de kombineres med kort af denne type og mulige konflikter med grænseværdier for støj kan identificeres. Der kan i så fald udføres detaljerede beregninger for udvalgte områder og beboelse.

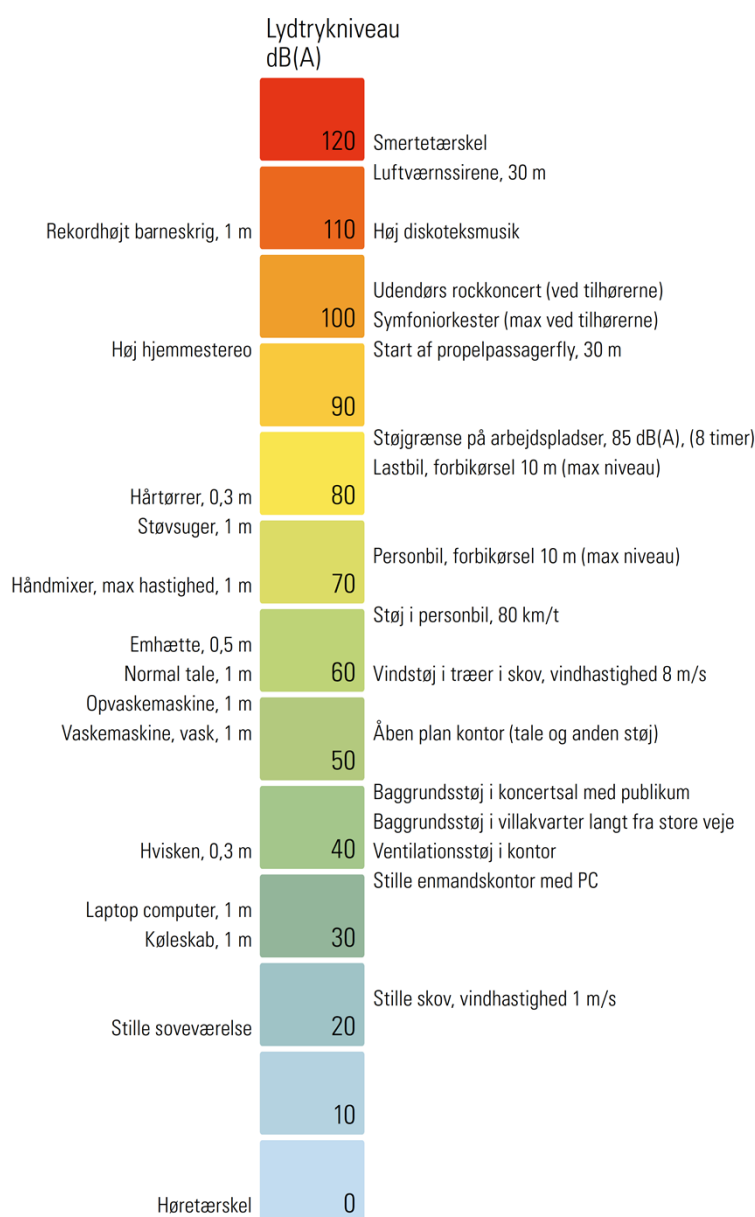


Figur 2. Eksempel på detaljeret kort, der viser områder for støjfølsom arealanvendelse og beboelse i det åbne land.

4. Oplevelse af støjniveauer

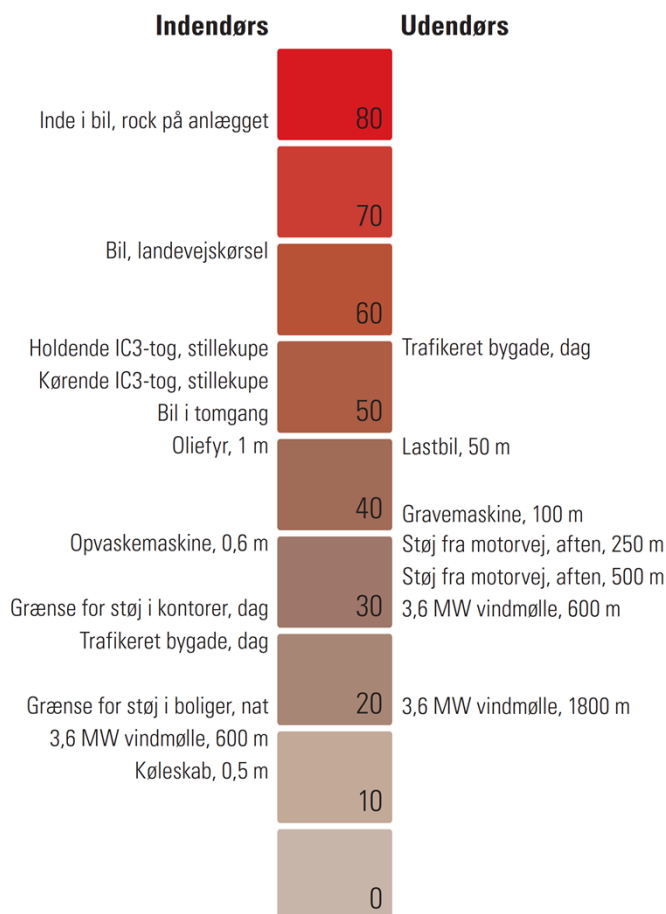
Styrken af støj (støjniveauet) måles i decibel, der forkortes dB. Et støjniveau på 0 dB svarer til den svageste lyd, som et ungt menneske med normal hørelse kan opfatte. Ved 120 dB vil støjen give smerter i ørerne.

Den del af støjen, der ligger i frekvensområdet 20 Hz - 10.000 Hz, kaldes almindelig støj og omfatter den samlede hørbare støj fra vindmøller, og i øvrigt de fleste andre støjkilder. Den del af støjen, der ligger i frekvensområdet 10 Hz - 160 Hz, kaldes lavfrekvent støj. På figurerne på de næste sider er der eksempler på forskellige støjkilder og støjniveauer for henholdsvis almindelig støj og lavfrekvent støj.



Figur 3. Støjbarometer for almindelig støj med eksempler på forskellige støjniveauer. Grænseværdier for støj fra vindmøller gælder for støj udendørs og ligger i intervallet 37 - 44 dB. Kilde: Force Technology.

Lavfrekvent lydtrykniveau dB(A)-LF



Figur 4. Støjbarometer for lavfrekvent støj med eksempler på forskellige støjniveauer. Grænseværdien for støj fra vindmøller gælder for støj indendørs og er 20 dB. Kilde: Force Technology.

Decibelskalaen er logaritmisk. Derfor kan man ikke uden videre lægge støjniveauer sammen eller trække dem fra hinanden. Hvis man for eksempel lægger støjen fra to lige kraftige støjkluder sammen, bliver støjniveauet 3 dB højere. Og omvendt bliver støjniveauet 3 dB lavere, hvis man fjerner den ene af to ens støjkluder. Det betyder også, at en halvering eller fordobling af antallet af vindmøller alt andet lige medfører en ændring i støjniveauet på 3 dB. En ændring på 3 dB opleves dog kun som en lille ændring af det hørbare støjniveau. En ændring på 10 dB lyder som en halvering eller fordobling af støjen.

Ændring af støjniveau	Ændringen opleves som:
1 dB	En meget lille ændring
2 dB	En netop hørbar ændring
3 dB	En hørbar, men lille ændring
5 dB	En væsentlig og tydelig ændring
10 dB	En stor ændring. Lyder som en halvering af støjen
20 dB	En meget stor ændring

Tabel 2. Eksempler på, hvordan ændringer i støjen opleves.

5. Vurdering af samlet støj fra vindmøller

Grænseværdierne i bekendtgørelsen om støj fra vindmøller (vindmøllebekendtgørelsen)³ gælder for den samlede støjbelastning fra alle vindmøller. Ved etablering af nye vindmøller i et område skal det derfor sikres, at den samlede støj fra eksisterende vindmøller plus støj fra de nye vindmøller kan overholde grænseværdierne. Denne samlede støj skal fastlægges ved brug af den beregningsmetode, der er beskrevet i vindmøllebekendtgørelsen.

I Miljøstyrelsens vejledning om støj fra vindmøller er givet anvisninger på, hvordan vindmøllebekendtgørelsens krav om den samlede støj fra vindmøller skal håndteres i praksis. Det angives således, at hvis støjbidraget fra nye vindmøller er mindst 15 dB svagere end støjbidraget fra eksisterende vindmøller (eller omvendt),

"...kan man regne med, at støjbidraget fra [...] de nye vindmøller som udgangspunkt ikke vil have nogen praktisk betydning for støjbelastningen [...], der derfor kan udelades af beregningerne. Tilsvarende kan man ved vurdering af de nye møller, regne med, at støjbidraget fra eksisterende vindmøller kan lades ude af betragtning, hvis det er mindst 15 dB svagere end støjen fra de nye. Kriteriet om en forskel på 15 dB er vejledende og normalt hensigtsmæssigt ved vurdering af den samlede støj fra vindmøller på land."

Nye metoder til beregning af støj fra vindmøller på havet, som blev indført med den gældende bekendtgørelse, betyder imidlertid, at der kan optræde små støjbidrag fra disse vindmøller over meget store områder på land, selvom bidragene kan være beregningstekniske og uden reel miljømæssig betydning. Ukritisk brug af en forskel på 15 dB som kriterium for støjbidrag, der medtages i støjregninger, kan derfor medføre, at støjbidrag fra nye havvindmøller skal undersøges sammen med støjen fra eksisterende vindmøller i meget store områder. Det er imidlertid ikke hensigten med reglerne, at støjen fra samtlige vindmøller i urealistisk store områder skal medtages i støjregninger.

Vejledningen anbefaler derfor,

"...at man foretager en konkret vurdering for at afgrænse de vindmøller, der bør indgå i en støjregning. For vindmøller på land kan 15 dB kriteriet være hensigtsmæssigt, men betyder kriteriet, at havvindmøller på meget store afstande i princippet skal medtages, anbefales det at

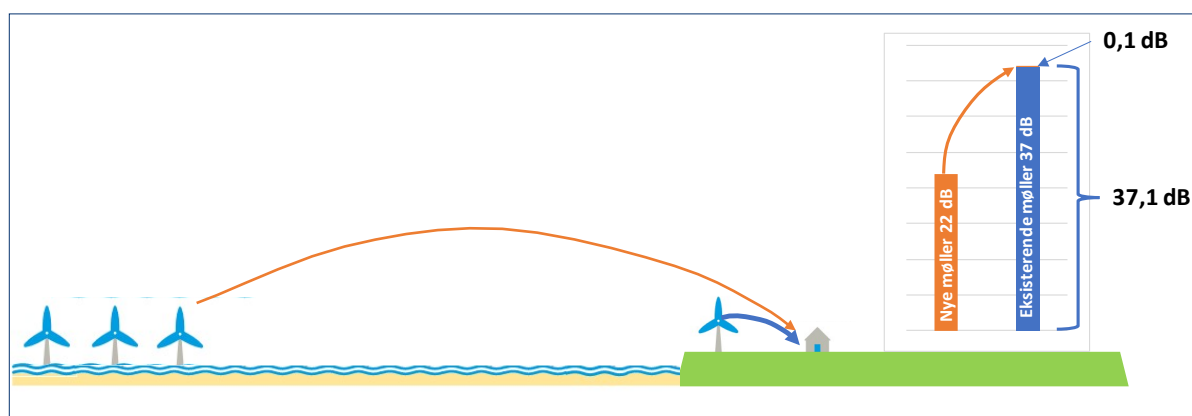
³ Bekendtgørelse om støj fra vindmøller, Bek. nr. 135 af 07/02/2019, Miljøministeriet

justere kriteriet. Det kan her indgå, at der sker en større afstandsændring af støjen, også fra havvindmøller, ved udbredelse over land end over vand. Det frarådes dog at anvende et kriterium for forskelle i støjbidrag fra havvindmøller og eksisterende vindmøller, der er mindre end 10 dB.”

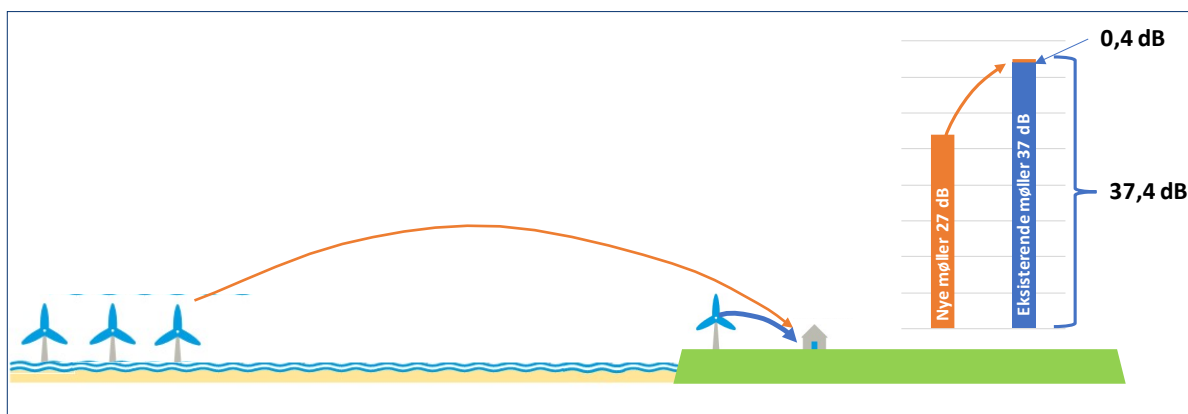
Det er således i overensstemmelse med vejledningen at anvende et kriterium for betydende støjbidrag, der er mindre end 15 dB. Det anbefales, at der ikke anvendes et kriterium, som er mindre end 10 dB, men vejledning lægger op til, at man foretager en konkret vurdering, især når der er tale om støjbidrag fra havvindmøller.

I nærværende rapport omfatter de udførte støjberegninger derfor beregning af støjen ned til grænseværdierne minus 10 dB. Dermed er det muligt at identificere de områder, hvor støj fra nye og eksisterende vindmøller skal indgå i beregning af den samlede støj.

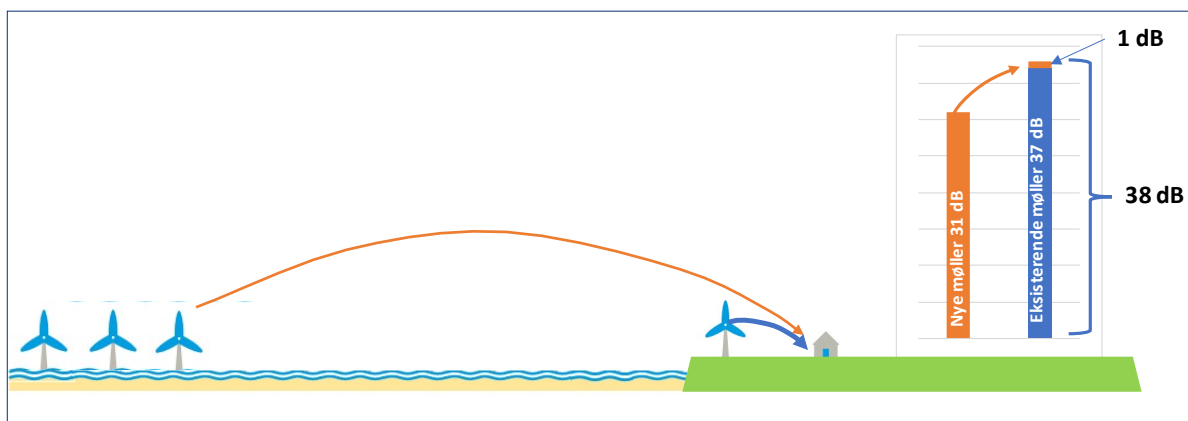
Til illustration af disse sammenhænge er på Figur 5 - Figur 8 vist, hvordan støjbidrag fra havvindmøller kan påvirke den samlede støj fra vindmøller. Der er taget udgangspunkt i et eksempel med et støjbidrag på 37 dB fra eksisterende vindmøller, hvor der kommer et bidrag fra nye vindmøller, som er 15 dB, 10 dB eller 6 dB svagere. På Figur 8 er vist, at støjen øges med 3 dB, hvis støjbidrag fra nye vindmøller er det samme som bidraget fra de eksisterende vindmøller. Figureerne illustrerer også, at nye støjbidrag kan være ret store sammenlignet med den eksisterende støj, men alligevel kun have lille betydning for den samlede støj.



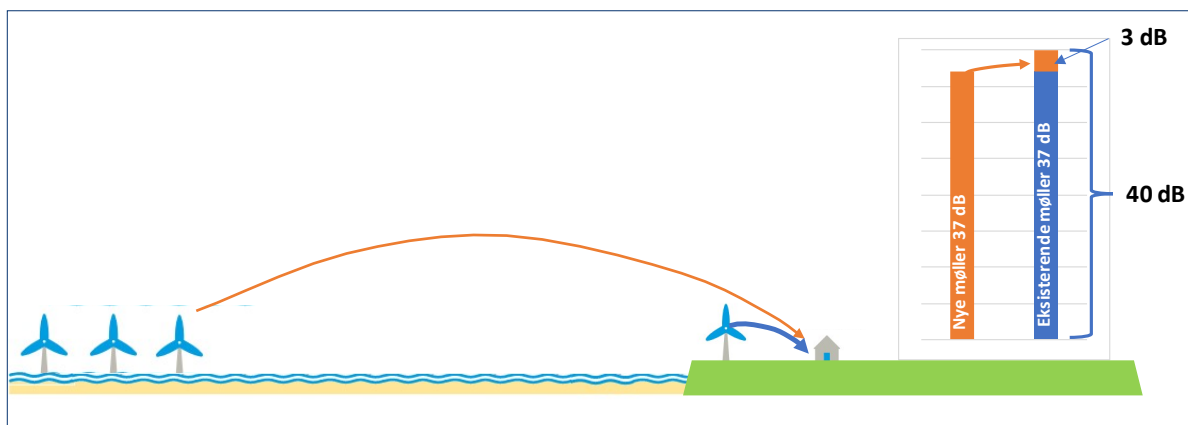
Figur 5. Eksempel. Eksisterende møller på land støjer 37 dB ved en nabo. Et nyt støjbidrag fra havvindmøller, der er 15 dB svagere (22 dB), betyder, at støjen øges med 0,1 dB. Som omtalt i afsnit 4 betyder den logaritmiske dB-skala, at $22\text{ dB} + 37\text{ dB} = 37,1\text{ dB}$.



Figur 6. Eksempel. Eksisterende møller på land støjer 37 dB ved en nabo. Et nyt støjbidrag fra havvindmøller, der er 10 dB svagere (27 dB), betyder, at støjen øges med 0,4 dB. . Som omtalt i afsnit 4 betyder den logaritmiske dB-skala, at $27 \text{ dB} + 37 \text{ dB} = 37,4 \text{ dB}$.



Figur 7. Eksempel. Eksisterende møller på land støjer 37 dB ved en nabo. Et nyt støjbidrag fra havvindmøller, der er 6 dB svagere (31 dB), betyder, at støjen øges med 1 dB. . Som omtalt i afsnit 4 betyder den logaritmiske dB-skala, at $31 \text{ dB} + 37 \text{ dB} = 38 \text{ dB}$.



Figur 8. Eksempel. Eksisterende møller på land støjer 37 dB ved en nabo. Et nyt støjbidrag fra havvindmøller, der har samme niveau (37 dB), betyder, at støjen øges med 3 dB. . Som omtalt i afsnit 4 betyder den logaritmiske dB-skala, at $37 \text{ dB} + 37 \text{ dB} = 40 \text{ dB}$.

6. Udbredelse af støj fra havvindmøller

Den tidligere bekendtgørelse om støj fra vindmøller fra 2011/2015⁴ indeholdt en metode til beregning af støj fra vindmøller på havet, som forudsætter, at der er tale om en sfærisk lydudbredelse (halvkugleformet lydudbredelse). Det medfører en geometrisk dæmpning af støjen med 6 dB pr. afstandsfordobling. Bortset fra en særlig korrektion for terrænets (havoverfladens) betydning, var metoden i alt væsentligt i overensstemmelse med den metode, der anvendes til beregning af støj fra vindmøller placeret på land. En række undersøgelser peger imidlertid på, at lydudbredelse over store afstande over havet ikke nødvendigvis følger denne model, og på en vis afstand og under visse vejrforhold kan skifte til at være cylindrisk, som medfører en geometrisk dæmpning af støjen med 3 dB pr. afstandsfordobling i stedet for 6 dB. Årsagen er såkaldte multiple refleksioner i havoverfladen, som kan optræde i visse vejsituationer. Derfor blev der i bekendtgørelsen fra 2019 indført en korrektion ved beregning af støj fra havvindmøller, så beregningsmetoden tager hensyn til multiple refleksioner ved lydudbredelse over vand. Metoden, der blev udviklet 2017, er baseret på matematiske modelberegninger, hvor korrektionen på simpel vis stiger med afstanden⁵.

Det fremgår af miljøvurdering af vindmøllebekendtgørelsen fra 2019⁶ og Miljøstyrelsens vejledning om støj fra vindmøller⁷, at beregnede støjbidrag fra kystnære havvindmøller, der står 10 km fra kysten, typisk kan blive op til ca. 2 dB højere end med den tidligere beregningsmetode uden korrektion for multiple refleksioner. Støjen fra vindmøller, der står 20 km fra kysten kan blive ca. 7 dB højere. Den samlede korrektion vil dog afhænge af havvindmølleparkers opstillingsmønstre, vindmøllernes navhøjde og deres individuelle afstande til kysten.

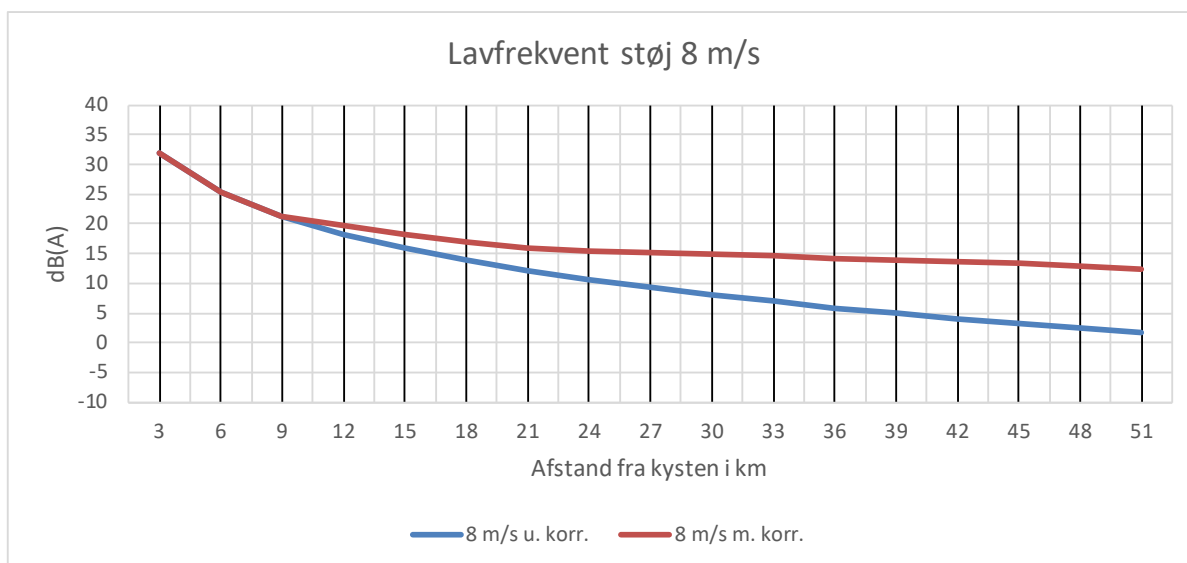
Betydningen af korrektionen for multiple refleksioner er illustreret på Figur 9 og Figur 10, der viser, hvordan almindelig støj og lavfrekvent støj fra vindmøller dæmpes med afstanden med og uden korrektion for multiple refleksioner. De beregnede støjniveauer er ens ud til en afstand på ca. 9 km, hvorefter forskellen mellem de to beregninger gradvist øges. På 20 km afstand er forskellen ca. 4 dB og på ca. 50 km afstand er forskellen ca. 11 dB.

⁴ Bekendtgørelse om støj fra vindmøller 2015. BEK nr. 1736 af 21-12-2015. Gældende. Miljø- og Fødevareministeriet.

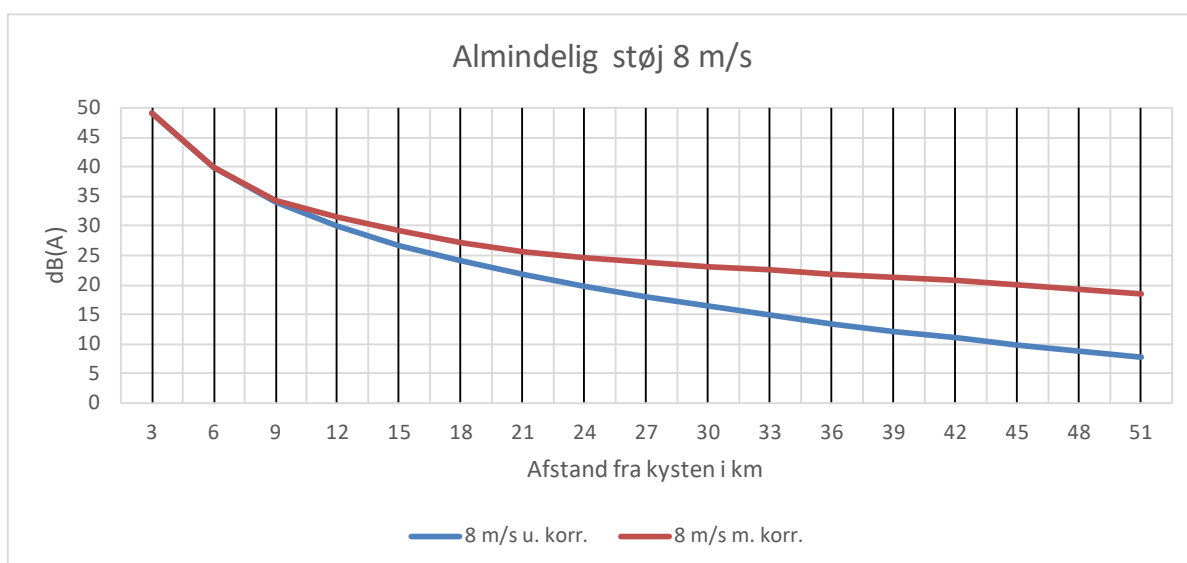
⁵ PE beregninger af cylindrisk lydudbredelse. Udført for Miljøstyrelsen. Teknisk notat, Delta, 15. september 2017 (UDKAST)

⁶ Bekendtgørelse om støj fra vindmøller. Miljørapport. Rambøll 28. juni 2018.

⁷ Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 51/2021, Støj fra vindmøller



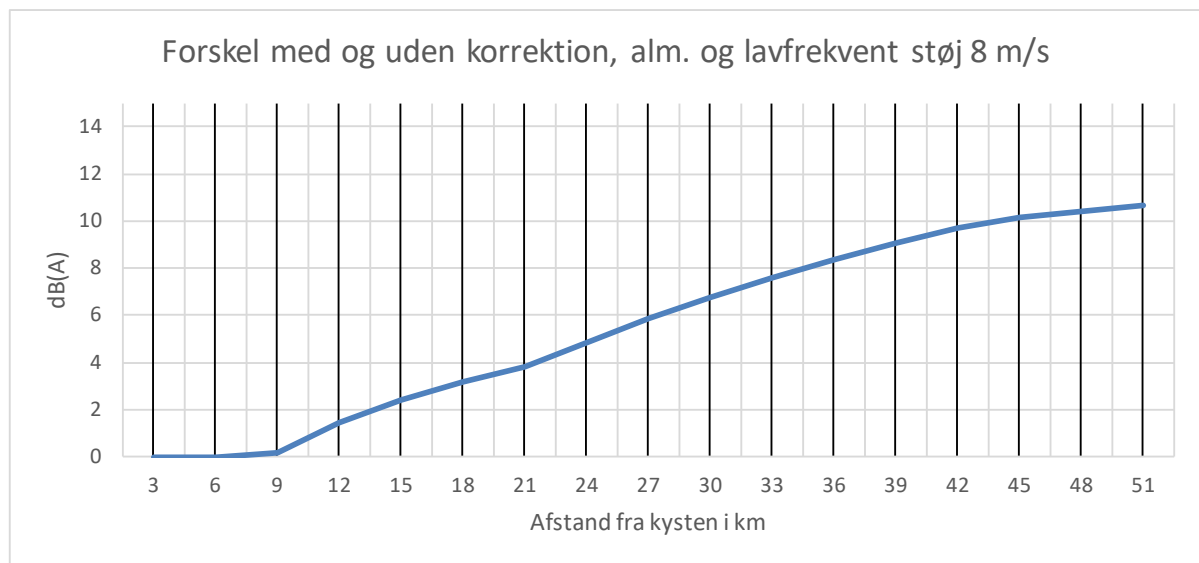
Figur 9. Lavfrekvent støj. Kurverne viser, hvordan støjen under udbredelse dæmpes med afstanden med og uden korrektion for multiple refleksioner for vindmøller med en navhøjde på ca. 150 meter. Ved 6 m/s er forløbet det samme, blot ved lidt lavere niveauer. Den lodrette dB-skala er fiktiv. Beregningen er udført for sommerhusområder. Ved beregning for boliger udenfor sommerhusområder forskydes kurverne til ca. 4,4 dB lavere niveauer.



Figur 10. Almindelig støj. Kurverne viser, hvordan støjen under udbredelse dæmpes med afstanden med og uden korrektion for multiple refleksioner for vindmøller med en navhøjde på ca. 150 meter. Ved 6 m/s er forløbet det samme, blot ved lidt lavere niveauer. Den lodrette dB-skala er fiktiv.

Figur 9 og Figur 10 illustrerer, at betydningen af multiple refleksioner øges med øget afstand fra kysten. Korrektionen har derfor større betydning for den beregnede støj fra havvindmølleparker langt fra kysten end for kystnære parker.

Figur 11 viser forskellen mellem støjniveauer beregnet med og uden korrektion for multiple refleksioner. Ud til 9 km fra kysten er der ingen forskel. På afstande mellem 6 km og ca. 40 km øges forskellen med ca. 1 dB pr. 3 km. Ved afstande over ca. 40 km øges forskellen med ca. 0,4 dB pr. 3 km. Disse forskelle ses på figuren som et skift i kurvens hældning.



Figur 11. Forskel mellem beregnede støjniveauer med og uden korrektion for multiple refleksioner i forskellige afstande. Ud til 9 km fra kysten er der ingen forskel. På afstande mellem 9 km og 40 km øges forskellen med ca. 1 dB pr. 3 km. Ved afstande over 40 km øges forskellen med ca. 0,4 dB pr. 3 km.

6.1 Medvindskomponenten

Ved beregning af støj fra havvindmøller indgår den såkaldte medvindskomponent. Den tager hensyn til, at havvindmøller, der i forhold til en modtager på land, er spredt i et stort vinkelområde, og derfor ikke alle sammen på samme tid kan have medvind i retningen mod modtageren. I praksis betyder det, at for hver enkelt modtager identificeres den nærmeste vindmølle på havet. Ved beregning af multiple refleksioner fra en af de andre vindmøller, korrigeres for vinklen mellem sigtelinjen til den vindmølle og sigtelinje til den nærmeste vindmølle. Hvis vinklen er 0 grader, indgår multiple refleksioner med fuld styrke. Hvis vinklen er 90 grader, betyder korrektionen, at multiple refleksioner ikke indgår.

6.2 Betydning af beregningspunkters placering på land

Ved beregning af støj fra vindmøller indgår en terrænkorrektion, som er forskellig for vindmøller placeret på henholdsvis havet og på land. Hvis støj fra havvindmøller skal beregnes ved en bygning eller i områder, der set i retning mod vindmøllerne ligger mere end 200 meter inde fra kysten, benyttes terrænkorrektionen for landplacerede vindmøller. For bygninger, der ligger mellem 0 og 200 meter fra kysten, interpoleres mellem de to værdier for terrænkorrektionen. Dette princip anvendes både for almindelig støj og for lavfrekvent støj.

Det beregnede støjniveau ved en bolig, der ligger 200 meter eller mere fra kysten, er således 1,5 dB lavere, end hvis boligen lå på kystlinjen. Hvis den ligger mellem 0 og 200 meter fra kysten, er forskellen mellem 0 og 1,5 dB. Hvis boligen ligger længere inde på land end 200 meter er forskellen 1,5 dB uanset afstanden til kysten.

7. Støjens frekvensmæssige sammensætning

Ved lydudbredelse over store afstande er der en meget stor dæmpning af den højfrekvente del af støjen på grund af absorption i luften. Luftabsorptionen afhænger af støjens frekvens og den er størst ved høje frekvenser. Det betyder, at den del af støjen fra havvindmøller, der ligger i frekvensområdet over 800 – 1.000 Hz i praksis er uden betydning for støjpåvirkningen af områder på land.

For den almindelige støj er det typisk den del af støjen, der ligger i frekvensområdet 50 Hz – ca. 800 Hz, der har størst betydning, når støj fra havvindmøller når frem til områder på land.

For lavfrekvent støj, der er frekvensområdet 10 – 160 Hz, er luftabsorptionen langt mindre, men den har dog en vis betydning i den øvre del af frekvensområdet. For lavfrekvent støj påvirkes lydudbredelsen også af en terrænkorrektion, som forstærker støjen lidt mere ved de laveste frekvenser end ved de højeste.

Lavfrekvent støj beregnes endvidere som et indendørs niveau, hvor der indgår standardværdier for bygningers lydisolerende egenskaber i henholdsvis sommerhusområder og andre områder. De er også frekvensafhængige, hvor lydisolationen er størst ved de højere frekvenser og betydeligt mindre ved de lavere frekvenser.

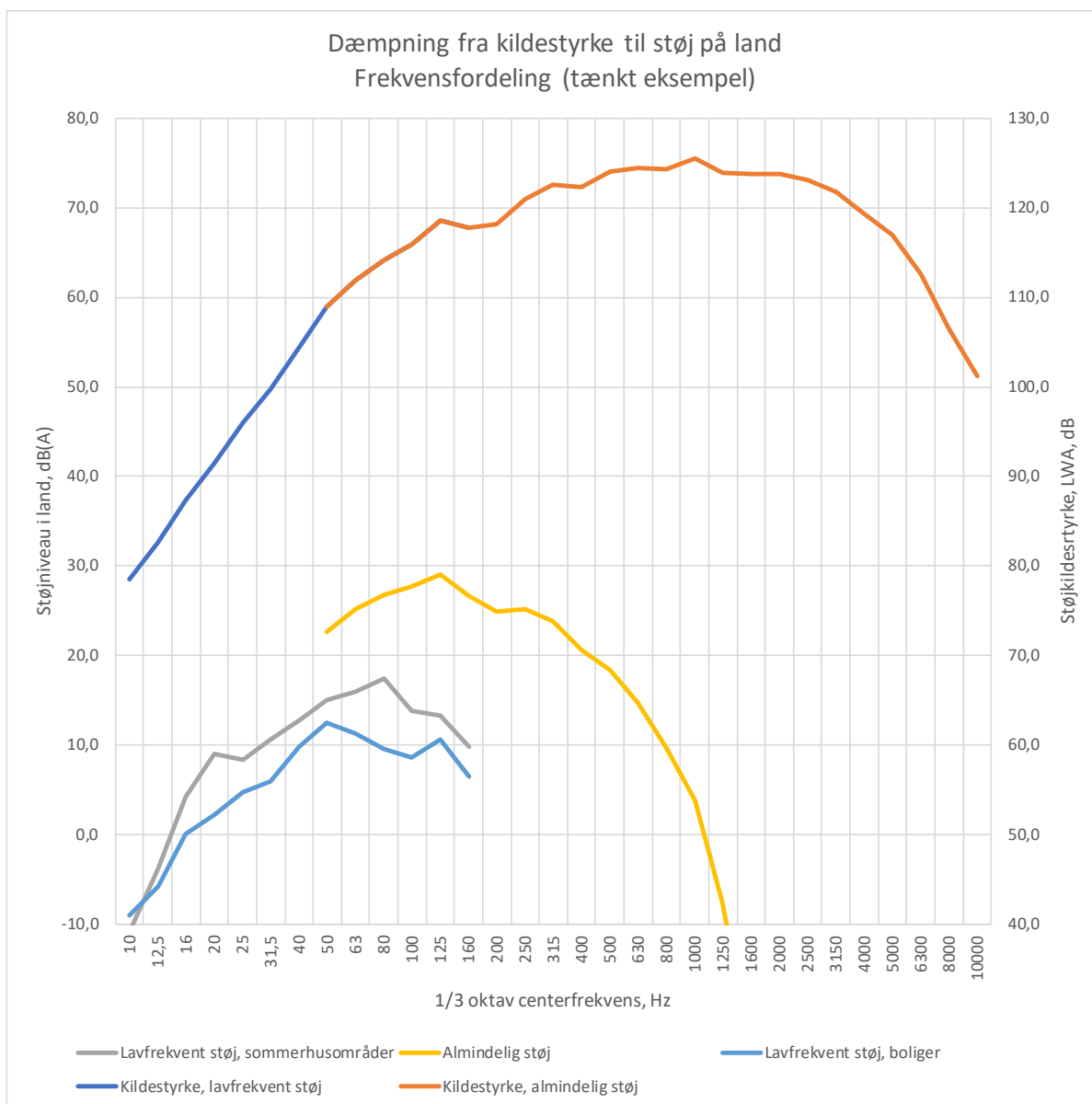
Sommerhuse har dårligere lydisolerende egenskaber end almindelige boliger. Det skal der tages hensyn til ved beregning af støj i sommerhusområder.

Fordi det er den lavfrekvente støj, der spredes mest effektivt, er det i praksis grænseværdien for indendørs lavfrekvent støj i sommerhusområder, der er begrænsende for den tilladte støjpåvirkning af kystområder. Hvis der ikke er sommerhusområder, kan det være den tilsvarende grænseværdi for boliger, der er begrænsende, men det kan også være grænseværdierne for den almindelige støj.

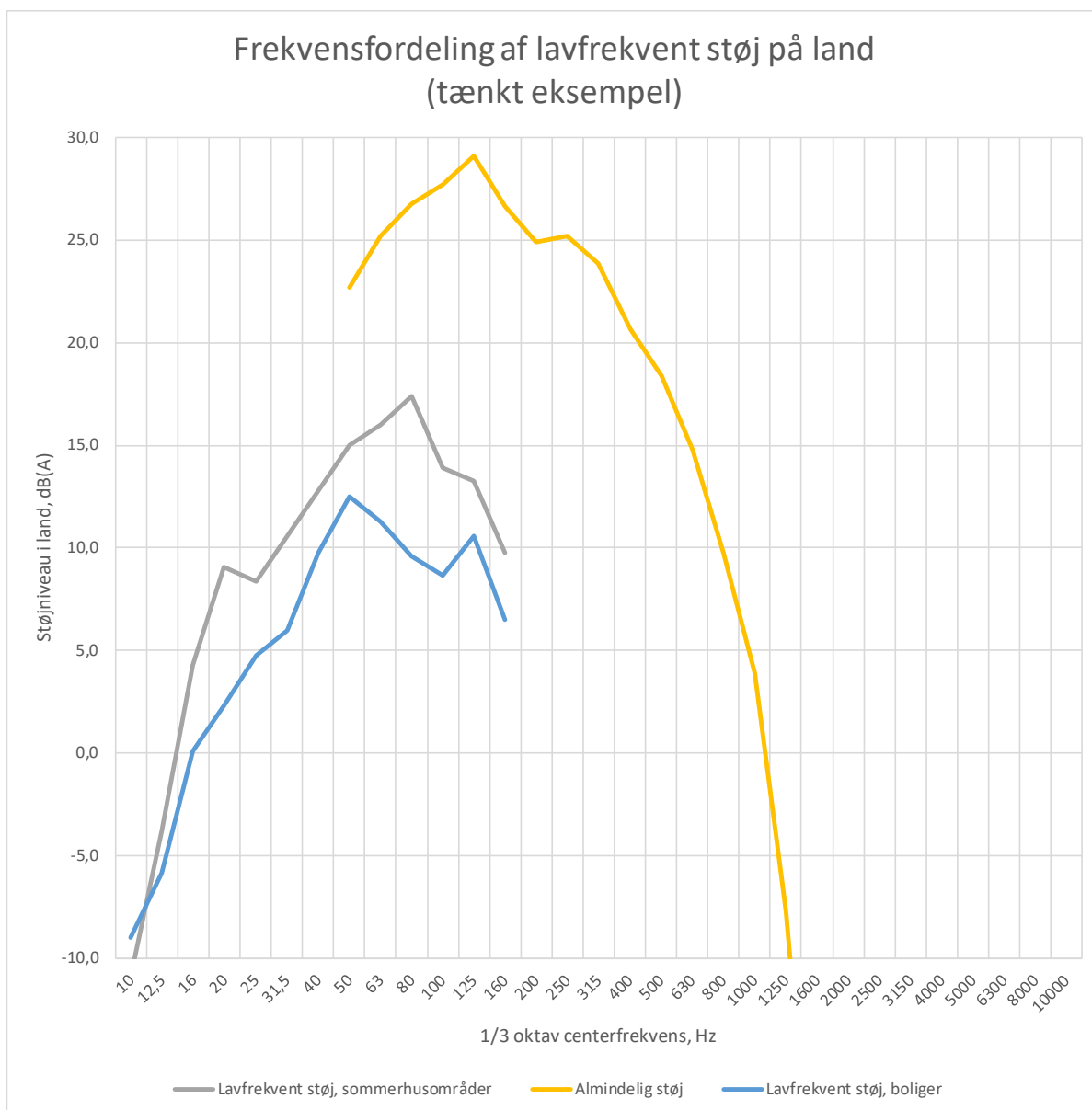
Ved beregning af lavfrekvent støj indendørs er niveauerne i sommerhusområder typisk 4 – 5 dB højere end i boliger.

Betydningen af støjens frekvensmæssige sammensætning er illustreret på Figur 12. Figur 13 er et forstørret udsnit af Figur 12.

De to figurer viser, at det typisk er den del af den lavfrekvente, støj, der ligger i frekvensområdet ca. 40 – 100 Hz, der har størst betydning for den beregnede lavfrekvente støj. Det er derfor også vindmøllernes støjudsendelse i dette frekvensområde, der har størst betydning.



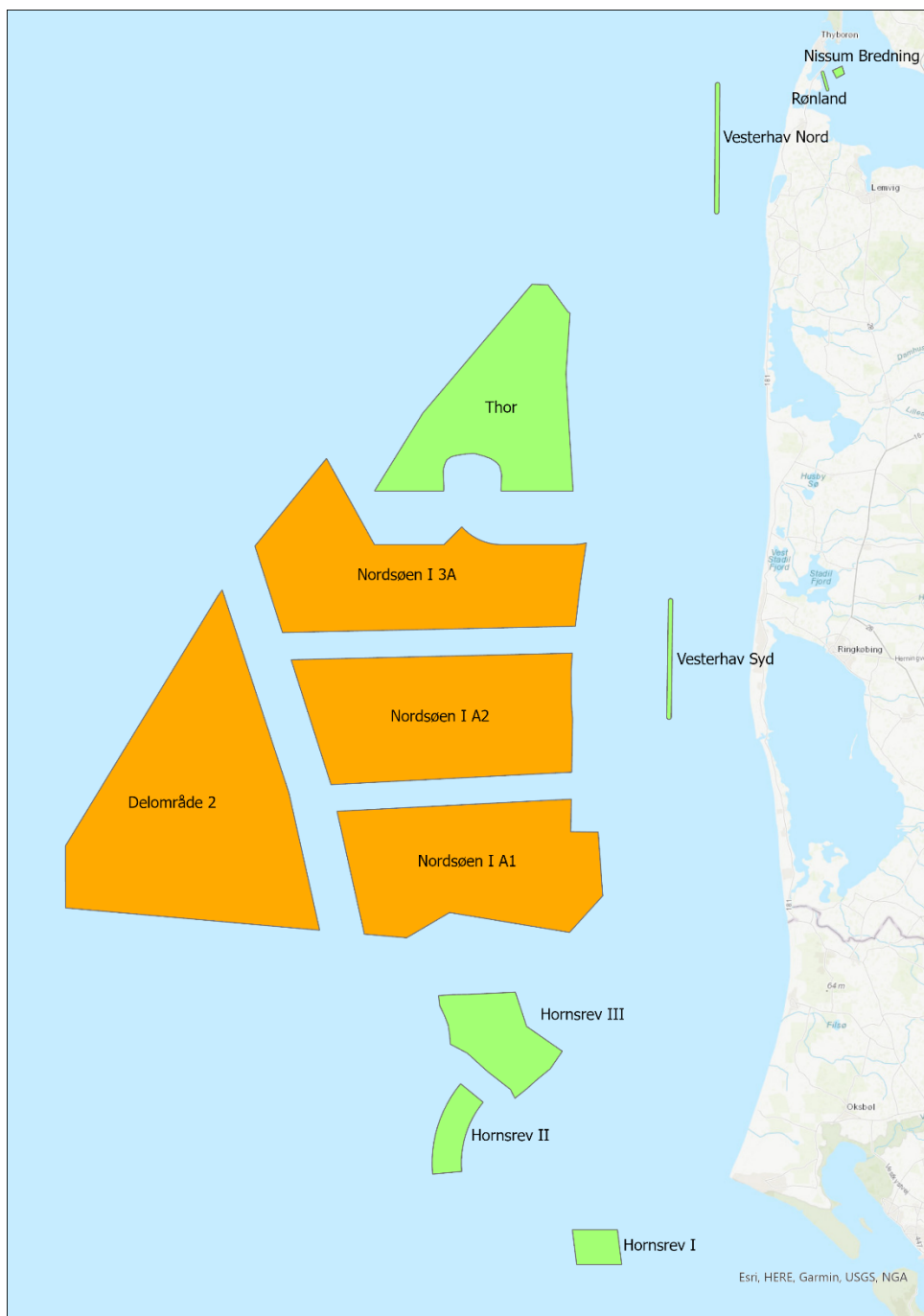
Figur 12. Betydning af støjens frekvensmæssige sammensætning. Der er anvendt et tænkt eksempel med en typisk støjkildestyrke for et antal vindmøller på havet (øverste kurve), der er placeret 10 km fra kysten. Støjkildestyrken er vist på skalaen til højre. De tre nederste kurver viser sammensætningen af den støj, der når ind til kysten; almindelig støj samt lavfrekvent støj i henholdsvis boliger og sommerhusområder. Disse niveauer er vist på skalaen til venstre. De tre kurver er forstørret på Figur 13.



Figur 13. Betydning af støjens frekvensmæssige sammensætning. Figuren er et forstørret udsnit af Figur 12.

8. Beregning af støj fra havvindmøller

I dette projekt er undersøgt støj fra havvindmølleparker, der findes eller planlægges ud for Jyllands vestkyst. De projekter, der er omfattet, er vist på Figur 14.



Figur 14. Oversigt over havvindmølleparker langs Jyllands vestkyst. Nissum bredning og Rønland indgår ikke i de udførte beregninger, da de er uden støjmessig betydning for beregningerne i denne rapport (Kilde: Energistyrelsen)

Der indgår i alt 10 parker i de udførte støjberegninger:

Horns Rev I

Sat i drift i 2002.

80 vindmøller, type Vestas Wind Systems A/S, V 80 (2,0 MW).

Horns Rev II

Sat i drift i 2009.

91 vindmøller, type Siemens Wind Power SWT 2.3-93 (2,3 MW).

Horns Rev III

Sat i drift i 2018 – 2019.

49 vindmøller, type MHI Vestas Offshore Wind A/S V164-8.0/8.3 (8,3 MW).

Vesterhav Nord

Sættes i drift i 2024.

21 vindmøller, type Siemens-Gamesa SG-8.4-167-DD (8,4 MW).

Vesterhav Syd

Sættes i drift i 2024.

20 vindmøller, type Siemens-Gamesa SG-8.4-167-DD (8,4 MW).

Thor

Under planlægning.

I de udførte støjberegninger i nærværende rapport er forudsat 72 vindmøller, hver med en effekt på 14 MW.

Nordsøen Område 1 (A1, A2 og A3)

Under planlægning.

I dette projekt er forudsat to scenarier:

- Scenarium 1: 201 vindmøller, hver med en effekt på 15 MW, i alt 3,0 GW.
- Scenarium 2: 699 vindmøller, hver med en effekt på 15 MW, i alt 10,5 GW.

Nordsøen Område 2

Under planlægning.

I dette projekt er forudsat to scenarier:

- Scenarium 1: 133 vindmøller, hver med en effekt på 15 MW, i alt 2,0 GW.
- Scenarium 2: 465 vindmøller, hver med en effekt på 15 MW, i alt 7,0 GW.

Der er således tale om i alt ca. 500 – 1.500 vindmøller afhængig af det endelige antal vindmøller i Nordsøen Område 1 og 2.

8.1 Beregningsmetode

Der er udført støjberegninger i henhold til den gældende bekendtgørelse:

Bekendtgørelse om støj fra vindmøller, Bek. nr. 135 af 07/02/2019.

Det betyder, at der ved beregning af støj fra havvindmøller anvendes korrektion for multiple refleksioner. Der anvendes desuden særlige værdier for bygningers lydisolations overfor lavfrekvent støj, hvis de ligger i sommerhusområder.

Derudover indgår beregninger i henhold til den tidligere bekendtgørelse:

Bekendtgørelse om støj fra vindmøller, Bek. nr. 1736 af 21/12/2015⁸.

Det betyder, at der ved beregning af støj fra havvindmøller ikke anvendes korrektion for multiple refleksioner. Desuden anvendes i denne bekendtgørelse ikke særlige værdier for bygningers lydisolation overfor lavfrekvent støj, hvis de ligger i sommerhusområder.

I praksis er alle beregninger udført i beregningsprogrammet EMD Windpro ver. 4.0.424, der er et anerkendt program til disse beregninger. Programmet kan udføre beregninger efter begge bekendtgørelser.

8.2 Tilpasning til lydisolation i sommerhusområder

Ved beregninger efter 2015-bekendtgørelsen er det dog i denne rapport valgt at tage højde for den lavere lydisolation for bygninger i sommerhusområder. Det er i praksis sket ved at beregningsresultater for indendørs lavfrekvent støj i boliger i sommerhusområder er tillagt 4,4 dB, som svarer til den typiske forskel mellem den beregnede lydisolation for sommerhuse og andre bygninger.

8.3 Tilpasning af kystlinje

Som omtalt i afsnit 6.2 har afstanden på land mellem kystlinjen og beregningspunkter betydning for de beregnede støjniveauer.

Det anvendte beregningsprogram korrigerer derfor, som foreskrevet i vindmøllebekendtgørelsen, for beregningspunktets placering i forhold til kysten. Det har imidlertid betydning, at programmet har korrekte informationer om kystlinjens placering, hvor det kortgrundlag, der anvendes i støjberegningsprogrammet, indeholder meget grove informationer om kystlinjen. Det er derfor nødvendigt at gennemføre en manuel optegning af kystlinjen for at få sikkerhed for, at terrænets betydning indgår korrekt i de udførte beregninger.

Til brug for dette projekt har Rambøll optegnet kystlinjen langs hele den del af Vestkysten, der indgår i de udførte støjberegninger. Det skal i øvrigt bemærkes, at Ringkøbing Fjord og Nissum Fjord indgår i beregningerne som landområde, fordi de ligger bag et smalt landområde.

8.4 Udførte beregninger

Det fremgår af de anvendte forudsætninger om havvindmøllernes støj kildestyrker, at kildestyrkerne ved 8 m/s er mindst 2 dB højere end ved 6 m/s. Fordi der er 2 dB forskel mellem grænseværdierne for almindelig støj ved de to vindhastigheder, er støjpåvirkningen i forhold til grænseværdier ved 6 m/s enten den samme som ved 8 m/s eller den er mindre kritisk.

Grænseværdien for lavfrekvent støj er 20 dB både ved 6 m/s og 8 m/s. Fordi vindmøllerne udsender mere støj ved 8 m/s end ved 6 m/s, er det altid forholdene ved 8 m/s, der er de mest kritiske.

⁸ Bekendtgørelsen fra 2015 er identisk med bekendtgørelsen fra 2011 (bek. 1284 af 15/12/2011, bortset fra en særlig regel om midlertidige opholdssteder for flygtninge, der blev indarbejdet i 2015.

Af disse årsager er der til brug for denne rapport udelukkende udført beregninger af støj ved 8 m/s.

8.5 Definition af eksisterende og planlagte vindmøller

De udførte beregninger omfatter støj fra eksisterende og planlagte havvindmøller samt eksisterende vindmøller på land. Vindmøllerne er derfor delt i to grupper:

Planlagte vindmøller

Denne gruppe omfatter havvindmøller i udbygningsområderne Nordsøen Område 1 (A1 – A3) og Område 2 samt Thor. De vil alle blive placeret mindst 20 km fra kysten. Af beregningstekniske årsager indgår Horns Rev II og III også i denne gruppe. De to Horns Rev havvindmølleparker er dog uden væsentlig betydning for den samlede støj, og slet ikke i de områder, hvor støjforholdene kan være kritiske.

Eksisterende vindmøller

Denne gruppe omfatter Vesterhav Nord, Vesterhav Syd og Horns Rev I, som alle er placeret mindre end 20 km fra kysten. Desuden indgår eksisterende vindmøller på land, der har en effekt over 25 kW. Det betyder, at såkaldte husstandsvindmøller ikke indgår.

9. Forudsætninger om støj fra vindmøllerne

De detaljerede forudsætninger for havvindmøllerne fremgår af de følgende afsnit. For eksisterende vindmøller på land er anvendt de data, der er til rådighed i beregningsprogrammet EMD Windpro ver. 4.0.424. Det vurderes, at programmets database er den bedste viden, der er tilgængelig om støj fra eksisterende vindmøller.

9.1 Horns Rev I

Vindmølletype: Vestas V80 2.0 MW offshore.

Den faktiske navhøjde for møllerne er 70 meter, som er anvendt i støjberegningerne.

Rotordiameteren er 80 meter, svarende til et bestrøget areal på 5.027 m².

Windpro⁹ indeholder en samlet støj kildestyrke (L_{WA}) for almindelig støj. Der er anvendt data for navhøjde 67,0 meter.

L_{WA} for lavfrekvent støj er estimeret at være 11 dB lavere end L_{WA} for almindelig støj. Det er konstateret, at en forskel på 11 dB er typisk for større vindmøller.

Frekvensfordelingen for almindelig støj er en middelværdi af frekvensfordelingen for vindmøllerne i Nordsøen, Thor, Vesterhav N og S, Horns Rev II samt vindmølletypen SG DD-200 (11 MW).

Frekvensfordeling for lavfrekvent støj er en middelværdi af frekvensfordelingen for vindmøllerne i Nordsøen, Thor, Vesterhav N og S, Horn Rev II samt vindmølletyperne SG DD-200 (11 MW) og SWT-3.6-120.

⁹ Beregningsprogrammet indeholder en database med kendte oplysninger om støj fra vindmøller.

Data ved 6 m/s er estimeret som svarende til data ved 8 m/s minus 2 dB. Det er formentlig en overestimering af støjen ved 6 m/s.

Tabel 3. Forudsatte støj kilde data for Horns Rev I, Vestas V80 2.0 MW offshore

Støj kilde styrke (lydeffekt) for den samlede støj, L_{WA} i dB ved 6 m/s og 8 m/s									
1/1 oktav centerfrekvens, Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	TOTAL
L_{WA} , 6 m/s	86,5	92,4	95,5	97,6	98,5	98,4	93,1	80,0	104,4
L_{WA} , 8 m/s	88,5	94,4	97,5	99,6	100,5	100,4	95,1	82,0	106,4

Støj kilde styrke (lydeffekt) for lavfrekvent støj, L_{WA} i dB ved 6 m/s og 8 m/s														
1/3 oktav center-frekvens, Hz	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	TOTAL
L_{WA} , 6 m/s	46,2	51,4	56,6	62,1	67,0	70,1	74,0	77,9	80,9	83,5	85,0	88,1	88,9	93,4
L_{WA} , 8 m/s	48,2	53,4	58,6	64,1	69,0	72,1	76,0	79,9	82,9	85,5	87,0	90,1	90,9	95,4

9.2 Horns Rev II

Vindmølletype: Siemens Wind Power SWT 2.3-93.

Der er anvendt data, som foreligger i Windpro. Data for navhøjde 63,3 meter er anvendt. Den faktiske navhøjde for møllerne er 55 meter, som er anvendt i støjberegningerne. Rotordiameteren er 92,6 meter, svarende til et bestrøget areal på 6.735 m².

Tabel 4. Forudsatte støj kilde data for Horns Rev II, Siemens Wind Power SWT 2.3-93

Støj kilde styrke (lydeffekt) for den samlede støj, L_{WA} i dB ved 6 m/s og 8 m/s									
1/1 oktav centerfrekvens, Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	TOTAL
L_{WA} , 6 m/s	81,2	91,4	93,8	97,2	97,7	96,3	91,7	80,0	103,2
L_{WA} , 8 m/s	85,0	93,0	95,2	98,9	100,0	99,0	94,7	82,2	105,4

Støj kilde styrke (lydeffekt) for lavfrekvent støj, L_{WA} i dB ved 6 m/s og 8 m/s														
1/3 oktav center-frekvens, Hz	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	TOTAL
L_{WA} , 6 m/s	39,0	44,0	50,6	57,6	61,4	65,0	69,9	72,5	76,1	78,7	81,2	87,6	88,4	91,9
L_{WA} , 8 m/s	49,3	53,4	58,1	62,8	69,4	71,3	74,2	77,1	79,5	82,4	83,9	90,0	88,7	93,7

9.3 Horns Rev III

Vindmølletype: VESTAS 8300 KW MHI Vestas offshore a/s.

Den faktiske navhøjde for møllerne er 105 meter, som er anvendt i støjberegningerne. Rotordiameteren er 164 meter, svarende til et bestrøget areal på 21.124 m².

Vattenfall har fra leverandørs datablad leveret data for en samlet støj kilde styrke (L_{WA}) for almindelig støj.

L_{WA} for lavfrekvent støj er estimeret at være 11 dB lavere end L_{WA} for almindelig støj. Det er konstateret, at en forskel på 11 dB er typisk for større vindmøller.

Frekvensfordelingen for almindelig støj er en middelværdi af frekvensfordelingen for vindmøllerne i Nordsøen, Thor, Vesterhav N og S, Horns Rev II og vindmølletypen SG DD-200 (11 MW).

Frekvensfordeling for lavfrekvent støj er en middelværdi af frekvensfordelingen for vindmøllerne i Nordsøen, Thor, Vesterhav N og S, Horn Rev II samt vindmølletyperne SG DD-200 (11 MW) og SWT-3.6-120.

Data ved 6 m/s er estimeret som svarende til data ved 8 m/s minus 2 dB. Det er formentlig en overestimering af støjen ved 6 m/s.

Tabel 5. Forudsatte støj kilddata for Horns Rev III, VESTAS 8300 KW MHI Vestas offshore a/s**Støjkildestyrke (lydeffekt) for den samlede støj, L_{WA} i dB ved 6 m/s og 8 m/s**

1/1 oktav centerfrekvens, Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	TOTAL
L _{WA} , 6 m/s	91,1	97,0	100,1	102,2	103,1	103,0	97,7	84,6	109,0
L _{WA} , 8 m/s	93,1	99,0	102,1	104,2	105,1	105,0	99,7	86,6	111,0

Støjkildestyrke (lydeffekt) for lavfrekvent støj, L_{WA} i dB ved 6 m/s og 8 m/s

1/3 oktav center-frekvens, Hz	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	TOTAL
L _{WA} , 6 m/s	50,8	56,0	61,2	66,7	71,6	74,7	78,6	82,5	85,5	88,1	89,6	92,7	93,5	98,0
L _{WA} , 8 m/s	52,8	58,0	63,2	68,7	73,6	76,7	80,6	84,5	87,5	90,1	91,6	94,7	95,5	100,0

9.4 Vesterhav Nord og Vesterhav Syd

Vindmølletype: Siemens-Gamesa SG-8.4-167-DD.

Der er forudsat en navhøjde på 109 meter. Rotordiameteren er 167 meter, svarende til et bestrøget areal på 21.905 m².

Der er anvendt de støjdata, som også er forudsat i de støjberegninger, der ligger til grund for miljøkonsekvensvurderingen af de to projekter¹⁰.

Tabel 6. Forudsatte støj kilddata for Vesterhav Nord og Vesterhav Syd, Siemens-Gamesa SG-8.4-167-DD.**Støjkildestyrke (lydeffekt) for den samlede støj, L_{WA} i dB ved 6 m/s og 8 m/s**

1/1 oktav centerfrekvens, Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	TOTAL
L _{WA} , 6 m/s	88,2	92,3	96,9	100,0	103,1	104,1	97,9	81,4	108,4
L _{WA} , 8 m/s	94,0	96,4	99,5	103,0	106,2	107,4	101,6	84,4	111,7

Støjkildestyrke (lydeffekt) for lavfrekvent støj, L_{WA} i dB ved 6 m/s og 8 m/s

1/3 oktav center-frekvens, Hz	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	TOTAL
L _{WA} , 6 m/s	47,0	53,2	58,9	65,0	69,2	73,2	77,0	80,0	84,9	84,0	85,5	87,7	88,7	93,9
L _{WA} , 8 m/s	50,6	57,1	63,1	68,6	74,4	78,0	81,8	84,8	87,1	92,3	90,0	91,9	92,5	98,5

9.5 Thor Havvindmøllepark

Vindmølletypen er ikke fastlagt. Det er derfor som et skøn lagt til grund, at der vil være tale om 14 MW vindmøller med navhøjde på 150 meter. Der er forudsat en rotordiameter på 236 meter, svarende til et bestrøget areal på 43.744 m². På dette grundlag er støjdata for vindmøllerne fastlagt ved et kvalificeret skøn.

Tabel 7. Forudsatte støj kilddata for Thor Havvindmøllepark**Støjkildestyrke (lydeffekt) for den samlede støj, L_{WA} i dB ved 6 m/s og 8 m/s**

1/1 oktav centerfrekvens, Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	TOTAL
L _{WA} , 6 m/s	99,4	103,4	107,0	108,1	109,6	107,2	100,5	83,5	114,8
L _{WA} , 8 m/s	102,8	106,5	109,4	111,1	112,7	114,8	104,2	86,3	119,0

Støjkildestyrke (lydeffekt) for lavfrekvent støj, L_{WA} i dB ved 6 m/s og 8 m/s

1/3 oktav center-frekvens, Hz	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	TOTAL
L _{WA} , 6 m/s	59,3	65,1	70,6	77,2	81,5	83,5	87,0	90,0	94,4	97,0	97,2	98,8	99,6	105,0
L _{WA} , 8 m/s	62,2	68,1	73,6	80,2	84,5	86,7	90,4	93,5	97,8	100,3	100,5	102,0	102,4	108,2

9.6 Nordsøen Område 1 (A1, A2 og A3) samt Område 2

Vindmølletypen er ikke fastlagt. Det er derfor som et skøn lagt til grund, at der vil være tale om 15 MW vindmøller med navhøjde på 146,5 meter. Der er forudsat en rotordiameter på 233 meter, svarende til et bestrøget areal på 42.638 m². Det er skønnet, at støjdata vil være de samme som er anvendt for 15 MW vindmøller i miljøkonsekvensvurderingen af Energiø Bornholm. Disse forudsætninger er baseret på en oplysning fra Vestas om en forventet samlet kildestyrke (lydeffekt) for en kommende V236-15.0 MW på L_{WA} 118 dB ved vindhastigheden 8 m/s. Denne

¹⁰ Vesterhav Nord Wind Farm, Noise Impact Assessment, EMD, 27. april 2020, Vesterhav Syd Wind Farm, Noise Impact Assessment, EMD, 27. april 2020

oplysning er dog ikke baseret på konkrete støjmålinger. Det er endvidere antaget, at støjen ved 6 m/s er 2 dB lavere end ved 8 m/s.

Forudsætninger om støjens frekvensfordeling, herunder den del, der betegnes som lavfrekvent støj (10 – 160 Hz), er baseret på miljøkonsekvensvurderinger af havvindmølleparkerne Vesterhav Nord og Vesterhav Syd, men er i øvrigt i overensstemmelse med frekvensfordelingen for de øvrige vindmøller, der indgår i de udførte beregninger (se næste side).

Tabel 8. Forudsatte støjkilddata for Nordsøen Område 1 (A1, A2 og A3) samt Område 2

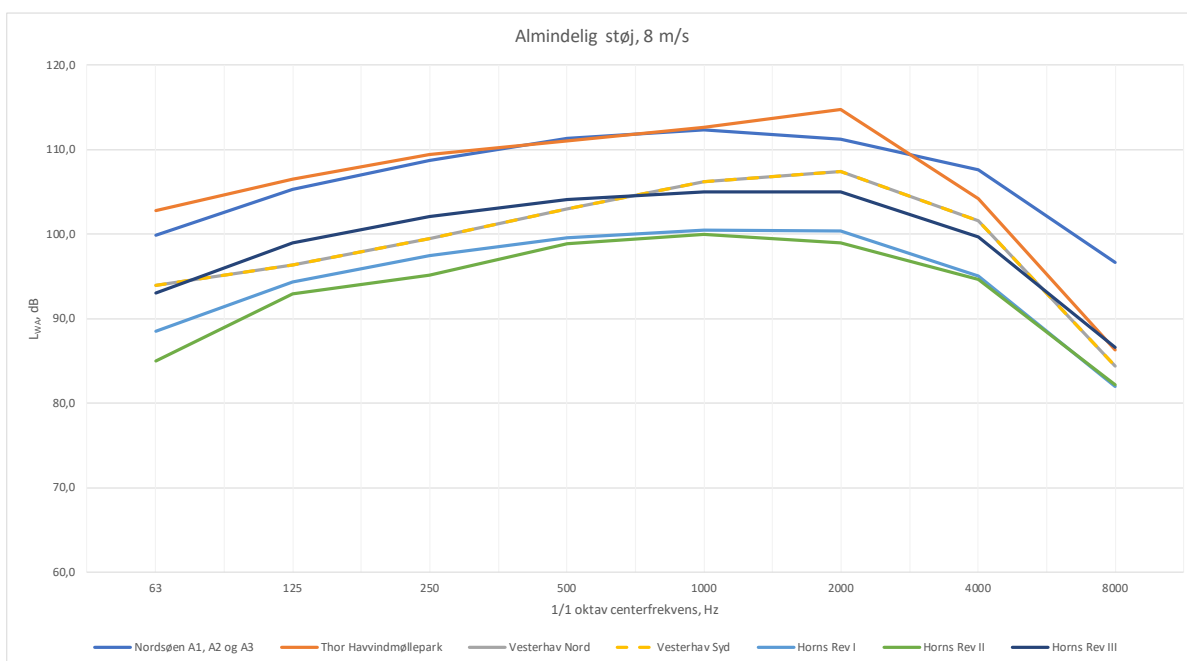
Støjkildestyrke (lydeffekt) for den samlede støj, L_{WA} i dB ved 6 m/s og 8 m/s

1/1 oktav centerfrekvens, Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	TOTAL
L_{WA} , 6 m/s	96,7	103,2	107,4	110,0	111,1	108,0	104,2	94,3	116,0
L_{WA} , 8 m/s	99,9	105,3	108,7	111,4	112,4	111,3	107,6	96,7	118,0

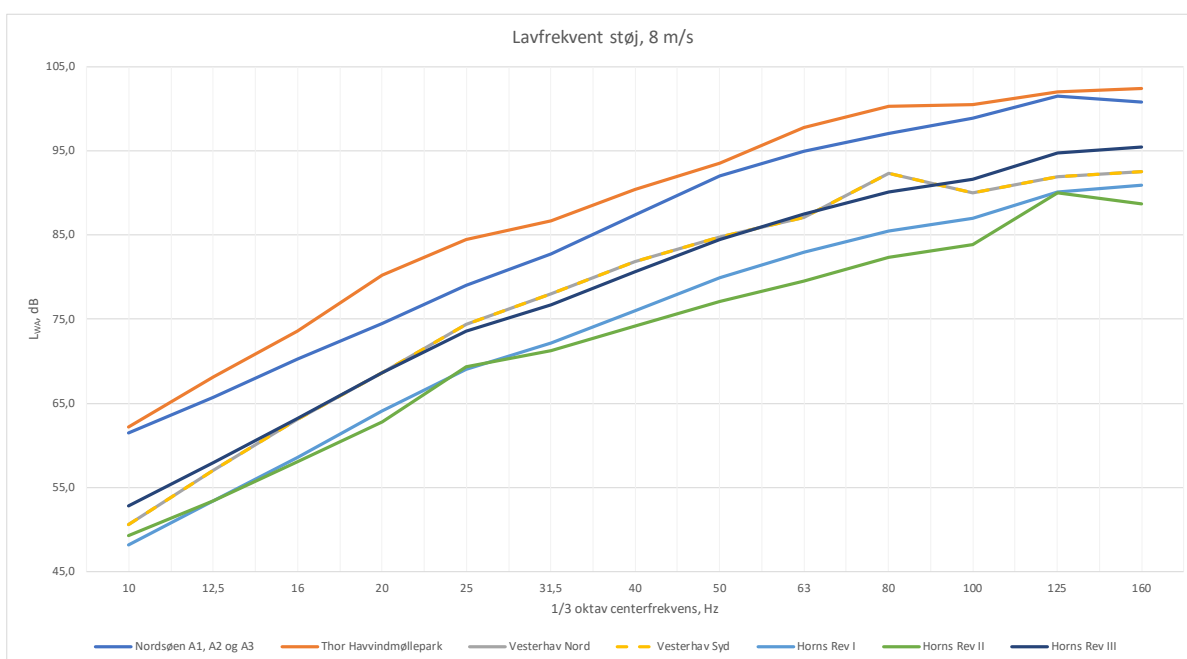
Støjkildestyrke (lydeffekt) for lavfrekvent støj, L_{WA} i dB ved 6 m/s og 8 m/s

1/3 oktav center-frekvens, Hz	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	TOTAL
L_{WA} , 6 m/s	62,1	65,8	69,9	73,6	77,5	81,0	85,3	88,9	91,8	93,8	95,7	99,8	98,8	104,2
L_{WA} , 8 m/s	61,5	65,7	70,3	74,5	79,0	82,8	87,4	92,0	94,9	97,1	98,9	101,5	100,8	106,5

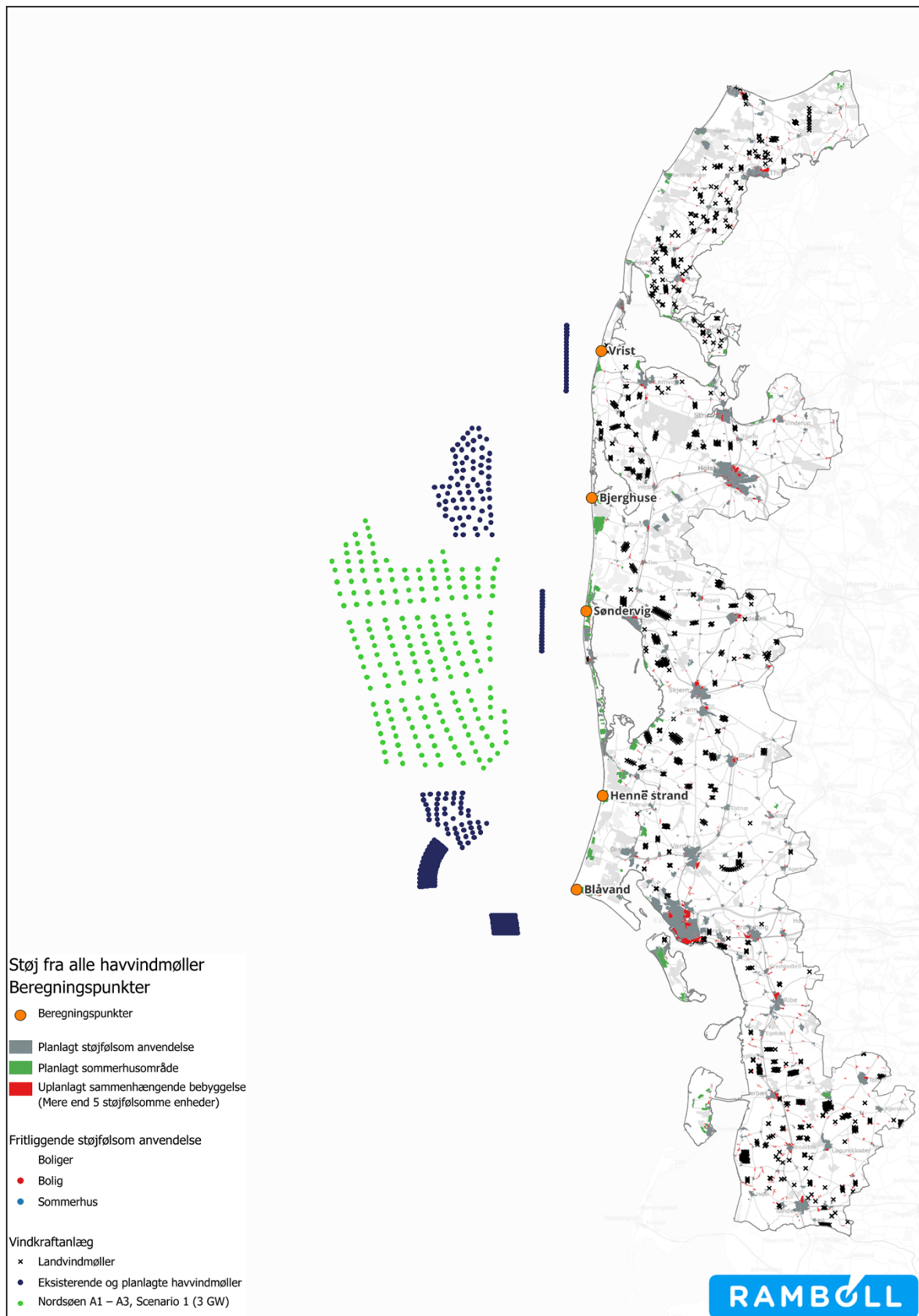
Figur 15 og Figur 16 viser frekvensfordelingen af de forudsatte støjkildestyrker for henholdsvis almindelig støj og lavfrekvent støj.



Figur 15. Oversigt over forudsat frekvensfordeling for almindelige støj fra de vindmølle typer, der indgår i de udførte beregninger af støj fra havvindmøller. Data for Nordsøen A1, A2 og A3 (Område 1) gælder også for Område 2.



Figur 16. Oversigt over forudsat frekvensfordeling for lavfrekvent støj fra de vindmølle typer, der indgår i de udførte beregninger af støj fra havvindmøller. Data for Nordsøen A1, A2 og A3 (Område 1) gælder også for Område 2.



Figur 17. Oversigt med markering af eksisterende vindmøller på land. Kortet viser ikke havvindmøller i område 2 (se Figur 14). Der er desuden vist udvalgte beregningspunkter (se også Figur 18 og Figur 19):

10. Beregning af lavfrekvent støj

Der er udført beregning af lavfrekvent støj fra alle eksisterende og planlagte havvindmølleparker ud for Jyllands vestkyst efter følgende metode:

Havvindmøller placeret mindre end 20 km fra kysten

Beregning er udført i henhold til metoden beskrevet i vindmøllebekendtgørelsen fra 2019, dvs. med korrektion for multiple refleksioner.

Ved beregning af lavfrekvent støj indendørs i sommerhusområder tager metoden hensyn til, at bygninger i disse områder har en mindre lydisolationssevne end bygninger i andre områder (jævnfør vindmøllebekendtgørelsen fra 2019).

Vindmøllerne i Horn Rev I samt Vesterhav Nord og Vesterhav Syd er placeret mindre end 20 km fra kysten og indgår derfor i denne beregning.

Havvindmøller placeret 20 km eller mere fra kysten

Beregningen er udført i henhold til metoden beskrevet i vindmøllebekendtgørelsen fra 2015, dvs. uden korrektion for multiple refleksioner. Ved beregning af lavfrekvent støj indendørs i sommerhusområder er der taget hensyn til, at bygninger i disse områder har en mindre lydisolationssevne end bygninger i andre områder. Det er sket ved at tillægge de beregnede værdier 4,4 dB (se også afsnit 8.2).

Vindmøllerne i Horns Rev II og III, Thor samt Nordsøen Område 1 og Område 2 er placeret 20 km eller mere fra kysten og indgår derfor i denne beregning.

Beregningerne er udført for to scenarier:

- Scenarium 1 med i alt 334 vindmøller i Område 1 og 2, samlet effekt på 5,0 GW
- Scenarium 2 med i alt 1.164 vindmøller i område 1 og 2, samlet effekt på 17,5 GW.

Tabel 9 er en oversigt over de to scenarier.

Tabel 9. Oversigt over beregningsscenarier

Sce- nari- um	Horns Rev I, II, III	Vesterhav Nord og Syd	Thor	Nordsøen Område 1 (A1, A2 og A3)	Nordsøen Område 2
1	Som eksisterende	Som eksisterende	Som planlagt	201 vindmøller / 3,0 GW	133 vindmøller / 2,0 GW
2	Som eksisterende	Som eksisterende	Som planlagt	699 vindmøller / 10,5 GW	465 vindmøller / 7,0 GW

Eksisterende vindmøller på land

Ved beregning af lavfrekvent støj fra vindmøller på land er beregningsmetoden i vindmøllebekendtgørelserne fra 2015 og 2019 ens. I praksis er beregningerne udført i henhold til vindmøllebekendtgørelsen fra 2019.

Ved beregning af støj fra vindmøller på land er medtaget vindmøller med en effekt på mere end 25 kW, der står i kommunerne langs Jyllands vestkyst ud for den planlagte havvindmølleudbygning. Figur 17 viser placeringen af de eksisterende vindmøller langs Vestkysten. Figur 18 og 19 viser de vindmøller der er medtaget i den samlede støjberegning. Det

er de vindmøller som er placeret mellem de to røde linjer. Det er vurderet, at vindmøller længere mod nord og længere mod syd er uden betydning for den samlede støj.

Det skal bemærkes, at beregningsmetoden for støj fra havvindmøller i den gældende vindmøllebekendtgørelse (2019) omfatter den såkaldte medvindskomponent (se omtalen i afsnit 6.1). Den indgår derfor ved beregning af støj fra de havvindmøller, der står mindre end 20 km fra kysten. Medvindskomponenten betyder, at korrektion for multiple refleksioner ikke indgår med fuld styrke for alle vindmøller i alle retninger fra et modtagepunkt. Den betyder derfor også, at en beregning af støj fra flere grupper af vindmøller skal udføres i én samlet beregning. Hvis beregningen opdeles i flere individuelle beregninger, og resultaterne efterfølgende adderes, kan det resultere i lidt højere støjniveauer end i den korrekte, samlede beregning. Det vurderes imidlertid, at dette forhold har lille betydning for de udførte beregninger.

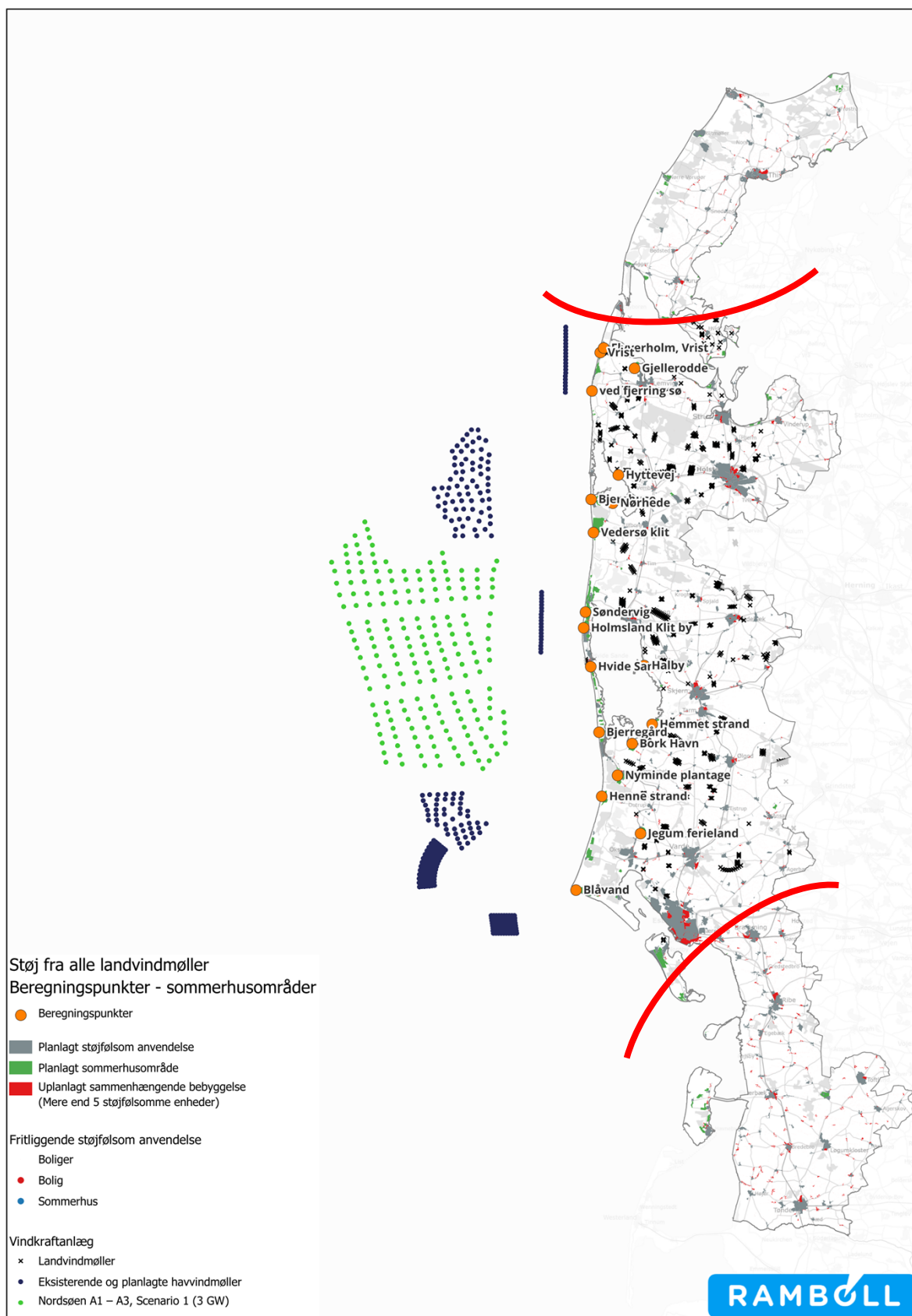
Ved beregning af støj fra havvindmøller i henhold til 2015-bekendtgørelsen indgår ikke multiple refleksioner og derfor heller ikke medvindskomponenten.

10.1 Udpegning af beregningspunkter

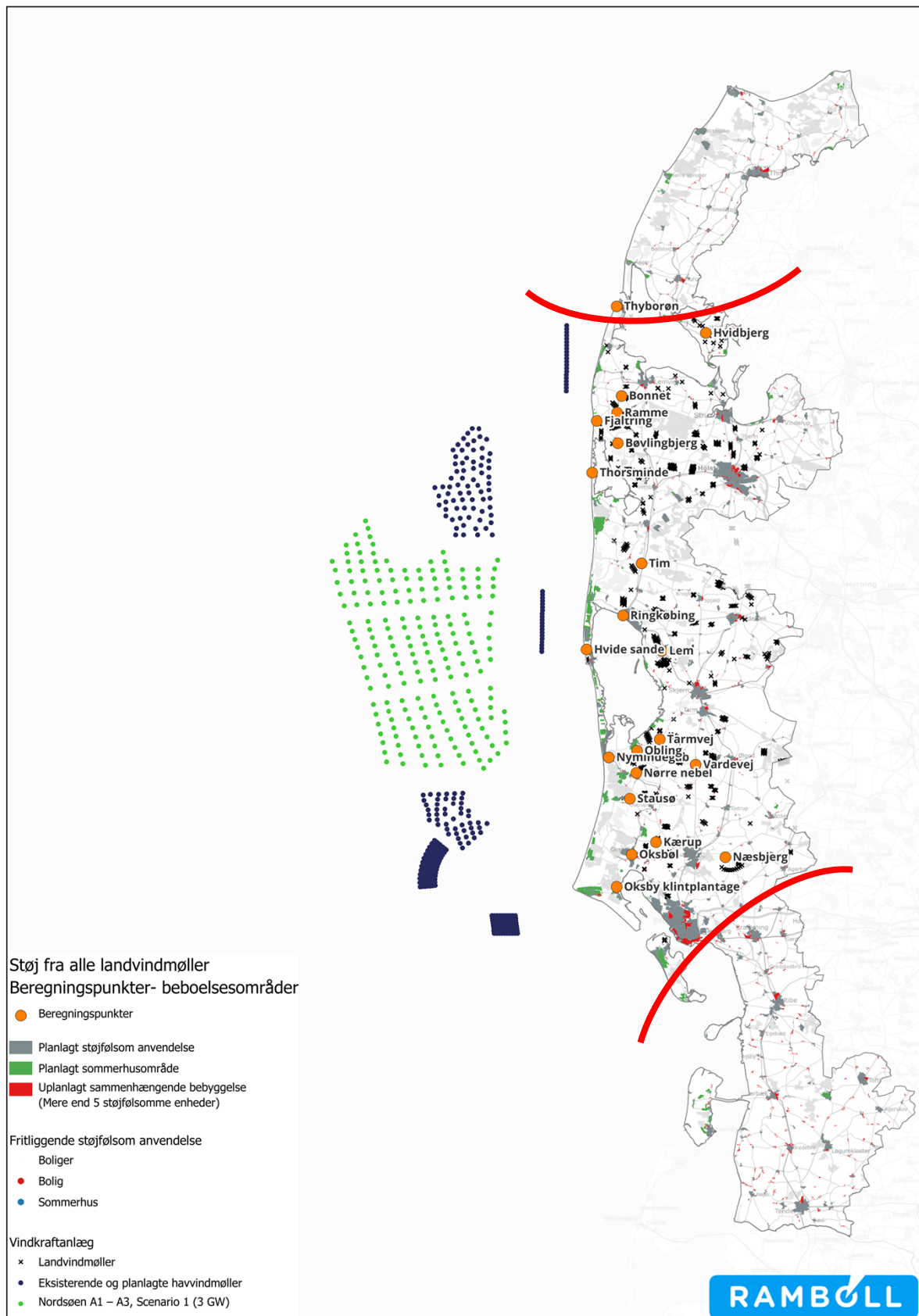
Lavfrekvent støj fra havvindmøllerne og fra vindmøllerne på land er beregnet i en række udvalgte beregningspunkter.

Nogle af disse punkter repræsenterer de sommerhusområder, der kan blive udsat for de højeste beregnede støjniveauer. De er vist på Figur 18.

En anden gruppe beregningspunkter repræsenterer områder for anden støjfølsom arealanvendelse end sommerhusområder. De er vist på Figur 19.



Figur 18. Oversigt over beregningspunkter i sommerhusområder. Ved beregning af støj fra eksisterende vindmøller på land indgår vindmøller placeret mellem de to røde linjer. Kortet viser ikke havvindmøller i område 2 (se Figur 14).



Figur 19. Oversigt over beregningspunkter i andre områder for støjfølsom arealanvendelse end sommerhusområder. Kortet viser ikke havvindmøller i område 2 (se Figur 14).

10.2 Beregning for scenarium 1

Beregningsresultaterne er vist i Tabel 10 og Tabel 11:

Tabel 10 : Lavfrekvent støj i sommerhusområder

Tabel 11 : Lavfrekvent støj i øvrige områder for støjfølsom arealanvendelse (ekskl. sommerhusområder).

Desuden indgår vurdering af støj ved beboelse i det åbne land.

Resultater og konklusioner er gennemgået i det følgende afsnit.

Tabel 10. Scenarium 1. Beregnede niveauer for indendørs lavfrekvent støj i sommerhusområder. Grænseværdien for den samlede støj er 20 dB. Støjen er beregnet for vindhastigheden 8 m/s.

Lavfrekvent støj i sommerhusområder, scenarium 1 (5,0 GW)					
Beregnet støjniveau, L_{PALF} i dB					
Beregningspunkt	Havvindmøller mindre end 20 km fra kysten (eksisterende)	Eksisterende vindmøller på land	Samlet støj fra eksisterende vindmøller på land og på havet	Havvindmøller mere end 20 km fra kysten (under planlægning)	Samlet støj fra alle vindmøller (eksisterende og under planlægning)
Vrist	13,4	8,6	14,6	11,1	16,2
Bjerghuse	9,6	8,0	11,9	16,1	17,5
Vedersø Klit	9,3	8,1	11,8	15,5	17,0
Søndervig	11,6	7,9	13,1	15,0	17,2
Holmsland Klitby	12,2	7,5	13,5	15,2	17,4
Hvide Sande	9,4	14,6	15,7	14,0	18,0
Bjerregård	8,2	7,1	10,7	13,5	15,3
Henne Strand	9,5	5,8	11,0	12,1	14,6
Blåvand	14,0	0,4	14,2	9,5	15,4
Flyverholm	11,5	14,6	16,3	10,3	17,3
Gjellerodde	6,1	9,1	10,9	9,7	13,3
Fjerring Sø	12,4	9,2	14,1	12,5	16,4
Hyttevej	3,4	15,8	16,0	13,0	17,8
Nørhede	6,3	10,3	11,8	13,6	15,8
Halby	4,6	12,2	12,9	11,2	15,1
Hemmet Strand	1,9	16,2	16,4	10,3	17,3
Bork Havn	3,6	14,2	14,6	10,9	16,1
Nyminde Plantage	5,3	10,5	11,6	11,1	14,4
Jegum Ferieland	6,0	10,5	11,8	8,8	13,6

Table 11. Scenario 1. Calculated levels for low-frequency noise in other areas for sensitive land use. The limit value for the total noise is 20 dB. The noise is calculated for a wind speed of 8 m/s.

Lavfrekvent støj i øvrige områder for støjfølsom arealanvendelse, scenarium 1 (5,0 GW)					
Beregnet støjniveau, L_{pALF} i dB					
Beregningspunkt	Havvindmøller mindre end 20 km fra kysten (eksisterende)	Eksisterende vindmøller på land	Samlet støj fra eksisterende vindmøller på land og på havet	Havvindmøller mere end 20 km fra kysten (under planlægning)	Samlet støj fra alle vindmøller (eksisterende og under planlægning)
Bonnet	2,2	11,4	11,9	6,8	13,1
Ramme	1,4	14,1	14,3	7,5	15,1
Fjaltring	4,4	13,4	13,9	9,0	15,1
Thorsminde	3,4	5,6	7,6	10,4	12,2
Bøvlingbjerg	0,0	11,7	12,0	8,2	13,5
Tim	0,0	11,2	11,5	7,6	13,0
Ringkøbing	2,0	10,6	11,2	8,3	13,0
Hvide Sande Nord	6,1	5,1	8,6	10,0	12,4
Tarmvej	-3,2	14,5	14,6	5,4	15,1
Nyminddegab	2,2	5,0	6,8	7,5	10,2
Obling	-1,2	10,5	10,8	6,2	12,1
Oksbøl	2,4	3,8	6,2	4,2	8,3
Næsbjerg	-1,6	9,8	10,1	1,2	10,6
Nørre Nebel	-1,0	9,9	10,2	5,9	11,6
Stausø	2,7	4,8	6,9	5,6	9,3
Vardevej	-4,4	9,9	10,1	3,6	10,9
Oksby Klitplantage	5,4	-1,7	6,2	3,8	8,2
Kærup	0,5	11,4	11,7	3,7	12,4
Lem	-0,6	12,5	12,7	6,2	13,6
Thyborøn	4,9	7,4	9,3	4,0	10,5
Hvidbjerg	-4,5	11,6	11,7	2,0	12,1

10.2.1 Lavfrekvent støj i sommerhusområder, scenarium 1 (Table 10)

The calculated noise contribution from offshore wind turbines located more than 20 km from the coast is generally significantly lower than the limit value of 20 dB. The highest noise contribution occurs in the holiday home area of Bjerghuse, where a noise contribution of 16,1 dB is calculated.

In the same area, there is a calculated total noise contribution from existing wind turbines on land and at sea of 11,9 dB. The total noise from all wind turbines (existing and planned) is therefore 17,5 dB, which is below the limit value.

In Hvide Sande, the noise contribution from offshore wind turbines located more than 20 km from the coast is lower (14,0 dB). Together with a contribution from existing wind turbines of 15,7 dB, there is a calculated total noise level of 18,0 dB. A similar situation is found in the area of Hyttevej. Also in these areas, the calculations show that the total low-frequency noise is below the limit value.

Beregningerne viser, at udbygning af Nordsøen Område 1 og 2 med 5,0 GW plus Thor med de forudsætninger, der er anvendt i nærværende rapport mht. antal vindmøller, opstillingsmønstre og støjdata, overholder grænseværdien for lavfrekvent støj i sommerhusområder.

10.2.2 Lavfrekvent støj i øvrige områder for støjfølsom arealanvendelse, scenarium 1 (Tabel 11)

De beregnede støjbidrag fra havvindmøller placeret mere end 20 km fra kysten er overalt væsentligt lavere end grænseværdien på 20 dB. Det samme gælder de beregnede støjbidrag fra alle eksisterende vindmøller på havet og på land. Den beregnede samlede støj fra alle havvindmøller er derfor også væsentligt lavere end grænseværdien.

Beregningerne viser, at udbygningen af Nordsøen Område 1 og 2 med 5,0 GW plus Thor med de forudsætninger, der er anvendt i nærværende rapport, med en god margin ikke fører til overskridelse af grænseværdien for lavfrekvent støj i øvrige områder for støjfølsom arealanvendelse.

10.2.3 Lavfrekvent støj i beboelse i det åbne land, scenarium 1

Grænseværdien for indendørs lavfrekvent støj er den samme for beboelse i det åbne land som for områder for støjfølsom arealanvendelse. De udførte beregninger af lavfrekvent støj i områder for støjfølsom arealanvendelse har vist, at støjbidraget fra de planlagte havvindmøller placeret mere end 20 km fra kysten som hovedregel er mindst ca. 10 dB lavere end grænseværdien (se Tabel 11).

I det åbne land kan der være individuelle boliger, som er udsat for lavfrekvent støj fra eksisterende vindmøller med niveauer, der er tæt på grænseværdien. I så fald vil der i de fleste tilfælde være en forskel på mindst 10 dB mellem støjbidrag fra de eksisterende vindmøller og de planlagte havvindmøller. I disse situationer kan støj fra de planlagte havvindmøller betragtes som uden praktisk betydning for støjbelastningen. Hvis forskellen er mindre end 10 dB, må begge bidrag imidlertid anses for at have betydning for den samlede støj, som derfor beregnes.

De beregningspunkter, der er anført i Tabel 11, viser, at støjbidraget fra de planlagte havvindmøller som hovedregel er lavere end 10 dB på land i nogen afstand fra kysten. Hvis støjbidraget er 10 dB, kan en beregnet overskridelse kun forekomme, hvis der samtidig er støj fra eksisterende vindmøller med niveauer på 19,6 – 20,0 dB. Hvis niveauet er lavere end 19,6 dB, vil summen af støj fra planlagte og eksisterende vindmøller være under 20 dB. Hvis det er højere end 20 dB, kan støjen fra de planlagte havvindmøller betragtes som uden betydning. Det fremgår også af Tabel 11, at støjbidragene fra eksisterende havvindmøller er lave. Støj fra eksisterende vindmøller er derfor domineret af de vindmøller, der står på land.

Det vurderes derfor, at situationer, hvor den beregnede samlede støj fra alle vindmøller overstiger 20 dB, kun vil kunne forekomme i særlige situationer, hvor en bolig i det åbne land allerede er udsat for et højt støjbidrag fra eksisterende vindmøller på land. Samtidig skal der også være et beregnet støjbidrag fra de planlagte havvindmøller, som har miljømæssig betydning. For scenarium 1 vurderes det, at der er lille risiko for, at disse sammenfald forekommer.

Beregningerne viser, at udbygningen af Nordsøen Område 1 og 2 med 5,0 GW plus Thor med de forudsætninger, der er anvendt i nærværende rapport, med en god margin ikke fører til overskridelse af grænseværdien for lavfrekvent støj i beboelse i det åbne land.

Det kan dog ikke afvises, at der kan være individuelle boliger, hvor et uheldigt sammenfald af et højt støjbidrag fra eksisterende vindmølle og et mindre bidrag fra de planlagte havvindmøller lige netop medfører en beregnet overskridelse af grænseværdien. Det vurderes imidlertid, at sandsynligheden for disse sammenfald er lille.

10.3 Beregning for scenarium 2

Beregningsresultaterne er vist i Tabel 12 og Tabel 13:

Tabel 12: Lavfrekvent støj i sommerhusområder

Tabel 13: Lavfrekvent støj i øvrige områder for støjfølsom arealanvendelse (ekskl. sommerhusområder).

Desuden indgår vurdering af støj ved beboelse i det åbne land.

Resultater og konklusioner er gennemgået i de følgende afsnit.

Tabel 12. Scenarium 2. Beregnede niveauer for indendørs lavfrekvent støj i sommerhusområder. Grænseværdien for den samlede støj er 20 dB. Støjen er beregnet for vindhastigheden 8 m/s.

Lavfrekvent støj i sommerhusområder, scenarium 2 (17,5 GW)					
Beregnet støjniveau, L_{pALF} i dB					
Beregningspunkt	Havvindmøller mindre end 20 km fra kysten (eksisterende)	Eksisterende vindmøller på land	Samlet støj fra eksisterende vindmøller på land og på havet	Havvindmøller mere end 20 km fra kysten (under planlægning)	Samlet støj fra alle vindmøller (eksisterende og under planlægning)
Vrist	13,4	8,6	14,6	13,1	16,9
Bjerghuse	9,6	8,0	11,9	18,4	19,3
Vedersø Klit	9,3	8,1	11,8	18,3	19,2
Søndervig	11,6	7,9	13,1	19,0	20,0
Holmsland Klitby	12,2	7,5	13,5	19,5	20,5
Hvide Sande	9,4	14,6	15,7	18,5	20,3
Bjerregård	8,2	7,1	10,7	18,2	18,9
Henne Strand	9,5	5,8	11,0	16,7	17,7
Blåvand	14,0	-0,4	14,2	13,9	17,0
Flyverholm	11,5	14,6	16,3	12,4	17,8
Gjellerodde	6,1	9,1	10,9	12,0	14,5
Fjerring Sø	12,4	9,2	14,1	14,4	17,3
Hyttevej	3,4	15,8	16,0	15,4	18,7
Nørhede	6,3	10,3	11,8	16,2	17,5
Halby	4,6	12,2	12,9	15,5	17,4
Hemmet Strand	1,9	16,2	16,4	14,7	18,6
Bork Havn	3,6	14,2	14,6	15,5	18,1
Nyminde Plantage	5,3	10,5	11,6	15,6	17,1
Jegum Ferieland	6,0	10,5	11,8	13,3	15,6

Tabel 13. Scenarium 2. Beregnede niveauer for indendørs lavfrekvent støj i øvrige områder for støjfølsom arealanvendelse. Grænseværdien for den samlede støj er 20 dB. Støjen er beregnet for vindhastigheden 8 m/s.

Lavfrekvent støj i øvrige områder for støjfølsom arealanvendelse, scenarium 2 (17,5 GW)					
Beregnet støjniveau, L_{pALF} i dB					
Beregningspunkt	Havvindmøller mindre end 20 km fra kysten (eksisterende)	Eksisterende vindmøller på land	Samlet støj fra eksisterende vindmøller på land og på havet	Havvindmøller mere end 20 km fra kysten (under planlægning)	Samlet støj fra alle vindmøller (eksisterende og under planlægning)
Bonnet	2,2	11,4	11,9	9,0	13,7
Ramme	1,4	14,1	14,3	9,6	15,6
Fjaltring	4,4	13,4	13,9	10,8	15,6
Thorsminde	3,4	5,6	7,6	12,5	13,7
Bøvlingbjerg	0,0	11,7	12,0	10,4	14,3
Tim	0,0	11,2	11,5	11,0	14,3
Ringkøbing	2,0	10,6	11,2	12,2	14,7
Hvide Sande Nord	6,1	5,1	8,6	14,5	15,5
Tarmvej	-3,2	14,5	14,6	9,8	15,8
Nyminddegab	2,2	5,0	6,8	12,1	13,2
Obling	-1,2	10,5	10,8	10,8	13,8
Oksbøl	2,4	3,8	6,2	8,7	10,6
Næsbjerg	-1,6	9,8	10,1	5,6	11,4
Nørre Nebel	-1,0	9,9	10,2	10,4	13,3
Stausø	2,7	4,8	6,9	10,2	11,9
Vardevej	-4,4	9,9	10,1	8,0	12,2
Oksby Klitplantage	5,4	-1,7	6,2	8,3	10,4
Kærup	0,5	11,4	11,7	8,1	13,3
Lem	-0,6	12,5	12,7	10,3	14,7
Thyborøn	4,9	7,4	9,3	6,3	11,1
Hvidbjerg	-4,5	11,6	11,7	4,7	12,5

10.3.1 Lavfrekvent støj i sommerhusområder, scenarium 2 (Tabel 12)

De beregnede støjbidrag fra havvindmøller placeret mere end 20 km fra kysten er overalt lavere end grænseværdien på 20 dB, men enkelte steder tæt på 20 dB. Det højeste støjbidrag forekommer i sommerhusområdet Holmsland Klitby nord for Hvide Sande, hvor der er beregnet et støjbidrag på 19,5 dB.

I samme område er der beregnet et samlet støjbidrag fra eksisterende vindmøller på havet og på land på 13,5 dB. Den samlede støj fra alle vindmøller (eksisterende og planlagte) er derfor 20,5 dB. Hvis støjbidraget fra de planlagte havvindmøller udenfor 20 km reduceres med 0,6 dB, vil den samlede støj være 20,0 dB og dermed ikke over grænseværdien.

Beregninger viser en lignende situation i Hvide Sande, hvor den samlede støj fra eksisterende vindmøller og de planlagte havvindmøller er beregnet til 20,3 dB. Her vil en reduktion af støjen fra de planlagte havvindmøller med 0,5 dB betyde, at den samlede støj ikke overstiger 20 dB.

Med de forudsætninger, der er anvendt i nærværende rapport mht. antal vindmøller, opstillingsmønstre og støjdata, viser beregningerne, at den samlede udbygning af Nordsøen Område 1 og 2 med 17,5 GW og Thor kan gennemføres uden overskridelse af grænseværdierne. Der skal dog indarbejdes en optimering, som sikrer, at den samlede lavfrekvente støj i sommerhusområder fra Nordsøen Område 1 og 2 og Thor reduceres med mindst 0,6 dB.

10.3.2 Lavfrekvent støj i øvrige områder for støjfølsom arealanvendelse, scenarium 2 (Tabel 13)

De beregnede støjbidrag fra havvindmøller placeret mere end 20 km fra kysten er overalt væsentligt lavere end grænseværdien på 20 dB. Det samme gælder de beregnede støjbidrag fra alle eksisterende vindmøller på havet og på land. Den beregnede samlede støj fra alle vindmøller er derfor også lavere end grænseværdien.

De beregnede støjniveauer viser, at udbygningen af Nordsøen Område 1 og 2 med 17,5 GW plus Thor med de forudsætninger, der er anvendt i nærværende rapport, ikke fører til overskridelse af grænseværdien for lavfrekvent støj i øvrige områder for støjfølsom arealanvendelse.

10.3.3 Lavfrekvent støj i beboelse i det åbne land, scenarium 2

Grænseværdien for indendørs lavfrekvent støj er den samme for beboelse i det åbne land som for områder for støjfølsom arealanvendelse. De udførte beregninger af lavfrekvent støj i områder for støjfølsom arealanvendelse har vist, at støjbidraget fra de planlagte havvindmøller placeret mere end 20 km fra kysten som hovedregel er væsentligt lavere end grænseværdien på 20 dB (se Tabel 13).

I det åbne land kan der være individuelle boliger, som er udsat for lavfrekvent støj fra eksisterende vindmøller med niveauer, der er tæt på grænseværdien. Hvis støjen fra de planlagte havvindmøller er mindst 10 dB lavere, kan deres støjbidrag betragtes som uden betydning for støjbelastningen. Hvis forskellen er mindre end 10 dB, må begge bidrag imidlertid anses for at have betydning for den samlede støj, som derfor beregnes. Det fremgår imidlertid af Tabel 13, at den samlede støj i alle beregningspunkter er væsentligt lavere end grænseværdien.

Det fremgår også af Tabel 13, at støjbidragene fra eksisterende havvindmøller er lave. Støj fra eksisterende vindmøller er derfor domineret af de vindmøller, der står på land.

Det vurderes derfor, at situationer, hvor den beregnede samlede støj fra alle vindmøller overstiger 20 dB, kun vil kunne forekomme i særlige situationer, hvor en bolig i det åbne land allerede er udsat for et højt støjbidrag fra eksisterende vindmøller på land. Samtidig skal der også være et beregnet støjbidrag fra de planlagte havvindmøller, som har miljømæssig betydning.

De beregnede støjniveauer viser, at udbygningen af Nordsøen Område 1 og 2 med 17,5 GW plus Thor med de forudsætninger, der er anvendt i nærværende rapport, med en god margin ikke fører til overskridelse af grænseværdien for lavfrekvent støj i beboelse i det åbne land. Det kan dog ikke afvises, at der kan være individuelle boliger, hvor et uheldigt sammenfald af et højt støjbidrag fra eksisterende vindmølle og et mindre bidrag fra de planlagte havvindmøller lige netop medfører en beregnet overskridelse af grænseværdien. Det vurderes imidlertid, at sandsynligheden for disse sammenfald er lille og i værste fald vil omfatte få boliger.

11. Beregning af almindelig støj

Der er udført beregning af almindelig støj fra alle eksisterende og planlagte havvindmølleparker ud for Jyllands vestkyst. Alle beregninger er udført i henhold til metoden beskrevet i vindmøllebekendtgørelsen fra 2019, dvs. med korrektion for multiple refleksioner.

Beregningerne er udført for scenarium 2, som er anvendt ved beregning af lavfrekvent støj (se afsnit 10 ovenfor). Der er desuden udført en vurdering af almindelig støj for scenarium 1. De to scenarier er:

- Scenarium 1 med i alt 334 vindmøller i Område 1 og 2, samlet effekt på 5,0 GW
- Scenarium 2 med i alt 1.164 vindmøller i område 1 og 2, samlet effekt på 17,5 GW.

Scenarium 2 vil medføre mere støj end scenarium 1.

Tabel 9, side 30 indeholder en oversigt over de to scenarier.

Ved beregning af støj fra vindmøller på land er også anvendt beregningsmetoden i vindmøllebekendtgørelsen fra 2019. Her er medtaget alle vindmøller med en effekt på mere end 25 kW, der står i kommunerne langs Jyllands vestkyst ud for den planlagte havvindmølleudbygning. De er markeret på Figur 17.

Af beregningstekniske årsager har det været nødvendigt at opdele støjberegningen i følgende delberegninger:

- Alle havvindmøller placeret mere end 20 km fra kysten (Nordsøen Område 1 og Område 2, Thor samt Horns Rev 2 og 3)
- Alle havvindmøller placeret mindre end 20 km fra kysten (Vesterhav Nord, Vesterhav Syd samt Horns Rev 1)
- Eksisterende vindmøller placeret på land.

Det skal bemærkes, at beregningsmetoden for støj fra havvindmøller i henhold til vindmøllebekendtgørelsen 2019 omfatter den såkaldte medvindskomponent (se omtalen i afsnit 6.1). Den indgår derfor ved beregning af støj fra havvindmøllerne. Medvindskomponenten betyder, at korrektion for multiple refleksioner ikke indgår med fuld styrke for alle vindmøller i alle retninger fra et modtagepunkt. Den betyder derfor også, at en beregning af støj fra flere grupper af vindmøller i henhold til metoden skal udføres i én samlet beregning. Hvis beregningen opdeles i flere individuelle beregninger, og resultaterne efterfølgende adderes, kan det resultere i lidt højere støjniveauer end i den korrekte, samlede beregning. Det vurderes imidlertid, at dette forhold har lille betydning for de udførte beregninger.

Beregning af almindelig støj er udført i de samme beregningpunkter som anvendt ved beregning af lavfrekvent støj. Beregningpunkterne er vist på Figur 18 (sommerhusområder) og Figur 19 (områder for anden støjfølsom arealanvendelse end sommerhusområder). Der er dog i beregningen af almindelig støj ingen skellen mellem sommerhusområder og andre områder udlagt til støjfølsom arealanvendelse.

Beregningresultaterne er vist i Tabel 14.

Desuden indgår vurdering af støj ved bebyggelse i det åbne land.

Resultater og konklusioner er gennemgået i de følgende afsnit.

Tabel 14. Scenarium 2. Beregnede niveauer for udendørs almindelig støj i områder for støjfølsom arealanvendelse. Grænseværdien for den samlede støj er 39 dB. Støjen er beregnet for vindhastigheden 8 m/s.

Almindelig støj i områder for støjfølsom arealanvendelse, scenarium 2 (17,5 GW)					
Beregnet støjniveau, L _{PA} i dB					
Beregningspunkt	Havvindmøller mindre end 20 km fra kysten (eksisterende)	Eksisterende vindmøller på land	Samlet støj fra eksisterende vindmøller på land og på havet	Havvindmøller mere end 20 km fra kysten (under planlægning)	Samlet støj fra alle vindmøller (eksisterende og under planlægning)
Vrist	25,0	26,8	29,0	29,8	32,4
Bjerghuse	17,6	20,4	22,2	34,0	34,3
Vedersø Klit	17,5	20,7	22,4	34,1	34,4
Søndervig	22,3	20,7	24,6	34,5	34,9
Holmsland Klitby	23,1	20,3	24,9	35,1	35,5
Hvide Sande	19,1	35,0	35,1	33,6	37,4
Bjerregård	16,3	20,1	21,6	34,4	34,6
Henne Strand	17,9	18,7	21,3	33,6	33,9
Blåvand	25,0	8,7	25,1	30,9	31,9
Flyverholm	22,7	36,3	36,5	28,8	37,2
Gjellerodde	15,3	28,3	28,5	27,1	30,9
Fjerring Sø	24,5	23,3	27,0	30,3	32,0
Hyttevej	11,5	34,7	34,7	30,1	36,0
Nørhede	13,6	24,3	24,7	31,2	32,1
Halby	12,0	30,6	30,7	29,8	33,3
Hemmet Strand	9,2	35,1	35,1	29,5	36,2
Bork Havn	11,0	32,4	32,4	30,9	34,7
Nyminde Plantage	12,6	28,5	28,6	31,8	33,5
Jegum Ferieland	14,1	26,7	26,9	28,7	30,9
Bonnet	16,5	35,2	35,3	28,6	36,1
Ramme	15,8	37,7	37,7	29,1	38,3
Fjaltring	19,3	39,2	39,2	30,7	39,8
Thorsminde	16,6	23,8	24,6	32,0	32,7
Bøvlingbjerg	13,7	34,2	34,2	29,6	35,5
Tim	12,0	36,1	36,1	29,9	37,0
Ringkøbing	15,3	32,7	32,8	31,3	35,1
Hvide Sande Nord	21,2	30,8	31,3	34,3	36,0
Tarmvej	12,1	38,5	38,5	29,1	39,0
Nymindegab	17,4	26,0	26,6	32,7	33,6
Obling	14,4	34,0	34,0	30,6	35,7
Oksbøl	16,0	24,2	24,8	28,9	30,3
Næsbjerg	9,5	33,0	33,0	24,1	33,5
Nørre Nebel	14,8	35,0	35,0	30,5	36,3
Stausø	15,9	25,7	26,1	30,6	31,9
Vardevej	9,7	30,7	30,7	26,9	32,2
Oksby Klitplantage	19,5	14,6	20,7	28,8	29,4
Kærup	13,5	36,0	36,0	27,8	36,6

Almindelig støj i områder for støjfølsom arealanvendelse, scenarium 2 (17,5 GW)					
Beregnet støjniveau, L _{PA} i dB					
Beregningspunkt	Havvindmøller mindre end 20 km fra kysten (eksisterende)	Eksisterende vindmøller på land	Samlet støj fra eksisterende vindmøller på land og på havet	Havvindmøller mere end 20 km fra kysten (under planlægning)	Samlet støj fra alle vindmøller (eksisterende og under planlægning)
Lem	11,3	37,1	37,1	28,7	37,7
Thyborøn	19,0	28,2	28,7	27,3	31,1
Hvidbjerg	7,0	40,5	40,5	22,9	-

11.1.1 Almindelig støj i alle områdetyper for støjfølsom arealanvendelse, scenarium 2 (Tabel 14)

De beregnede støjbidrag fra havvindmøller placeret mere end 20 km fra kysten er overalt lavere end grænseværdien på 39 dB ved 8 m/s. Jævnfør afsnit 8.4 er grænseværdien ved 6 m/s også overholdt. Det samme gælder de beregnede støjbidrag fra havvindmøller placeret mindre end 20 km fra kysten, som overalt er væsentligt lavere end grænseværdien. I enkelte lokaliteter er de beregnede støjbidrag fra de planlagte havvindmøller mindst 10 dB lavere end støjbidrag fra de eksisterende vindmøller på havet og på land. I disse tilfælde er støjen fra de fremtidige vindmøller uden miljømæssig betydning.

I beregningspunktet **Hvidbjerg** er der beregnet et støjbidrag fra eksisterende vindmøller på land på 40,5 dB. Det har ikke været en del af dette projekt at undersøge dette forhold nærmere. Støjbidrag fra havvindmøllerne er imidlertid uden betydning for dette støjniveau, fordi støjbidragene fra havvindmøller indenfor en afstand af 20 km fra kysten er 7,0 dB og 22,9 dB fra havvindmøller, der står mere end 20 km fra kysten. Derfor er den samlede støj ikke beregnet.

I beregningspunktet **Fjaltring** viser beregningerne, at eksisterende vindmøller på land alene giver anledning til en overskridelse af grænseværdien på 39 dB, mens støjbidraget er 19,3 dB fra havvindmøller indenfor en afstand af 20 km fra kysten og 30,7 dB fra havvindmøller, der står mere end 20 km fra kysten. Det betyder, at den samlede støj er domineret af vindmøllerne på land, mens støj fra havvindmøllerne har mindre betydning. De vindmøller på land, der er støjmæssigt dominerende i området, er tilknyttet Testcenter Høvsøre, men der er også andre eksisterende vindmøller i området. Ved detaljeret planlægning af havvindudbygningen er der behov for en optimering af samspillet mellem nye og eksisterende vindmøller, som sikrer, at grænseværdien kan overholdes.

Beregninger af almindelig støj i områder for støjfølsom arealanvendelse viser, at støj fra eksisterende og planlagte havvindmøller vil være under grænseværdierne. Der kan imidlertid være lokalområder, hvor eksisterende vindmøller på land giver anledning til støj tæt på eller over en grænseværdi. Der er dog kun fundet to områder; et ved Fjaltring i nærheden af Testcenter Høvsøre og et ved Hvidbjerg, hvor der kan være overskridelse af grænseværdierne. Overskridelsen ved Hvidbjerg skyldes ikke støj fra havvindmøller. Overskridelsen i nærheden af Testcenteret skyldes først og fremmest vindmøller på land i lokalområdet, men havvindmøllerne er ikke uden betydning.

11.1.2 Almindelig støj i beboelse i det åbne land, scenarium 2

Grænseværdierne for almindelig støj er 5 dB højere ved beboelse i det åbne land end ved områder for støjfølsom arealanvendelse. Grænseværdien ved 8 m/s er således 44 dB. Det vurderes, at de udførte beregninger af støj i områder for støjfølsom arealanvendelse, har vist, at almindelig støj fra de planlagte havvindmøller placeret mere end 20 km fra kysten i næsten alle områder på land vil være mindst 10 dB lavere end grænseværdien (jævnfør Tabel 14). Det vil derfor kun være i lokaliteter, hvor støj fra eksisterende vindmøller er lige under 44 dB samtidig med, at støj fra de planlagte havvindmøller er tæt på 34 dB, at der i teorien kan opstå en overskridelse af grænseværdien.

De beregnede støjniveauer viser, at udbygningen af Nordsøen Område 1 og 2 med 17,5 GW plus Thor med de forudsætninger, der er anvendt i nærværende rapport, med en god margin ikke fører til overskridelse af grænseværdier for almindelig støj i beboelse i det åbne land. Det kan dog ikke afvises, at der kan være individuelle boliger, hvor et uheldigt sammenfald af et højt støjbidrag fra eksisterende vindmølle og et mindre bidrag fra de planlagte havvindmøller lige netop medfører en beregnet overskridelse af grænseværdien. Det vurderes imidlertid, at sandsynligheden for disse sammenfald er lille og i værste fald vil omfatte få boliger.

11.1.3 Almindelig støj i scenarium 1

Scenarium 1 omfatter et antal vindmøller, der udgør lidt under 30 % af antal vindmøller i scenarium 2. Den beregnede støj fra havvindmøllerne i scenarium 1 vil derfor være ca. 5,4 dB lavere end i scenarium 2. Det vil betyde, at den samlede støj fra alle vindmøller vil være lavere end vist i Tabel 14. I beregningspunktet Hvidbjerg vil det fortsat være eksisterende vindmøller på land, der giver anledning til støj over grænseværdierne, mens havvindmøllerne vil være uden betydning. I beregningspunktet Fjaltring vil et mindre støjbidrag betyde, at støjen fra de planlagte havvindmøller vil være mere end 10 lavere end støjen fra andre vindmøller. De vil derfor være uden betydning for den samlede støj.