
RAPPORT

Helsekonsekvensutredning Tysvær vindkraftverk

OPPDRAAGSGIVER

Tysvær Vindpark AS

EMNE

Helsekonsekvensutredning

DATO / REVISJON: 29. november 2021 / 01

DOKUMENTKODE: 10218974-03-TVF-RAP-001



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

OPPDRAAG	Tysvær vindkraftverk	DOKUMENTKODE	10218974-03-TVF-RAP-001
EMNE	Helsekonsekvensutredning	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Tysvær Vindpark AS	OPPDRAAGSLEDER	Roy Whittall
KONTAKTPERSON	Leon Notkevich	UTARBEIDET AV	Roy Whittall med flere
KOORDINATER	N/A	ANSVARLIG ENHET	Multiconsult Norge AS
GNR./BNR./SNR.	N/A		

SAMMENDRAG

Tysvær kommune påla den 04.03.2021 Tysvær Vindpark AS (TVAS) å utarbeide en helhetlig helsekonsekvensutredning (HKU) for Tysvær vindkraftverk. TVAS engasjerte Multiconsult Norge AS til å gjennomføre utredningen som belyser mulige helsekonsekvenser fra støy, skyggekast, visuelle virkninger, tap av nærområder for friluftsliv samt synergieffekter av samtlige av disse eksponeringene.

Folkehelseloven er en sektorovergripende lov og skal sikre at det er «helse i alt en gjør». Kommunen har også ansvar for å fremme folkehelse i de oppgaver kommunen er tillagt, og skal medvirke til at dette ivaretas av andre myndigheter. Det har gått lang tid fra utarbeidelse av konsekvensutredningen og vedtak om konsesjon for Tysvær vindkraftverk til byggingen startet i 2020. Konsesjon ble gitt før folkehelseloven trådte i kraft. En av de viktigste faktorene når det gjelder å ta hensyn til folkehelse i planprosesser er medvirkning og deltagelse. En helsekonsekvensutredning som i dette tilfellet blir utarbeidet lang tid etter konsesjonssøknad med tilhørende konsekvensutredning og påfølgende konsesjonsbehandling vil ha vesentlig mindre betydning for ivaretagelse av folkehelsen.

Kunnskapsgrunnlaget innen helsevirkninger fra vindkraft er fortsatt mangelfullt selv om det er gjort en del studier spesielt innenfor støy. Litteraturgjennomgangen gjort i denne utredningen viser at det ikke kan dokumenteres helseeffekter som er direkte relatert til støy fra vindturbiner når lydnivået er lavere enn Lden 45 dB. Det kan heller ikke dokumenteres direkte helseeffekter forårsaket av infrastøy/lavfrekvent lyd fra vindturbiner. Symptomer som er funnet i forskjellige studier er uspesifikke og kan utløses av flere ulike faktorer. Gitt at kunnskapsgrunnlaget er begrenset kan man heller ikke konkludere med at negative eller uønskede helseeffekter vil være fraværende. Når det gjelder andre eksponeringsfaktorer som skyggekast, hinderlys og synlighet er virkningene på samme måte som for støy først og fremst knyttet til plagereaksjoner. Enkelte studier har vist at eksponering for flere av faktorer kan bidra til økt grad av plage hos mottakerne.

I denne utredningen er det valgt å benytte en metodikk for å visualisere samlede helsekonsekvenser basert på en modell som benyttes ved risikovurderinger. Metodisk må dette ikke forveksles med en fullstendig risikoanalyse, men heller sees på som en måte å presentere og sammenstille flere eksponeringsfaktorer. For Tysvær vindkraftverk er det spesielt beboerne i de elleve boligene med støynivåer over grenseverdien på Lden 45 dB som potensielt kan bli utsatt for den mest sammensatte og komplekse eksponeringen.

Tysvær vindkraftverk er under bygging og anlegget vil om kort tid være i drift. Mulige helsekonsekvenser som omtales i denne utredningen kan sees som et utgangspunkt for en videre prosess der hensikten bør være å gjennomføre avbøtende tiltak dersom det vurderes som nødvendig. Eksempelvis skal det gjennomføres etterundersøkelser av støy som kan danne grunnlag for konkretisering av avbøtende tiltak spesielt for de boligene som ligger nærmest anlegget. Lokale myndigheter og lokalmiljøet i nærområdet til Tysvær vindkraftverk bør benytte muligheten til å medvirke i en slik prosess med formål om å bidra til best mulige løsninger for alle parter.

01	29.11.2021	Endelig rapport	Flere	Ørjan W. Jenssen	Linn Silje Undem
00	05.11.2021	Utkast til rapport	Flere	Ørjan W. Jenssen	Linn Silje Undem
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
2	Folkehelse og miljørettet helsevern	5
2.1	Om folkehelseloven og planprosesser	6
2.2	Folkehelse og planprosessen for Tysvær vindkraftverk	7
3	Støy	8
3.1	Innledning	8
3.2	Definisjoner	8
3.3	Bakgrunn	9
3.4	Resultater fra støyberegninger for Tysvær vindkraftverk	11
3.5	Helsekonsekvenser av støy > L _{den} 40 dB	12
3.6	Infrastøy – hva sier forskning så langt	14
3.7	Beregningsmetode for støy fra vindturbiner	17
3.8	Avbøtende støytiltak	19
3.9	Konklusjon	19
4	Skyggekast	20
4.1	Hva er skyggekast?	20
4.2	Anbefalte grenseverdier	21
4.3	Beregninger og metode	21
4.4	Skyggekast og helse	22
4.5	Vurdering av Tysvær vindkraftverk	22
5	Visuelle virkninger	23
5.1	Synlighet	23
5.2	Lysmerking for luftfart	27
5.3	Visuelle virkninger og helse	30
6	Tap av nærområder for friluftsliv	30
7	Helsekonsekvenser av samlet eksponering	33
7.1	Sammenstilling av eksponering for flere enkeltfaktorer	33
7.2	Metode for vurdering av de ulike faktorene	35
7.3	Helsekonsekvensvurdering for et utvalg bygninger	37
8	Konklusjon	42
9	Kilder	44

1 Innledning

Med hjemmel i lov om folkehelsearbeid (folkehelseloven) §11 påla Tysvær kommune den 04.03.2021 Tysvær Vindpark AS (TVAS) å utarbeide en helhetlig helsekonsekvensutredning (HKU) for Tysvær vindkraftverk. Vedtaket krever at minimum følgende forhold blir belyst og vurdert ut ifra planlagt utbygging og drift:

- Helsekonsekvenser fra støy
- Helsekonsekvenser fra skyggekast
- Helsekonsekvenser fra visuell forurensning
- Helsekonsekvenser for tap av nærområder for friluftsliv, samt stress og psykiske påkjenninger.
- Synergieffekter av samtlige overnevnte eksponeringer.

Vedtaket inneholdt spesifikt krav om at utredningen måtte utarbeides av en uavhengig part med minimum kompetanse på miljø- og/eller yrkeshygiene, akustikk, samfunnsmedisin og/eller yrkesmedisin. TVAS engasjerte Multiconsult Norge AS til å gjennomføre utredningen. Multiconsult har i tillegg til egne ressurser også samarbeidet med lege Jan Alexander fra Idrettens Helsesenter, med kompetanse innen miljømedisin, arbeidsmedisin og toksikologi

Følgende ressurser har vært involvert i utredningen:

- Roy Whittall, yrkeshygieniker og folkehelserådgiver - Multiconsult
- Linn Silje Undem, sivilingeniør vindkraft - Multiconsult
- Ingunn Milford, akustiker - Multiconsult
- Ricardo Martin Villares, akustiker - Multiconsult
- Jan Alexander, professor, miljømedisiner og spesialist i arbeidsmedisin - Idrettens helsesenter

2 Folkehelse og miljørettet helsevern

Miljøets betydning på helsetilstanden til befolkningen har vært kjent lenge og var et hovedpoeng i sunnhetsloven fra 1860. Allerede den gangen var det en bevissthet om at flere ulike fagområder og disipliner måtte medvirke for å bedre sunnheten i samfunnet.

Kommunehelsetjenesteloven videreførte i 1987 bestemmelsene fra sunnhetsloven, under begrepet miljørettet helsevern (Sosial- og helsedirektoratet 2003). Miljørettet helsevern defineres som de forhold som til enhver tid direkte eller indirekte kan ha innvirkning på helsen, blant annet biologiske, fysiske, kjemiske og sosiale faktorer.

Kommunehelsetjenesteloven ble erstattet av folkehelseloven i 2012. Folkehelseloven gir blant annet alle offentlige institusjoner ansvar for å fremme folkehelse, herunder kommunene, staten og fylkeskommunen. Den tidligere kommunehelsetjenesteloven la mange av oppgavene direkte til helsetjenesten i kommunen, men nå er ansvaret løftet til et overordnet nivå og til alle sektorer og myndigheter. Prinsippet om å fremme folkehelse i alle sektorer ("helse i alt vi gjør") gjelder for kommuner, fylkeskommuner og stat. Dette innebærer at helsehensyn skal integreres i beslutningsprosesser og for eksempel i utøvelse av rollen som eier av virksomhet og eiendom, arbeidsgiver, utviklingsaktør, tjenesteyter med videre.

Gjennom 1990-tallet skjedde det en gradvis sammensmelting av forebyggende helsearbeid og miljøvern på bakgrunn av blant annet arbeidet i Verdenskommisjonen for miljø og utvikling der Gro Harlem

Brundtland var leder. Begrepene «bærekraft» og «bærekraftig utvikling» ble for første gang godt kjent i rapporten "Vår felles framtid" fra 1987.

I Norge utarbeidet miljø- og helsemyndighetene en felles handlingsplan for miljø og helse i 2000. Hovedformålet med handlingsplanen var å utvikle og iverksette en samordnet politikk for å redusere negative virkninger av miljøet på folks helse og å ta vare på de miljøkvaliteter som bidrar positivt til helse og livskvalitet.

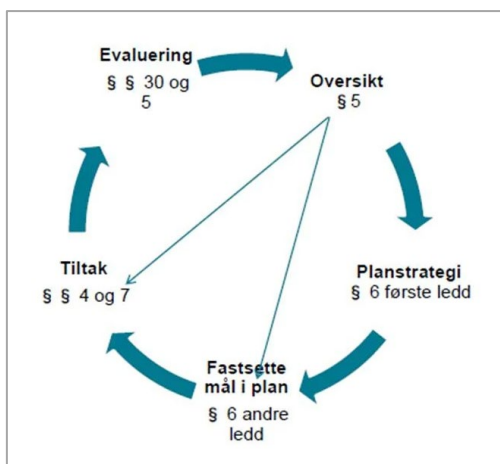
I denne utviklingen ser vi at helse, miljø og bærekraft forenes i samfunnsplanlegging som felles redskap for å oppnå målsettingene for en slik sektorovergripende og helhetlig prosess. Allerede i 1998 viser NOU 1998:18 "Det er bruk for alle - styrking av folkehelsearbeidet i kommunene" til plan- og bygningslovens bestemmelser om sektorovergripende samfunnsplanlegging som redskap i folkehelsearbeidet. Etter dette er det igangsatt flere prosjekt og programmer i regi av myndighetene for å styrke helse i planlegging. Plan- og bygningsloven fra 2008 har som en av sine fremste formål at loven skal fremme bærekraftig utvikling til beste for den enkelte, samfunnet og framtidige generasjoner. Videre sier loven at innenfor rammen av dette formål, skal planleggingen blant annet fremme befolkningens helse og motvirke sosiale helseforskjeller, samt bidra til å forebygge kriminalitet (Miljøverndepartementet 2009).

I stortingsmelding nr. 34 (2012-2013) "Folkehelsemeldingen, God helse – felles ansvar" beskrives det at god samfunnsplanlegging skal bidra til å styrke folkehelse ved å beskytte mot risikofaktorer og fremme faktorer som virker positivt på helse og livskvalitet.

2.1 Om folkehelseloven og planprosesser

Når det gjelder behovet for å ta hensyn til folkehelsen, er det ingen grunn for at det skal være forskjell mellom planlegging gjennomført etter plan- og bygningsloven, energiloven eller om det gjennomføres en lokal, regional eller statlig planprosess. Folkehelseloven er som beskrevet sektorovergripende og skal sikre at det er «helse i alt en gjør». Kommunen har ansvar for å fremme folkehelse i de oppgaver kommunen er tillagt, og skal medvirke til at dette ivaretas av andre myndigheter.

Folkehelseloven skal sikre et systematisk folkehelsearbeid. Kommunen skal ha oversikt over helsetilstand og påvirkningsfaktorer, og på bakgrunn av dette identifisere eventuelle folkehelseutfordringer i kommunen (Paulssen og Moltumyr 2021). Modellen (se Figur 1 nedenfor) for et systematisk folkehelsearbeid er beskrevet i St.meld. nr. 34 og beskriver at kommunen kan sette mål og iverksette tiltak for å fremme folkehelse samt møte eventuelle spesifikke folkehelseutfordringer i kommunen. Tiltak kan som i dette tilfellet være krav om utarbeidelse av en helsekonsekvensutredning for Tysvær vindkraftverk.



Figur 1. Hentet fra stortingsmelding nr. 34 (2012-2013)

2.2 Folkehelse og planprosessen for Tysvær vindkraftverk

Det er enhver kommunes rett og plikt til å gjennomføre et tiltak etter folkehelseloven, og til å forsikre seg om at planprosessen og konsesjonsbehandlingen i tråd med energiloven har tatt tilstrekkelig hensyn til folkehelse og formålene om at det skal være «helse i alt vi gjør». St.meld. nr. 34 har riktignok fokus på plan- og bygningsloven når den beskriver folkehelse i planstrategier, men samtidig gir folkehelseloven også staten og sentrale myndigheter konkrete forpliktelser til å arbeide etter «helse i alt vi gjør»-prinsippet i sine planprosesser og konsesjonsbehandlinger. Dette innebærer at staten herunder departementer og direktorater skal bruke virkemidler, blant annet som myndighet, eier, arbeidsgiver og samfunnsutvikler, og har også ansvar for å vurdere konsekvenser av aktuelle tiltak for befolkningens helse.

Tysvær kommune har gjort en gjennomgang av konsesjonsbehandlingen og senere utredninger/vedtak i saken og konkludert med at det ikke er foretatt en helhetlig vurdering av eventuelle helseeffekter fra Tysvær vindkraftverk. Som følge av dette har Tysvær kommune fattet vedtak om at det må gjennomføres en helsekonsekvensutredning med hjemmel i folkehelseloven.

Tysvær kommune beskriver i sitt vedtak at opprinnelig konsesjonsbehandling blant annet omhandlet landskap, friluftsliv og ferdsel, støy og skyggekast/refleksblink. Samtlige tema er ifølge kommunen kun vurdert i begrenset omfang og det refereres i hovedsak til beregninger og grenseverdier. I den opprinnelige konsekvensutredningen er det foretatt en vurdering enkeltvis for de ulike temaene, men de ulike eksponeringsfaktorene er ikke vurdert samlet, foruten setningen: «Samlet sett vil en utbygging av Tysvær vindkraftverk gi relativt begrensende negative virkninger».

Som beskrevet i kapittel 2 har det etter 2005 skjedd stor utvikling i hvordan folkehelse skal ivaretas i planprosesser. Det har blant annet kommet ny versjon av plan- og bygningsloven, folkehelseloven har erstattet kommunehelsetjenesteloven og det er utarbeidet flere stortingsmeldinger og utredninger som har pekt på ivaretagelsen av folkehelse i plan og konsekvensutredninger.

Denne utredningen vurderer ikke hvordan saksbehandlingen eventuelt kunne vært gjort annerledes, men vi mener det er relevant å omtale ivaretagelsen av folkehelse og medvirkning i lys av hvordan regelverket forholder seg til dette temaet i 2021. Sett i lys av at det har tatt 15 år fra prosjektet først ble meddelt konsesjon i 2005 til utbyggingen av anlegget ble igangsatt, er verdien av en helsekonsekvensutredning noe begrenset. Dette støttes også av forskningen som Frithjof Nansens Institutt har gjort på prosesser rundt vindkraftprosjekter, der det beskrives at den lange tidslinjen fra konsesjon til utbygging har bidratt til økt lokal motstand (Gulbrandsen 2021). Forskningen deres viser på den ene siden at NVE nesten aldri har gitt konsesjon dersom vertskommunen har gått imot prosjektet, men samtidig at kommunene har begrenset påvirkningsmulighet etter konsesjonen er gitt. Selv om det har gått lang tid fra konsesjon ble meddelt til byggingen av Tysvær vindkraftverk startet, har det i denne perioden vært en rekke runder med oppdateringer av grunnlagsmaterialet der både NVE og lokale myndigheter har vært involvert.

Frithjof Nansens Institutt konkluderer med at NVE tar hensyn til miljøkonsekvenser i saksbehandlingen av vindkraftverk (Gulbrandsen 2021). Det er imidlertid uklart hvordan hensynet til folkehelse som helhet er vurdert, selv om NVE uttaler at de har tatt hensyn til enkelttemaer som har betydning for folkehelse, som for eksempel støy, visuelle forhold og drikkevann. Dette var som nevnt også bakgrunnen for at Tysvær kommune vedtok krav om utarbeidelse av en helhetlig HKU etter folkehelseloven. Kommunen hadde for øvrig også hjemmel til å kreve en HKU etter kommunehelsetjenesteloven for 15 år siden under konsesjonsbehandlingen av Tysvær vindkraftverk..

En helsekonsekvensutredning som i dette tilfelle blir utarbeidet lang tid etter konsesjonssøknad med tilhørende konsekvensutredning og påfølgende konsesjonsbehandling vil ha betydelig mindre betydning

for ivaretagelse av folkehelsen. En av de viktigste faktorene når det gjelder å ta hensyn til folkehelse i planprosesser er medvirkning og deltagelse. Bestemmelsene om medvirkning i planprosesser har kommet inn i lovgivingen i løpet av de siste 20-30 årene, og medvirkning skal ikke bare verne om individuelle rettigheter, men også bidra til kvaliteten på selve planen (Holsten 2000).

Medvirkning er et ideal for både planlegging og folkehelsearbeidet. Innen folkehelse er medvirkning betegnet som en mulighet for å styrke egen identitet, kunne bidra til å definere egne problemer, ha egenskaper og evner til å ta ansvar for eget liv, ha frihet til å selv å bestemme og ha makt og mulighet til å finne løsninger.

Innen planlegging er medvirkning begrunnet som et demokratisk prinsipp, og omtalt i egen paragraf i plan- og bygningsloven. Loven stiller krav om aktiv opplysningsvirksomhet og at berørte enkeltpersoner og grupper skal gis anledning til å delta aktivt i planprosessen.

Det er ikke mulig å forutsette hvordan plan- og beslutningsprosessene for Tysvær vindkraftverk kunne vært annerledes dersom de hadde blitt gjennomført i dag da det fortsatt er en utfordring å få implementert folkehelse i dagens planprosesser. Karoline Unnerud (2018) viser i sin masteroppgave til Helgesen & Hofstad 2012, Helgesen et al. 2017 og Schou et al. 2014 som sier at folkehelse kan synes å ha fått økt innpass i kommuners strategiske og overordnede planer, men at det fortsatt er store utfordringer i å lykkes med å innlemme folkehelse i arealplanleggingen.

Tidligere undersøkelser har vist at det er stor motsetning mellom nasjonale og lokale interesser, kan det bli en utfordring å ivareta hensynet til medvirkning og dermed ivaretagelse av folkehelse i planlegging (Whittall, 2009). Dette er også relevant for Tysvær vindkraftverk der forslag til reguleringsplan ble vedtatt som statlig reguleringsplan etter at Tysvær kommune krevde en løsning som ikke var i tråd med konsesjonen for kraftledningen for å godkjenne reguleringsplanen. Selve begrunnelsen om å omgjøre reguleringsplanen til statlig plan var at de lokale ønskene ville ført til økte kostnader og dermed satt tiltaket og gjennomføringen i fare.

3 Støy

3.1 Innledning

I Tysvær kommunes pålegg om utarbeidelse av en helhetlig helsekonsekvensutredning, bes det for støy spesielt om at følgende forhold omtales:

- Helseulempen ved støynivå $> L_{den} 40$ dB
- Infrastøy, hva sier forskning så langt
- Kvalitet av beregningsmetodene

I vurderingen av støy har Multiconsult gjennomgått dokumenter knyttet behandlingen av Tysvær vindkraftverk, samt gjennomført litteratursøk for å få oversikt over oppdatert kunnskap på feltet. Gjennomgang er begrenset, og vi har fokusert på de nyeste rapportene, og i mindre grad diskutert kunnskap som allerede er gjengitt i kunnskapsgrunnlaget til Nasjonal ramme for vindkraft.

3.2 Definisjoner

I det følgende defineres og forklares de mest omtalte måleenhetene for støy fra vindturbiner, samt infralyd.

Ekvivalent lydnivå L_{eq} og L_{den}

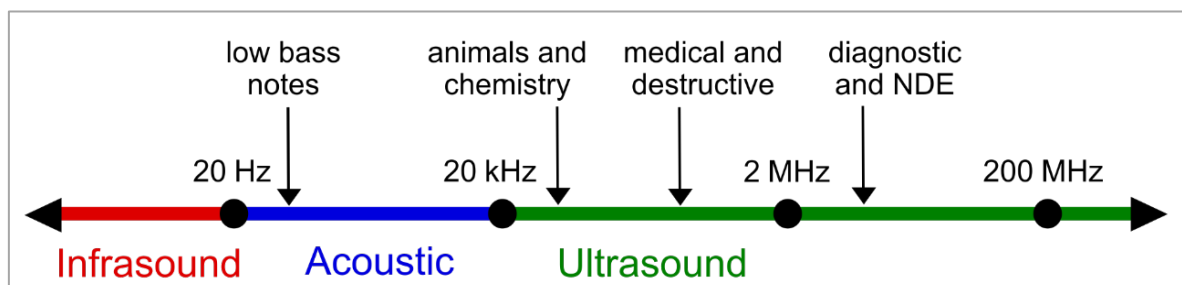
Et lydnivå er sjelden konstant over tid. For å si noe om lyden man opplever, benyttes normalt gjennomsnittsverdier. Følgende begreper er vanlige å bruke i vindkraftsammenheng:

- Ekvivalent støynivå ($L_{Aeq,T}$): Et mål på det gjennomsnittlige (energimidlede) nivået for varierende støy over en bestemt tidsperiode T. Tidsmidlet støynivå gjelder for en viss tidsperiode T, f.eks. 1/2 time, 8 timer, 24 timer. L_d (day/dag), L_e (evening/kveld) eller L_n (night/natt) er forskjellige former for gjennomsnittlige lydnivåer $L_{Aeq,T}$ hvor evalueringstiden T tilsvarer lengden på dagtid (12 timer), kveld (4 timer) eller natt (8 timer).
- L_{den} : A-veiet ekvivalent støynivå for dag-kveld-natt (day-evening-night) med 10 dB / 5 dB ekstra tillegg på henholdsvis natt / kveld. Tidspunktene for de ulike periodene er dag: 07-19, kveld: 19-23 og natt: 23-07. L_{den} -nivået skal beregnes som årsmiddelverdi, det vil si som gjennomsnittlig støybelastning over et år. For grenseverdier gitt i retningslinje eller forskrift kan ulike midlingstider gjelde.

Resultatene fra beregningene presenteres i form av L_{den} -parameteren som angitt i den norske retningslinjen for støy (T-1442). Det er viktig å understreke at L_{den} -parameteren er en gjennomsnittsverdi for lange perioder (minimum en dag) og inkluderer straff for kvelds- og nattperioder, så den kan ikke sammenlignes direkte med konkrete støymålinger utført i felt. Forskjellen mellom L_{den} og $L_{Aeq,T}$ er 6,4 dB hvis det antas et jevnt støynivå over samme periode ($L_{den} = L_{Aeq,T} + 6,4$ dB).

Infralyd

Generelt kan man klassifisere enhver lyd ut fra frekvenskomponentene i lyden. Man deler det inn i lavfrekvent støy (under 500 Hz), mellomfrekvensstøy (mellom 500 Hz og 2 kHz) og høyfrekvent støy (over 2 kHz). Lyd med et frekvensspekter over 20 kHz er en ultralyd og lyd under 20 Hz er en infralyd.



Figur 2. Frekvensområde og applikasjonene.

Den teoretiske definisjonen av infralyd er lyd med frekvenskomponenter under den hørbare terskelen (20 Hz), men generelt betegnes ofte enhver lyd med frekvenskomponenter under 50 Hz som en infralyd. Grunnen til det er at i teorien er hørbar lyd i frekvensområdet 20-20 000 Hz, men øret har best følsomhet i området 100 Hz-10 000 Hz. Lyder under 50 Hz oppfattes generelt som "vibrasjoner" og opplevelse av infralyd beskrives gjerne som lavfrekvente lydsymptomer: følelse av trykk i øret, trykk i brystet, trykk eller irritasjon i bihulene, generelt trykk, vibrasjoner i kroppen (Verbundprosjekt, 2020).

3.3 Bakgrunn

Tysvær vindkraftverk ligger i Tysvær kommune og består av 11 vindturbiner av typen Siemens S130 4,3 MW med navhøyde på 85 m. Støyberegninger er utført for hver bygning med støyfølsom bruk innenfor en avstand på 2 km fra turbinene. Dette inkluderer 142 boliger pluss 3 andre støyfølsomme bygninger. Detaljer og beregninger presenteres i rapporten «TYSVÆR VINDPARK – Støyanalyse (2019)» samt «TYSVÆR VINDPARK (2020) Oppdatert støynivå fra vindmøller».



Figur 3. Oversikt over turbinlokasjoner og samtlige støysensitive bygg innenfor 2 km fra turbinene. Kilde. TYSVÆR VINDPARK – Støyanalyse.

Støyberegningene er utført i henhold til støyretningslinjen T-1442 med tilhørende veiledere og resultatene presenteres i form av tabeller og støykart. Praksisen for beregning av støy ble endret mens prosjektet ventet på avklaring av konsesjonen i 2019. I henhold til disse nye og nå gjeldende krav har støyberegningene blitt utført for et «worst case» scenario, dvs. for vind som gir maksimalt støynivå i vindturbinene og blåser direkte i retning av berørte mottakere (naboer). I tillegg er det utført et sett beregninger med tanke på mer realistiske vindforhold, basert på langtidskorrigerte vindmåledata fra området. Ifølge disse målingene er den fremherskende vindretningen i området fra østsørøst og nordvest. Dette betyr at mottakere som ikke befinner seg i denne vindretningen, får redusert støynivå hvis vindfordeling tas hensyn til i beregningene. I tillegg er vindhastigheten lavere enn det som skal angis i et «worst case» fra turbinene, noe som fører til at bruk av realistisk støyhastighet også vil føre til en reduksjon av støynivået.

Videre er det gjort vurderinger i såkalt «støyreduisert modus», og dette er omtalt nærmere lenger bak i dette kapitlet.

Beregningsmetode og grenseverdi henger sammen. Grenseverdien er gitt for en bestemt beregningsmetode. Det betyr at ved vurdering av helseplager fra vindturbiner er det beregnede lydnivåer som ligger til grunn for å si når eventuelle helseplager kan oppstå i motsetning til målte lydnivåer. Det betyr også at det er det såkalt «worst case» scenario som skal legges til grunn når man ser på hvilke lydnivåer berørte naboer til et vindkraftverk blir eksponert for. Dersom man skulle ha lagt mer realistiske verdier til grunn ville sannsynligvis grenseverdien ha vært satt annerledes. Slik sett blir vurdering av støy i mer realistiske situasjoner en tilleggsinformasjon som kan være nyttig, men som ikke skal brukes opp mot grenseverdien og som man bør være forsiktig med å tillegge mye vekt.

3.4 Resultater fra støyberegninger for Tysvær vindkraftverk

Beregningene viser at det er 18 mottakere (boliger) som eksponeres for lydnivåer over grenseverdien L_{den} 45 dB. Ved bruk av støyreduisert modus er det 12 mottakere som har lydnivå over grenseverdien.

Beregningene viser videre at det er 94 mottakere som eksponeres for lydnivåer over L_{den} 40 dB. Ved bruk av støyreduisert modus er et 71 mottakere som eksponeres for lydnivåer over 40 dB.

En detaljert oversikt over beregnede støyverdier for de mest utsatte nabobyggene er presentert i Tabell 1 **Error! Reference source not found.** Tiltakshaver planlegger å kjøre turbinene med støyreduksjon, og 6 av 18 bygg vil da ligge under grenseverdien på L_{den} 45 dB. Disse byggene er markert med grønt i Tabell 1.

Tabell 1. Beregnede støyverdier (Tabell kopiert fra TYSVÆR VINDPARK (2020) - Oppdatert støyinnivå fra vindmøller).

Bygg	Avstand til nærmeste turbin	Støyverdier L_{den} NORD 20000 Worst Case		Plan for avbøtende tiltak
		Uten støyreduksjon	Med støyreduksjon	
B	617	49,8	49,6	Avtale
G2	732	49,6	49,4	Avtale
G	720	49,2	49,0	Avtale
D2	755	49,0	48,8	Avtale
F	698	48,7	48,6	Avtale
D	868	47,4	47,3	Avtale
D3	913	47,3	47,1	Avtale
E2	922	47,3	47,1	Avtale
E	875	47,2	46,9	Avtale
C	591	46,9	46,6	Avtale
H	961	46,8	46,6	Avtale
K	1014	46,7	46,4	Avtale
CC	582	46,7	44,3	Redusert drift
AN	783	46,3	44,6	Redusert drift
CK	684	46,2	44,1	Redusert drift
AA	989	45,5	45,0	Redusert drift
CD	534	45,2	42,6	Redusert drift
J	750	45,1	44,6	Redusert drift

I tillegg til beregningene som presenteres i støyanalysen (TYSVÆR VINDPARK,2019)- er en plan for bruk av støyreduiserte modus på turbinene satt opp for å overholde støygrensen på 45 dB. Dette er beskrevet i TYSVÆR VINDPARK (2020) - Oppdatert støyinnivå fra vindmøller. Vindturbiner kan operere i en støyreduisert modus. Turbinene er da utstyrt med en type dataprogramvare som medfører at de er underlagt en kontrollalgoritme. Programvaren sørger for at rotorhastigheten reduseres og bladets stigningsvinkel endres, noe som fører til at støyen fra vindturbinen reduseres. En slik redusert modus vil også føre til at vindturbinene produserer mindre elektrisitet enn ved ordinær drift.

Ifølge TYSVÆR VINDPARK (2020) Oppdatert støyinnivå fra vindmøller vil 3 av 11 turbiner konstant driftes i redusert modus (støyreduksjonsmodus 2), og én av dem (turbin T01) vil bytte til støyreduksjonsmodus 6 om natten.

Tabell 2. Plan for bruk av støyreducerende modus.

Turbin nr.	Koordinatene (UTM sone 32, WGS84)		Støymodus		
	X	Y	Dag	Kveld	Natt
T01	304046	6577449	2	2	6
T02	303951	6577756	2	2	2
T03	304127	6578046	1	1	1
T04	304391	6578248	1	1	1
T05	305374	6579503	1	1	1
T06	305364	6579845	1	1	1
T07	305226	6580247	2	2	2
T08	304974	6579960	1	1	1
T09	304188	6579956	1	1	1
T10	303792	6580231	1	1	1
T11	303482	6580369	1	1	1

3.5 Helsekonsekvenser av støy > L_{den} 40 dB

I Norge er anbefalt grenseverdi på L_{den} 45 dB for vindkraftverk, jf. retningslinje for behandling av støy i arealplaner, T-1442. Dette nivået samsvarer med anbefalt grenseverdi fra Verdens helseorganisasjon, WHO (2018).

Som beskrevet ovenfor og i beregningene utført for i Tysvær vindkraftverk vil:

- 12 mottakere vil bli utsatt for lydnivåer som overstiger støygrensen for L_{den} = 45 dB (18 uten støyreduksjon).
- 71 mottakere vil bli utsatt for lydnivåer over L_{den} = 40 dB (94 uten støyreduksjon).

I de påfølgende avsnittene oppsummeres det Multiconsult anser som de viktigste nasjonale/internasjonale anbefalingene, samt en ny stor tysk undersøkelse av helsekonsekvenser knyttet til vindkraftverk, TremAc (2016-2019).

Folkehelseinstituttet (FHI)

Når det gjelder sammenhengen mellom vindturbinestøy og helse, finner Folkehelseinstituttet (FHI) at det er en sammenheng mellom plagegrad og lydnivået fra vindturbiner. FHI skriver videre at enkelte rapporter viser sammenheng mellom støynivå og søvn. De vurderer også mulig virkninger knyttet til mental helse, livskvalitet og hjerte-/karsykdommer, og konkluderer med at det er lite støtte i forskningslitteraturen for slike årsakssammenhenger (NVE, 2018).

Folkehelseinstituttet vektlegger spesielt støy på nattetid, og skriver på sine nettsider at

Det er spesielt viktig at støynivået om natten holdes under nivåer som kan gi søvnforstyrrelser. Selv om vindmøllestøy er for lav til å gi oppvåkning, kan slik støy gi stressreaksjoner og innsøvningsproblemer. Dette kan bidra til at folk føler seg plaget av vindmøllene (FHI, 2009)

Verdens helseorganisasjon (WHO)

WHOs regionale kontor for Europa har utviklet retningslinjer for miljøstøy, basert på den økende forståelsen av helseeffekter av eksponering for miljøstøy. Hovedformålet med disse retningslinjene er å gi anbefalinger for å beskytte menneskers helse mot eksponering for miljøstøy fra forskjellige kilder, inkludert vindturbiner.

For gjennomsnittlig støyeksponering anbefaler GDG (Guideline Development Group) betinget å redusere støynivået fra vindturbiner til under L_{den} 45 dB, ettersom vindturbinestøy over dette nivået er forbundet med negative helseeffekter.

Eksponeringsnivåene ble avledet i samsvar med prioriteringsprosessen for kritiske helseutfall (WHO, 2018). For hvert av resultatene ble eksponeringsnivået identifisert ved å anvende referanseindeksen, satt som relevant risikoøkning for den tilsvarende eksponeringsresponsfunksjonen. Ved eksponering for vindturbinestøy kan ingen forekomst av iskemisk hjertesykdom, hypertensjon eller permanent nedsatt hørsel brukes til å vurdere eksponeringsnivået siden ingen studier var tilgjengelige som dokumenterer dette.

Når det gjelder eksponering av støy fra vindturbiner og effekten på søvnforstyrrelser, var det ikke mulig for GDG å formulere en anbefaling om søvnforstyrrelser på grunn av vindturbinestøy. Dette basert på at det var få studier og heterogene resultater fra studiene.

Valget av $L_{den} = 45$ dB som støygrense er basert på at støynivåer over denne verdien kan forbindes med negative helseeffekter. Det mangler holdepunkter for at det ikke er helseeffekter på støy under $L_{den} = 45$ dB, hovedsakelig på grunn av mangel på studier eller at kvaliteten på de få eksisterende studiene som var tilgjengelige da WHO utførte denne vurderingen var for dårlig. For andre støykilder som er mye bedre undersøkt enn vindturbiner kan støy ned til 40 dB og litt under oppleves som plagsomt.

TremAc-prosjektet 2016-2019

I juni 2020 ble sluttrapporten fra et prosjekt organisert av Institute of Technology fra Karlsruhe (KIT) presentert (Tremac, 2020). Målet med studien var å undersøke objektive kriterier for vibrasjon og støyutslipp fra vindturbiner på land (Acronym TremAc) og varte fra januar 2016 til desember 2019.

Målene for TremAc-prosjektet var:

- Identifisering av parametere og terskler for en objektiv evaluering av støy- og vibrasjonseksponering av vindturbiner avhengig av systemdata, konstruksjon, topografi og avstand til mottakerne.
- Utvikling av prognose- og simuleringsmodeller for utslipp og forplantning av (spesielt lavfrekvent) luftbåren støy og vibrasjoner (strukturelbåren støy) i samspill med bygninger, i utgangspunktet for plant terreng og fortsetter derfra for komplekst terreng.
- Optimaliseringsstrategier for vindturbiner for å redusere støy og vibrasjoner gjennom tilpassede konstruksjoner, f.eks. for lagring av drivverket eller tårnkonstruksjonen samt skjermingstiltak.
- Øke aksept og etablere datagrunnlag for hvordan støy til omgivelsene påvirker helse og psyke, for å bidra til et objektivt grunnlag for diskusjoner om potensiell helserisiko knyttet til vindkraftverk.

Prosjektet besto av forskjellige studier, blant annet Støy- og vibrasjonsmålingsstudier, som inkludert målinger inne i bygninger. Det var spesielt fokus på infralyd, dvs. lavfrekvent støy (1 Hz - 50 Hz). Flere måleserier fant sted i to forskjellige vindkraftverk, en i Ingersheim (nær Stuttgart) og en i Wilstedt (like ved Bremen). Målingene ble utført i forskjellige sesonger (sommer og vinter) og forskjellige vindforhold på forskjellige år.

Som en del av prosjektet ble det også utført miljøpsykologiske studier i befolkningen. I Ingersheim deltok 130 personer i studien, i Wilstedt deltok 400 personer, samt 120 personer fra fire andre steder. Det generelle utfallet var positivt, dvs. at de fleste rapporterte om lav plagegrad. Men en liten andel mennesker (6,2% i Ingersheim og 4,6% i Wilstedt) rapporterte alvorlig plagegrad fra vindturbinestøy. Det var også en undergruppe blant disse beboerne som var sterkt plaget av lavfrekvente lydsymptomer

(følelse av trykk i øret, trykk i brystet, trykk eller irritasjon i bihulene, svimmelhet, generelt trykk, vibrasjoner i kroppen, vibrasjoner av gjenstander). Denne gruppen mennesker med lavfrekvente symptomer var i gjennomsnitt 12 år eldre enn resten av gruppen som var sterkt plaget, men uten slike symptomer, og de hadde også en meget negativ holdning til vindturbinene siden byggefasen. En medisinsk undersøkelse ble utført parallelt, med en total respons på 108 personer fra Ingersheim og 62 personer fra Wilstedt. Totalt 12 personer tilskrev ulike helseproblemer direkte til vindturbinen, og 7 av disse følte seg sterkt plaget. Mest rapporterte symptomer var søvnløshet og følelse av trykk, samt rastløshet og hodepine. Symptomene og plagene for disse sterkt plagede er vanskelig å relatere direkte (ut fra objektive kriterier) til støy fra vindturbinene da de er uspesifikke, og kan også skyldes andre årsaker.

Sett i sammenheng med den miljømedisinske undersøkelsen var det mulig å fastslå at bare en liten andel av beboerne på begge stedene følte seg belastet av vindturbinene, og lider av noe uspesifikke symptomer. Undersøkelsesdataene kan ikke tydelig skille om klagen eksplisitt kan tilskrives eksponering for lavfrekvent lyd eller om de er mer relatert til en generell støy fra vindturbinen. Både innen miljøpsykologi og i den miljømedisinske studien fant man konsekvent at vegtrafikkstøy representerer større plage enn vindturbinene for de samme beboerne som deltok i studien.

En konklusjon fra befolkningsundersøkelsene er at et lite antall innbyggere har rapportert opphopning av symptomer som *kan* tilskrives vindturbinstøy (inkludert lavfrekvent støy). Imidlertid inkluderer disse symptomene uspesifikke plager som også kan ha andre årsaker. På grunn av det lave antallet berørte beboere, kan det ikke gis entydige konklusjoner. Hensynet og sammenligningen av helseparametere alene gir ikke grunnlag for pålitelige konklusjoner om årsakene til en sårbarhet eller mulige årsakssammenhenger.

Den miljøpsykologiske studien viste at kun få innbyggere var sterkt plaget av vindturbinstøy. Opplevelsen av støy, plage og symptomer knyttet til vindturbiner var mer tydelig jo mer de berørte beboere følte seg stresset i plan- og byggefasen, og jo mindre de opplevde at interessene deres ble tatt på alvor både i planleggingsfasen og driftsfasen. Prosjekt TremAc trekker også den konklusjonen at funnene viser at det kan være virkningsfullt å sørge for involvering og deltakelse av berørte naboer i tidlig planleggingsfaser, samt oppfølging av klager (adressering til innbyggere, dialog med fageksperter, god håndtering av støyklager/bekymringer etc.)

Oppsummering

Oppsummert så er det ikke funnet dokumentasjon som bekrefter negative helseeffekter ved støynivåer under $L_{den} = 45$ dB. Dette kan imidlertid skyldes at det foreligger få studier. Man kan derfor heller si at det ikke foreligger holdepunkter for fravær av negative eller uønskede helseeffekter. Det er snakk om relativt lave lydnivåer fra vindturbiner, samtidig som de ofte ligger i områder med lavt bakgrunnsstøynivå, slik at støyen er hørbar. Videre er det vanskelig både å beregne og måle lydnivåer korrekt ved såpass lave nivåer og lange avstander som det ofte er snakk om.

Da man i sin tid ønsket å innføre grenseverdier for støy, var målsetningen å definere et toleransenivå hvor en gitt andel av befolkningen var plaget. Det er derfor å forvente at deler av befolkningen plages av støy også der grenseverdien er overholdt. Det er godt dokumentert at plagegrad varierer ikke bare ut ifra fysisk lydtrykk, men også om støyen varierer mye, opplevelsen av prosessen ved etablering av den støyende virksomheten med videre.

3.6 Infrastøy – hva sier forskning så langt

Som nevnt innledningsvis er infrastøy lyd under 20 Hz, men betegnelsen brukes ofte for den delen av lyden som det menneskelige øret ikke oppfatter, dvs. under 50 Hz.

Grenseverdier

Det er ikke egne støygrenser for infralyd eller annen lavfrekvent støy i Norge. På oppdrag fra Klima- og miljødepartementet gjennomførte Miljødirektoratet i 2012 en utredning som vurderte verdien av å innføre egne grenseverdier for lavfrekvent støy innendørs. Resultatet av dette arbeidet viste at lavfrekvent støy innendørs ikke vil være et problem så lenge retningslinjens anbefalte grense på L_{den} 45 dB overholdes iht. Veileder M-128/2018.

Folkehelseinstituttet skriver på sine nettsider:

“Det er fremdeles mangel på vitenskapelig kunnskap om helsevirkninger av lavfrekvent støy (20–200 Hz) generelt og vindmøllestøy spesielt. Målinger har vist at moderne oppstrøms vindturbiner som benyttes i dagens vindmølleparker avgir så lite lavfrekvent lyd og infralyd (< 20 Hz) at dette i all hovedsak er under terskelen for hva mennesker kan oppfatte. Eventuelle effekter avhenger av lytterens reaksjon på det man hører, og det er ikke holdepunkter for noen skjulte eller noen direkte helseeffekter av lyden fra vindkraftverk.”

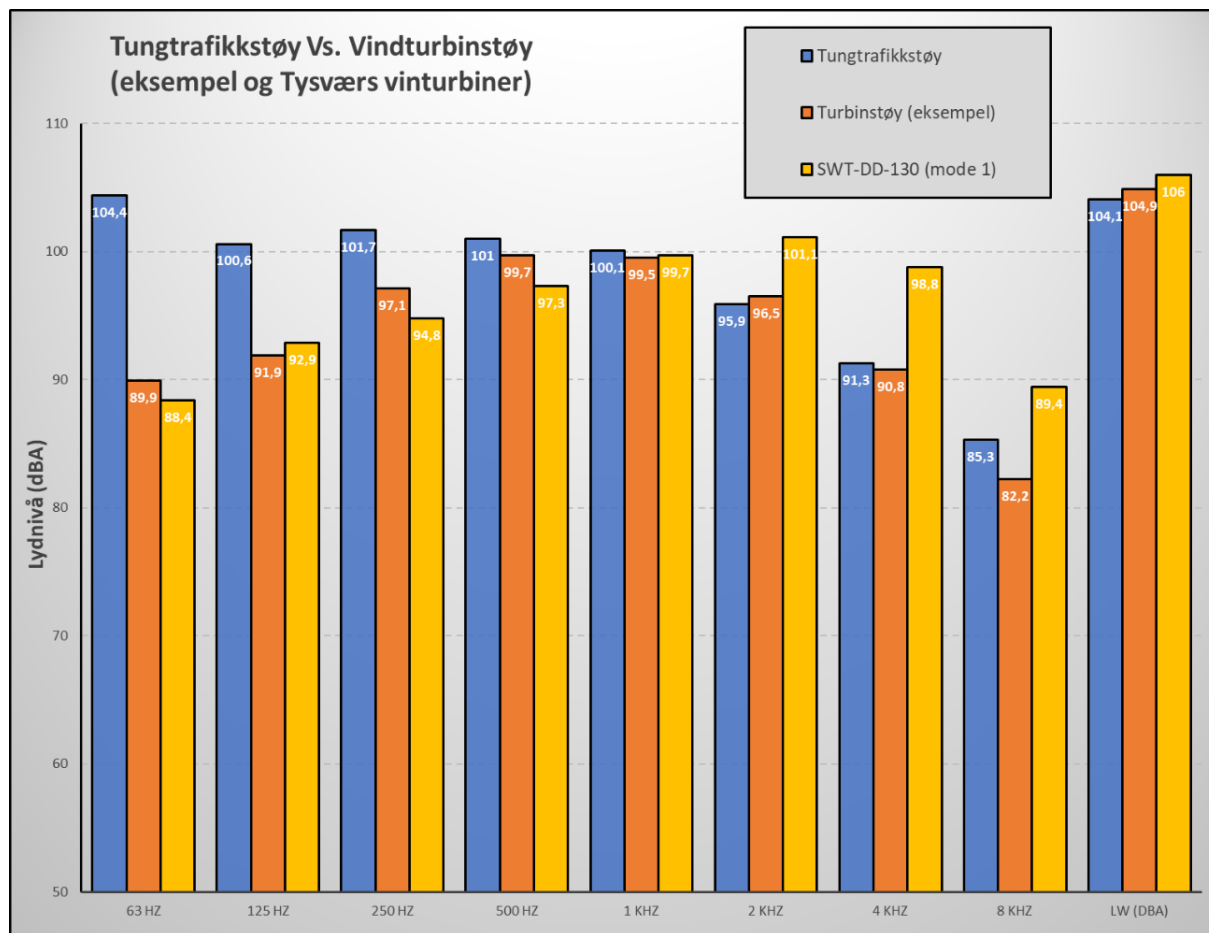
Noen land har grenseverdier for lavfrekvent støy. I Danmark har de satt grenser for lavfrekvent støy på hhv. 20 dB for kveld/natt og 25 dB på dagtid. Grensen er satt for A-vektet støynivå for frekvensområdet 10-160 Hz.

Eksempel på frekvensfordeling

For å illustrere hva du kan forvente av vindturbinstøy og hvordan den kan oppfattes, har vi gjort en sammenligning mellom vindturbinstøy og trafikkstøy. Common Noise Assessment Methods in Europe, (2012) angir tre forskjellige standardiserte spekter for forskjellige typer trafikk:

- Kategori m1 (personbiler) - standardbiler
- Kategori m2 (middels tunge kjøretøy) - Standard lastebiler
- Kategori m3 (tunge kjøretøy) – Tunge, store lastebiler/trailere

Figuren nedenfor viser en sammenligning mellom et standardisert trafikkstøyspektrum for tungtrafikk (kategori 3) med et eksempel på et støyspektrum fra en vindturbin, og også med et støyspekter fra turbinmodellen i Tysvær vindkraftverk (Siemens Gamesa SWT -DD -130 i modus 1 -normal driftsmodus).



Figur 4. Sammenligning mellom støy fra tungtrafikk og vindturbinestøy.

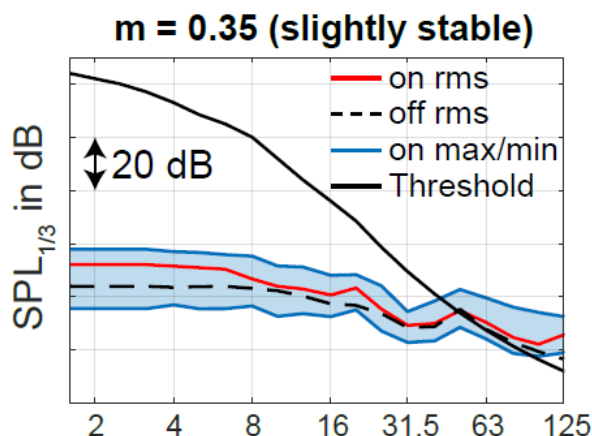
Den utsendte lyden (lydeffektnivået L_w) for de tre støykildene er ganske likt (de tre søylene helt til høyre), men vi ser at tunge kjøretøy har en større andel lavfrekvent støy (de tre søylene til venstre).

Det bemerkes at lydnivåer under 50 Hz ikke er inkludert i spektrene i Figur 4. Det er heller ikke vanlig å angi frekvensspekter under 50 Hz for de aller fleste lydkilder. Det er antatt at dette skyldes at det er stor usikkerhet både i beregningsmetoder og målemetoder i lave frekvensområder.

TremAc-prosjektet 2016-2019

Artikkelen Investigations on Low Frequency Noises of On-Shore Wind Turbines omtaler målingene av lavfrekvent støy som ble utført i TremAc-prosjektet (Blumendeller, 2020). Vindturbinene ble avslått i 20-minuttersperioder, blant annet nattetid, og dette førte til at det var mulig å registrere turbinenes bidrag til lavfrekvent støy. Det ble målt både utendørs og innendørs, og det ble registrert at vindturbiner førte til økt lavfrekvent støy. Lydtrykknivåer i området 0,6 – 120 Hz ble analysert, og resultatene ble blant annet sammenliknet med høreterskel. Et eksempel er vist i Figur 5. Høreterskelen ligger på rundt 50 Hz, og derfor krysses kurvene omtrent ved 50 Hz.

Selv om det var mulig å dokumentere at vindturbiner øker lavfrekvent støynivå, så kan det ikke konstateres en direkte sammenheng mellom lavfrekvent støy og opplevd plage eller andre helsekonsekvenser.



Figur 5. Eksempel fra som illustrerer lydnivå (Sound Pressure Level, SPL) for lavfrekvent støy fra vindturbiner inklusive bakgrunnsnivå (rød linje), bakgrunnsnivå av lavfrekvent støy uten vindturbiner (stiplet linje) og høreterskel for de ulike frekvenser (heltrukket sort linje) (Blumendeller, 2020).

Ny kunnskap om lavfrekvent lydisolasjon av boliger i områder med vindturbiner

Den danske undersøkelsen *Ny viden om lavfrekvent lydisolation af boliger i områder med vindmøller* (Miljø- og Fødevarerministeriet, 2017) fokuserer på å dempe støy fra vindturbiner slik at den ikke er hørbar innendørs, og gir ulike råd for avbøtende tiltak for å få til dette. Den påpeker at selv om både grenseverdien for nabobebbyggelse på 44 dBA og grenseverdien for lavfrekvent støy innendørs på nattetid på 20 dB overholdes (for frekvensområdet 10-160 Hz), så vil støy fra vindturbiner være hørbar innendørs. I rapporten fremgår også at det er vesentlig forskjell mellom lette fasader (trevegger) og tunge fasader (mur/betong) mht. demping av støy i det lavfrekvente området.

Kommentarer fra Multiconsult

Vindturbinene i TremAc-prosjektet har høyder på hhv. 138 m og 108 m, rotordiameter 82 m og installert effekt på 2 MW. Vindturbinene i Tysvær vindkraftverk har navhøyde på 85 meter og installert effekt på 4,3 MW. I den litteraturen vi har gjennomgått for den tyske studien TremAc har det ikke vært angitt frekvensspekter for vindturbinene, og vi har derfor ikke kunne sammenlikne direkte med frekvensspekter fra vindturbinene i Tysvær. Da TremAc har vektlagt lavfrekvent støy, og spesifikt gjennomført målinger og spørreundersøkelser som vurderer dette, så anser vi resultatene til å være det beste og mest sammenlignbare som eksisterer.

Lyd i det lavfrekvente området dempes i mindre grad av terreng, støyskjermer og husfasader enn lyd i mellomfrekvensområdet og høyfrekvensområdet. Det er også slik at lette fasader (trevegger) demper lavfrekvent lyd dårligere enn tunge fasader i mur/betong. Det er imidlertid svært vanskelig rent måleteknisk å registrere lave nivåer av lavfrekvent lyd, og prosjektene nevnt ovenfor fokuserer også på det måletekniske og utfordringer knyttet til dette.

3.7 Beregningsmetode for støy fra vindturbiner

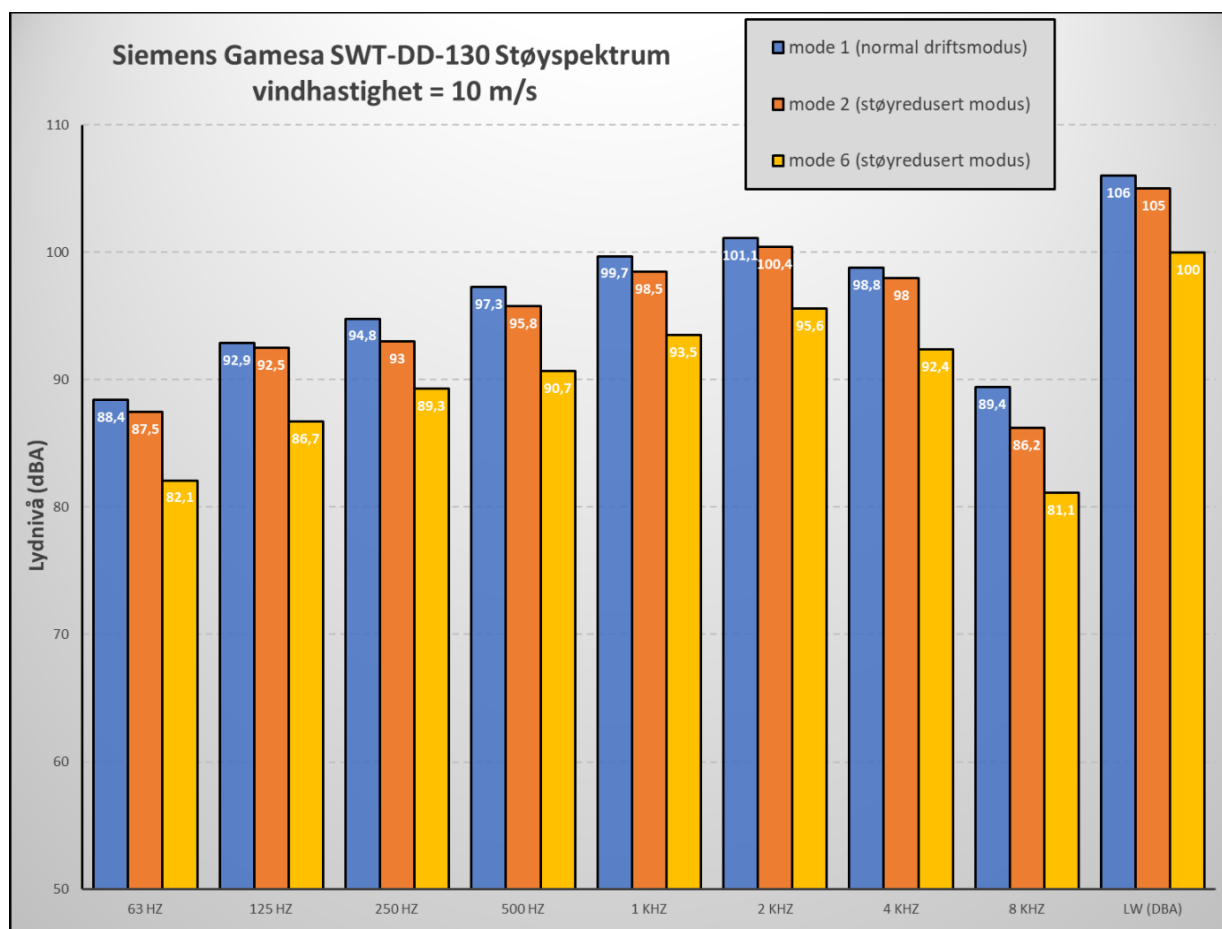
Støyberegningene for Tysvær vindkraftverk er utført av Meventus AS, et selskap som tilbyr konsulent- og rådgivningstjenester innen vindkraftsektoren. Ifølge rapporten TYSVÆR VINDPARK (2019) utføres beregninger ved hjelp av den akustiske modulen (DECIBEL) i designprogramvaren for vindkraftverk windPRO. Beregninger utføres etter Nord2000-metodikken. Nord2000 er en beregningsmetode utviklet i fellesskap av de nordiske landene. Metoden for lydutbredelse kan benyttes på alle typer støykilder, som veg, bane og industri, og den er implementert i ulike beregningsverktøy, bl.a windPRO og SoundPlan.

Nord2000-metoden er blitt sammenlignet med andre beregningsmetoder som ofte brukes for støyutbredelse (Concawe og ISO 9613-2). Nord2000-modellen anses som nøyaktig med et avvik på ± 2 dB (Guimarães da Silva, 2017) Disse innstillingene ble anbefalt for støyvurderinger i tillatelsesprosesser.

Ved overordnet gjennomgang av rapportene TYSVÆR VINDPARK (2019) og TYSVÆR VINDPARK (2020) ser beregningene ut til å være i tråd med både planer og regelverk (størrelser og høyder på turbiner, vindretning er ivarettatt, programvare og metodikken er kjent, osv.).

Når det gjelder beregningene for «støyreduisert modus», så er dette mulig å gjøre i beregningsmetoden. Resultatene viser at det har en viss effekt som bringer noen flere boliger under grenseverdien på L_{den} 45 dB. Vi vil imidlertid påpeke at endringene i dB er små. Det er normalt å si at man må endre lydnivået med 2-3 dB for at man skal kunne høre en liten forskjell på en lydkilde med kontinuerlig støy. De berørte naboene til vindkraftverket vil sannsynligvis ikke kunne høre/registrere noen forskjell.

Figuren nedenfor viser en sammenligning mellom de forskjellige støynivåene for vindturbinene i Tysvær vindkraftverk i de forskjellige driftsmodusene. Som det fremgår av diagrammet vil støyreduisert modus ikke føre til endring av frekvensspekteret, altså ikke en vridning mot mer eller mindre lavfrekvent støy, men kun til en generell reduksjon innen alle frekvenser.



Figur 6. Sammenligning av forskjellige støynivåer for vindturbiner ved drift i ulike modus.

Beregningsmetoden er avhengig av inngangsdata, og det må gjøres en rekke forenklinger av både meteorologi og terreng ved beregninger av støy fra vindturbiner. Videre gir beregningsmetoden et gjennomsnittsnivå basert på både gjennomsnittlig vind, temperatur og terrengets hardhet. Det må antas store variasjoner i faktiske lydnivåer sammenliknet med beregnede verdier. Små justeringer til ulike støyreducerende modus blir i denne sammenheng ubetydelige sammenliknet med andre faktorer som vindstyrke og vindretning. Når det gjelder oppfølging av støyutsatt bebyggelse, så kan man ikke regne

med at det går noen tydelig grense på opplevd plagegrad eller andre helsekonsekvenser akkurat ved de boliger som har mer enn L_{den} 45 dB.

3.8 Avbøtende støytiltak

Dette kapitlet beskriver forskjellige løsninger som kan dempe støynivåer fra vindturbiner i mottakere som potensielt kan påvirkes av dem. Det er viktig å merke seg at det ikke er krav til maksimumsnivåer innendørs.

Generelt vil ingen avbøtende tiltak være effektive for å redusere støynivået utendørs, bortsett fra redusert hastighet på omdreininger og redusert driftstid.

Utendørs avbøtende tiltak for å redusere støy er tradisjonelt sett støyskjermer. For vindturbiner, der støykildene er plassert på et høyere nivå enn mottakerne, støyen kommer ovenfra og er vanskelig å skjerme. Videre er det slik at frekvensspekteret endres på lange avstander, fordi lave frekvenser dempes dårligere enn høyere frekvenser. Dette betyr at en støyskjerm ved bolig vil være mindre effektiv enn når støyen kan dempes nær selve støykilden. Støyskjermer vil ikke ha noen merkbar dempende effekt på støyen.

Ifølge konklusjonene i *Ny viden om lavfrekvent lydisolation af boliger i områder med vindmøller* (Miljø- og Fødevareministeriet, 2017) kan vindturbinestøy høres innendørs når lydtryknivået utendørs er L_{eq} 44 dB(A), som er den danske støygrensen for vindturbiner. Hørbar innendørs vindturbinestøy domineres av frekvenskomponenter fra 50 Hz og høyere (studien er utført på frekvensområdet 8 til 200 Hz). Studien er basert på tiltak som er utført i 23 bygninger, inkludert forbedringer i den akustiske isolasjonen for tunge fasader (15 bygninger), forbedringer i den akustiske isolasjonen for lette fasader (7 bygninger) og ett tilfelle med forbedring av de akustiske forholdene i rommet.

Studien konkluderer med at det er mulig å redusere innendørs vindturbinestøy ned til ikke-hørbar eller kun så vidt hørbar ved å forbedre lydisolasjonen i bygningene:

- For tunge fasader ved bruk av utvendig fasadeisolering (gipsplater og puss) eller ved bruk av ekstra isolasjon (gipsplater) i de berørte rommene.
- For lette fasader ved bruk av utvendig fasadeisolering (gipsplater og puss) og ved bruk av flere tunge gipsplater i de berørte rommene.
- Bruk av lavfrekvente absorbenter kan redusere vindturbinestøy innendørs.
- Man må sikre ventilasjon av bygningene.
- Ingen ytterligere støyisolerende effekter oppnås i området 8-200 Hz ved å forbedre den akustiske isolasjonen i vinduer og vinduskarmer.

I tillegg til støyreduert drift på enkelte vindturbiner opplyser TVAS at det er inngått avtale om avbøtende tiltak med hver boligeier som etter støyreduert drift er hensyntatt får støynivå over grenseverdien på L_{den} 45 dB utendørs. Hvilke avbøtende tiltak som skal gjennomføres er opp til den enkelte boligeier. TVAS opplyser videre at det er planlagt oppfølgende undersøkelser av faktiske støynivå etter idriftsettelse av vindturbinene i tråd med konsesjonsvilkår. Disse oppfølgende undersøkelsene vil kunne gi grunnlag for planlegging av ytterligere avbøtende tiltak i samarbeid med de berørte partene hvis dette ansees som nødvendig.

3.9 Konklusjon

Støyberegningene som er utført for Tysvær vindkraftverk er basert på «worst case» scenario som beskrevet i regelverket. Dette «worst case» scenariet beskrives av TVAS som ikke-realistisk basert på

den målte vindfordelingen i området. Med en mer realistisk tilnærming beregnes et lavere støynivå enn i «worst case» scenarioet (TYSVÆR VINDPARK 2020). Støygrensene for vindturbiner er imidlertid satt ut fra at det er «worst case» man skal sammenlikne med. Skulle man sammenliknet med et annet scenario, ville støygrensen sannsynligvis også vært en annen.

I henhold til miljøretningslinjene utviklet av WHO, anbefales det ubetinget å bruke $L_{den} = 45$ dB som grense for støy fra vindturbiner. Grunnen til det er at støynivået over denne verdien er forbundet med dokumentert risiko for negative helseeffekter, mens det ikke er funnet signifikant dokumentasjon på negative helseeffekter under $L_{den} = 45$ dB (WHO, 2018).

Litteraturgjennomgangen viser at det ikke kan dokumenteres helseeffekter som er direkte relatert til støy fra vindturbiner når lydnivået er lavere enn $L_{den} 45$ dB. Det kan heller ikke dokumenteres direkte helseeffekter forårsaket av infrastøy/lavfrekvent generert av vindturbiner. Symptomer som er funnet i forskjellige studier er uspesifikke og kan utløses av mange forskjellige faktorer. Det må påregnes at en del av befolkningen er plaget også under anbefalte grenseverdier.

God involvering i tidlig planfase, oppfølgingskampanjer og overvåking av støyen fra vindturbinene synes å være den mest effektive metoden for å forhindre mulige støyplager og klager. (Verbundprosjekt, 2020) og (TØI, 2015).

Ved bruk av «worst case» scenario er det 12 boliger hvor det beregnede støynivået L_{den} overskrider grensen på 45 dB (uten støyreduksjonsmodus er det 18). Som nevnt i kapittel 3.8 er det inngått avtale med berørte boligeiere om avbøtende tiltak, men faktisk effekt av disse er ikke kjent og bør følges opp i tilknytning til de planlagte oppfølgende undersøkelsene av faktisk støynivå.

Det er relativt stor usikkerhet i beregninger av støy fra vindturbiner, og det er begrenset grunnlag for vurdering av eventuelle negative helsekonsekvenser. Det er også individuelle forskjeller i støytoleranse i befolkningen. Det kan derfor ikke trekkes et klart skille over/under grenseverdien på $L_{den} 45$ dB for om støyen vil kunne gi plager, vil være hørbar innendørs eller vil kunne føre til negative helsekonsekvenser for enkeltindivider. Dersom det ved igangsettelse av vindkraftverket kommer klager på støy, anbefaler vi av hensyn til både plagegrad og betydning av involvering/oppfølging, at klagenes følges opp, at det vurderes lydnivå innendørs, hørbarhet av lyd innendørs og mulighet for effektive støyreducerende tiltak for å sikre så god innendørs lyd kvalitet som mulig og dermed redusere den totale støybelastningen for de som er særlig plaget.

4 Skyggekast

4.1 Hva er skyggekast?

Skyggekast oppstår når rotoren på vindturbinen står mellom observatøren og solen. Rotoren vil i slike tilfeller sveipe foran solen, noe som medfører at en bevegelig skygge projiseres mot betraktningsstedet. Dette kan være sjenerende, spesielt når skyggekastet faller på lysåpninger som vinduer. Skyggen av en stillestående vindturbin vil normalt være uproblematisk.

Omfanget av skyggekast avhenger først og fremst av hvilken retning og posisjon vindturbinene står i forhold til betraktningsstedet, avstand og relativ terrengplassering mellom vindturbin og betraktningsstedet, størrelsen på vindturbinenes turbinblad/rotordiameter, samt til en viss grad også vindturbinenes høyde. Det oppstår mest skyggekast når solen står lavt slik at skyggene blir lange. Effekten av skyggene avtar med avstanden fra vindturbinen, noe som skyldes at turbinbladene vil dekke en mindre del av solskiven slik at skyggen blir mer diffus. Ifølge Jacobsen m.fl. (2018) vil skyggekasteffektene være små i en avstand på over 1000 meter fra en vindturbin.

Ettersom høyden på solbanen over horisonten varierer gjennom året, vil solen passere bak en skyggekastende vindturbin i en avgrenset periode. Hvor lang denne perioden er, og når den opptrer, kan beregnes. Dersom vindturbinenes utforming (høyde og rotordiameter) og plassering er kjent, er det mulig å gjøre en teoretisk beregning (worst case) av forventet skyggekast fra vindkraftverket. Ved en slik worst-case-beregning tas det ikke hensyn til at faktisk antall timer med skyggekast er påvirket av blant annet antall soltimer og hvordan vindturbinen er stilt i forhold til solens innfallsvinkel. Ved beregninger av sannsynlig skyggekast, tas det også hensyn til statistikk for soldata og værforhold.

4.2 Anbefalte grenseverdier

Det finnes ikke egne norske retningslinjer og grenseverdier for skyggekast, men NVE har gitt ut en veileder for beregning av skyggekast og presentasjon av NVE sin forvaltningspraksis, *Veileder for beregning av skyggekast og presentasjon av NVEs forvaltningspraksis (2014)*. Veilederen angir følgende anbefalte grenseverdier for bygninger med bruk som er følsomt for skyggekast¹⁴:

- Faktisk tid med skyggekast < 8 timer per år
- Teoretisk (worst case) tid med skyggekast < 30 timer per år eller 30 minutter per dag.

Grenseverdiene kan fravikes i noen tilfeller, for eksempel dersom skyggekast stort sett inntreffer om vinteren ved ei sommerhytte.

Anbefalte grenseverdier for vindkraftverk i Norge er de samme som de tyske retningslinjene for maksimalt teoretisk og faktisk skyggekast. De svenske retningslinjene er også i tråd med de tyske, mens Danmark opererer med en grenseverdi på ti timer faktisk skyggekast og ingen grenseverdier for maksimal teoretisk belastning (Jacobsen m.fl. 2018).

4.3 Beregninger og metode

Skyggekastberegningene for Tysvær vindkraftverk er utført i tråd med metodikken beskrevet i NVE sin veileder fra 2014, med unntak av de første beregningene som ble gjort i forbindelse med konsekvensutredningen av tiltaket i 2005, før veilederen kom. Etter hvert som antall vindturbiner og turbinetype er endret underveis i prosessen, er også skyggekastberegningene oppdatert tilsvarende.

Det fremgår av skyggekastberegningene, som ble oppdatert i forbindelse med planendringssøknaden av 16.5.2019, at 34 nabobygg forventes å bli eksponert for faktisk skyggekast over anbefalt grenseverdi på 8 timer per år. For teoretisk skyggekast er det beregnet verdier over grenseverdien på 30 timer per år for 43 nabobygg, og verdier over grenseverdien på 30 minutter per dag for 51 nabobygg. Av de 79 bygningene som omfattes av beregningene er 48 lokalisert i en avstand på over 1000 meter fra nærmeste vindturbin, og skyggekasteffektene hos disse forventes å være små. Av de resterende 31 bygningene er 15 stykker lokalisert mindre enn 900 meter fra nærmeste vindturbin, hvorav 13 og 9 av disse forventes å bli eksponert for skyggekast over grenseverdiene for henholdsvis teoretisk og faktisk tid med skyggekast.

I OED sin klageavgjørelse av 16.4.2020 ble det lagt til et vilkår som pålegger TVAS å utarbeide en tiltaksplan for skyggekast. Vilkåret angir samtidig at «....Omfanget av skyggekast ved bygninger med skyggekastfølsom bruk skal ikke overstige åtte timer faktisk skyggekast per år eller 30 minutter per dag...». TVAS oversendte en slik tiltaksplan til NVE den 18.6.2020. Tiltaksplanen inneholder oppdaterte skyggekastberegninger som blant annet hensyntar inngåelse av minnelige avtaler med tolv grunneiere i området. Videre er det 29 bygg der det ikke er inngått avtale og der skyggekast teoretisk sett kan forekomme i perioder over 30 minutter per dag. For disse byggene foreslår TVAS at det installeres et

¹⁴ Helårsboliger, fritidsboliger i aktiv bruk, skoler og barnehager, sykehus, alders- og sykehjem, hoteller og andre overnattingsbygg, kontor- og næringslokaler med regelmessige dagaktiviteter og med eksponerte vindusflater, kafeer, restauranter og veikroer.

overvåkingssystem («Shadow Detection System») som stenger ned vindturbinene når forholdene ligger til rette for skyggecast over gjeldende grenseverdier. Et slik overvåkingssystem består av en eller flere lyssensorer som måler intensiteten av solinnstråling, sammen med en modul som bestemmer hvorvidt solens posisjon ligger til rette for skyggecast hos aktuelle nabobygg. Dersom beregningene for en eller flere av mottakerne viser at solinnstrålingen er intens nok til at skyggecast kan inntreffe, samtidig som at solen er i en «ideell» posisjon for skyggecast, vil antall minutter med skyggecast telles opp. Når antall minutter per dag eller antall timer per år overstiger gjeldende grenseverdier, vil aktuelle turbiner stenges ned i periodene hvor skyggecast ellers ville inntreffe. Installasjon av dette systemet vil sikre at ingen bygg hvor minnelig avtale ikke foreligger blir eksponert for skyggecast over gjeldende grenseverdier (NVE, 2021).

NVE godkjente tiltaksplanen for skyggecast den 9.7.2020, og satte samtidig vilkår om at konsesjonær innen utløpet av andre driftsår skal dokumentere at grenseverdiene for skyggecast blir overholdt, jf. OED sin klageavgjørelse datert 16.4.2020. Videre skal det redegjøres for økonomiske virkninger av skyggereduserende drift for vindkraftverket. NVE sitt vedtak ble påklaget og saken ble oversendt til OED for endelig avgjørelse den 5.7.2021.

4.4 Skyggecast og helse

Skyggecast fra vindturbiner omtales ikke i WHO sine oppsummeringer av helsevirkninger, og det er publisert få vitenskapelige studier som omhandler skyggecast og helsevirkninger. En artikkel fra 2014 (Knopper, m.fl., 2014) oppsummerer foreliggende forskning innen vindkraft og helsevirkninger, herunder skyggecast.

Hovedbekymringen knyttet til skyggecast har vært om skyggecast fra vindturbiner kan utløse anfall hos personer med fotosensitiv epilepsi. Knopper, m.fl. (2014) konkluderer at moderne vindturbiner har for lav omdreiningshastighet til å utgjøre noen risiko for å utløse slike anfall. Studien viser videre at risikoen er svært marginal selv ved langt høyere omdreiningshastigheter.

Virkningene man har funnet av skyggecast er på samme måte som for støy først og fremst knyttet til plagerreaksjoner. En studie fra Canada har funnet en eksponerings - responssammenheng mellom beregnede nivåer av støy og andel svært plaget av skyggecast (Michaud m.fl., 2016). Graden av skyggecastplage var også påvirket av andre eksponeringsfaktorer samt støysensitivitet hos mottakeren. Funnene i denne studien viser at skyggecast fra vindturbiner kan bidra til å forsterke plagegraden fra andre eksponeringer som for eksempel støy og visuelle virkninger. Det fremgår av Jacobsen m.fl. (2018) at denne mekanismen også er illustrert i en svensk studie (som ikke omhandler vindturbiner) som fant at plagen ved lave til moderate eksponeringsnivåer økte med antallet miljømessige stressorer man var plaget av, og ved stimulering av flere sanser (Pedersen, 2015).

4.5 Vurdering av Tysvær vindkraftverk

Skyggecastberegningene for Tysvær vindkraftverk er utført i henhold til kravene i NVE sin skyggecastveileder fra 2014, og er oppdatert i tråd med endringer i turbintype og plassering. Det er et relativt høyt antall mottakere som i utgangspunktet vil kunne bli eksponert for skyggecast over gjeldende retningslinjer. Gitt at det skal installeres et «Shadow Detection System» som stenger ned aktuelle vindturbiner i periodene hvor skyggecast vil kunne inntreffe, vil grenseverdiene likevel overholdes. I tillegg er det kun et mindre antall av mottakerne som er lokalisert godt under 1000 meter fra nærmeste vindturbin, og dermed vil bli utsatt for skyggecast hvor bladene dekker hele solskiven. Selve skyggecasteffekten er som nevnt liten når bladene ikke dekker hele solskiven.

Skyggecast fra Tysvær vindkraftverk vurderes ikke isolert å utgjøre noen helserisiko for tilgrensende naboer. Ved bruk av overvåkingssystem vil også omfanget være lavt.

Skyggekast er et begrenset problem som oppstår nær vindturbiner, og som i de aller fleste tilfeller relativt enkelt kan reduseres uten at det medfører vesentlige kostnader. Sammen med andre virkninger for naboer kan imidlertid skyggekasteffekter være med på å bidra til økt grad av plage hos mottakerne (Jacobsen m.fl. 2018).

5 Visuelle virkninger

Visuelle virkninger som omtales i denne rapporten omfatter virkninger som skyldes synlighet fra bebyggelse og oppholdsområder nær et vindkraftverk. Påvirkning på landskapsverdi er ikke vurdert, da det ikke er relevant for innholdet i denne rapporten. I tillegg til synligheten til selve vindturbinene, er også visuelle virkninger knyttet til hinderlysmerking for luftfart inkludert.

5.1 Synlighet

5.1.1 Faktorer som påvirker synlighet

Vindturbiner er store installasjoner som er synlige over lange avstander. Bevegelsen til de roterende bladene vil også oppleves visuelt forstyrrende, og bidra til å forsterke det visuelle inntrykket av vindturbinene. Omfanget av visuelle virkninger påvirkes blant annet av avstand til vindkraftverket, antall turbiner, plassering i forhold til naturlig utsynsretning, topografi, værforhold og turbinenes farge der turbiner i hvit/lys grå farge gir minst kontrast mot en himmelbakgrunn (Jacobsen m.fl. 2018).

I tilknytning til arbeidet med oppdatering av kunnskapsgrunnlaget for vindkraft i Norge i perioden 2017-2018, utarbeidet Norconsult en rapport om vindkraftverks visuelle påvirkning på naboskap og hvilke momenter som er viktige i den sammenheng (Berg, 2017).

Ifølge Berg (2017), gir begrepene «totaldominans» og «ytre visuell dominanssone» en indikasjon på hvor dominerende et objekt fremstår for en betrakter, med utgangspunkt i objektets størrelse og avstand mellom objektet og betrakteren. Objektet gir en visuell totaldominans når avstanden er så liten at betrakteren ikke kan observere hele objektet, men må bevege blikket for å kunne se alle delene. Dette vurderes normalt til å være tre ganger objektets høyde, som for vindturbinene i Tysvær vindkraftverk er 450 meter. Den ytre visuelle dominanssonen er definert som området hvor turbinen ikke lenger er alene om å dominere det visuelle inntrykket, men hvor de øvrige omgivelsene også spiller inn. Sonen er vurdert å gjelde ut til 8-10 ganger høyden på objektet, noe som tilsier en ytre visuell dominanssone på 1,2-1,5 km for vindturbinene i Tysvær vindkraftverk. Dette er imidlertid en teoretisk vurdering som ikke fanger opp eventuell topografisk skjerming. I mange typer landskap vil den visuelle dominanssonen i praksis være under én kilometer, og vil i tillegg ofte variere mellom ulike innsynsretninger.

Berg (2017) påpeker videre at antallet synlige turbiner er av større betydning for det visuelle inntrykket enn størrelsen på den enkelte vindturbinen. På lang avstand er det vanskelig å skjelne mellom store og små objekter, med mindre det finnes referanseelementer i omgivelsene. Effekten av å se mange turbiner på samme tid vil også forsterkes av vingenes roterende bevegelser fordi det perifere synsfeltet lett oppfatter bevegelse. Store turbiner med sakte rotasjon oppleves normalt som roligere enn mindre vindturbiner med rask rotasjon.

Som nevnt over vil topografien i området være av stor betydning for både synlighet og naboenes opplevelse av de turbinene som er synlige. Ifølge Berg (2017) kan de visuelle virkningene fra et stort antall turbiner bli store i *flate landskap*. *Småkuperte skjærgårdslandskap* kan bidra til større visuell dominans av enkeltturbiner, samtidig som det kan gi noe skjerming og begrense antall synlige turbiner i vindkraftverkets nærområder. I *kuperte landskap* kan topografien bidra til stor grad av

innsynsskjerming, slik at vindturbinene knapt er synlige i vindkraftverkets nærområder og de visuelle virkningene for naboer blir beskjedne. I *skoglandskap* kan trærne gi god lokal skjermingseffekt. På lengre avstand kan imidlertid de visuelle virkningene bli store for de som ser vindturbinene rage over skogen.

Berg (2017) fremhever også at det visuelle inntrykket i stor grad påvirkes av betrakterens relative plassering i forhold til vindturbinene, og at en vindturbin som står på et platå rett overfor eller omtrent på samme høyde som betrakteren kan bli oppfattet som mer visuelt dominerende enn en vindturbin som står på et lavere terrengnivå enn der vindturbinen betraktes fra.

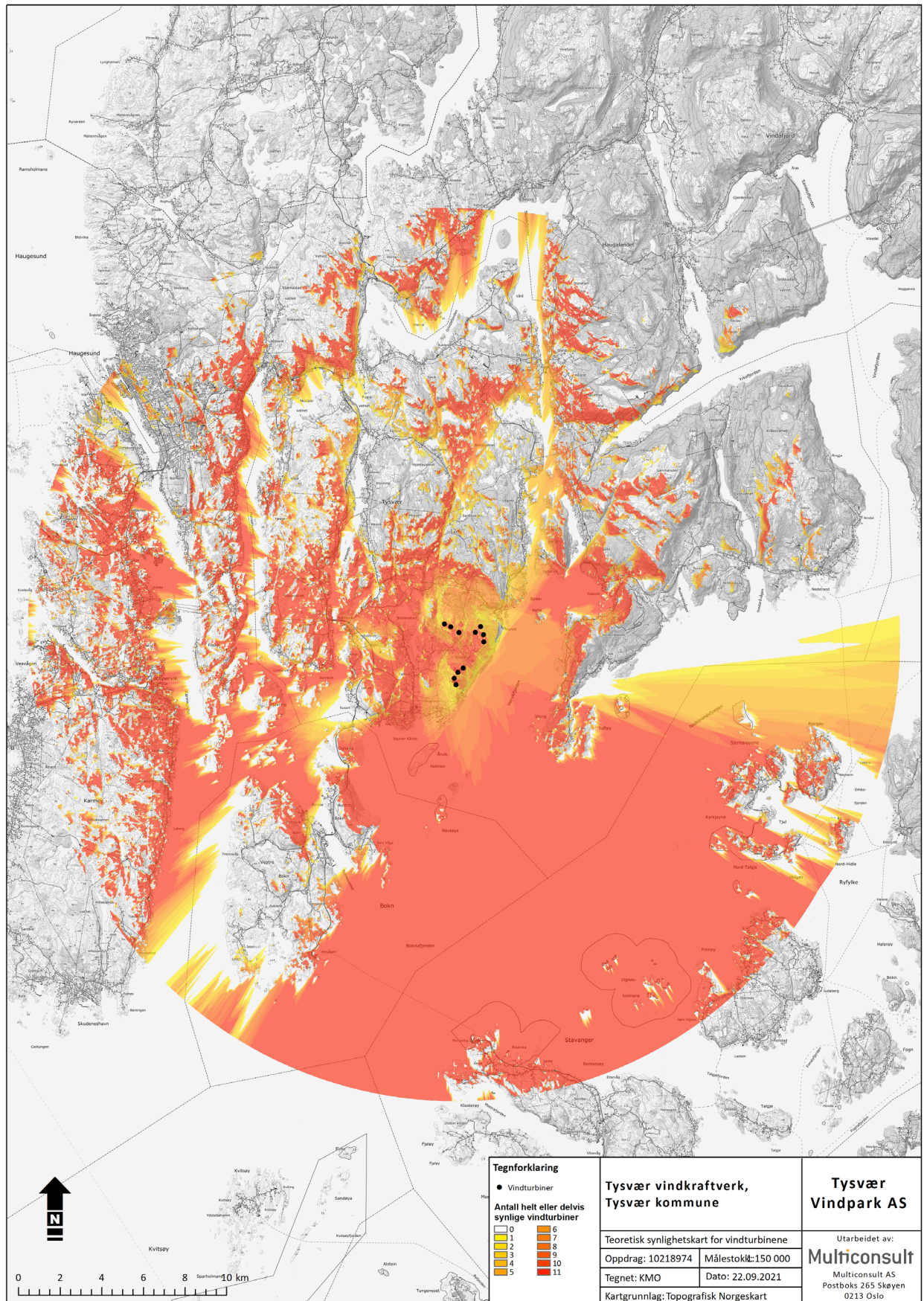
5.1.2 Vurdering av Tysvær vindkraftverk

Ifølge konsekvensutredningen fra 2005 er tiltaksområdet til Tysvær vindkraftverk lokalisert i et åpent, kystnært landskapsavsnitt mellom den flate, ytre kyststrekningen og et høyereliggende landskap øst for Herviksfjorden. Landskapet er i et makroperspektiv preget av myke linjer og store landskapsrom. Høydedragene i planområdet ligger hevet over det lavereliggende kulturlandskapet ved Storevatnet og Herviksfjorden, og utgjør dermed et iøynefallende landskapselement (Ambio, 2005).

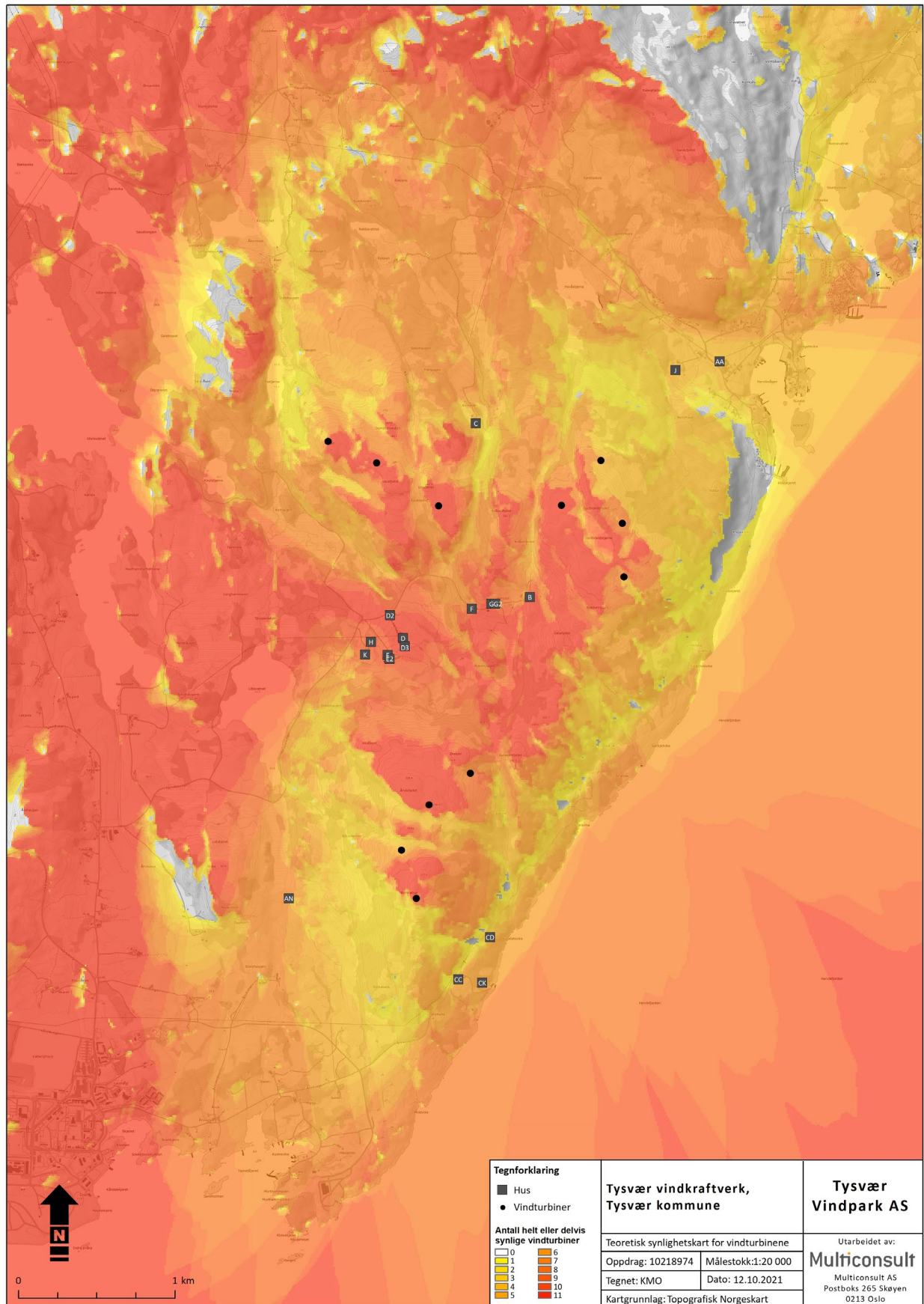
Synlighetskartet som ble utarbeidet i forbindelse med konsekvensutredningen i 2005 angir ikke omfanget av turbinenes synlighet fra nærliggende bebyggelse. I forbindelse med denne utredningen har Multiconsult derfor utarbeidet et nytt, teoretisk synlighetskart. Synlighetskartet er vist i Figur 7, og er basert på vindturbinenes totalhøyde på 150 meter. Kartet viser imidlertid ikke hvor stor del av turbinen som er synlig fra respektiv bebyggelse, og det visuelle inntrykket kan således variere. Synlighetskartet hensyntar heller ingen andre skjermingseffekter enn topografien, noe som betyr at for eksempel skog kan bidra til å redusere synligheten fra enkelte områder.

Det fremgår av figuren at flest turbiner vil være synlige fra bebyggelsen i Hersdalen. Disse ligger også innenfor den visuelle dominanssonen (ut til 1,5 km) til turbinene. Bebyggelsen i Hervik samt like nord for planområdet ligger også delvis innenfor visuell dominanssone, men her er færre turbiner synlige. Bebyggelsen langs Fv. 4777 vil se de fleste vindturbinene, men på grunn av avstand vil det visuelle inntrykket være noe mindre dominerende enn for eksempel i Hersdalen. Flere av vindturbinene vil også være synlige fra Årvik, men størstedelen av bebyggelsen ligger utenfor den visuelle dominanssonen. Videre er ikke vindturbinene plassert i naturlig utsynsretning til bebyggelsen i Årvik, og bebyggelsen her er også påvirket av visuelle virkninger fra anlegget på Kårstø.

Det at vindturbinene i Tysvær vindkraftverk er plassert høyere enn nabobyggene bidrar til å øke de visuelle virkningene. Samtidig bidrar topografien i området til å skjerme innsynet noe, spesielt for bebyggelsen i Hervik og Årvik. Antallet turbiner i vindkraftverket er også relativt lavt, noe som reduserer ulemper knyttet til massevirkning av et stort antall turbiner.



Figur 7. Teoretisk synlighetskart for Tysvær som angir antall synlige turbiner ut til 20 km.



Figur 8. Teoretisk synlighetskart for Tysvær som angir antall synlige turbiner med markert de mest berørte boligene som er beregnet med støynivå over 45 dB uten støyreduksjon.

5.2 Lysmerking for luftfart

5.2.1 Krav til merking

Vindturbiner defineres som luftfartshindre og utløser krav om merking i tråd med forskrift om rapportering, registrering og merking av luftfartshinder.

Når det gjelder Tysvær vindkraftverk har Luftfartstilsynet godkjent perimetermerking av vindkraftverket, noe som betyr at seks av de elleve vindturbinene skal lysmerkes. Dette gjelder turbin nr. 1, 4, 5, 7, 9 og 11. Siden vindturbinene har en totalhøyde på 150 meter, legger Luftfartstilsynet til grunn at turbinene skal merkes med mellomintensitets hinderlys type B (blinkende lys) eller C (fast lys), jf. forskriftens § 17. Det er ikke krav til lyssetting på mellomliggende nivå. Ifølge TVAS er det valgt mellomintensitetslys, type B for Tysvær vindkraftverk.

Av forskriftens vedlegg 2 framgår det at:

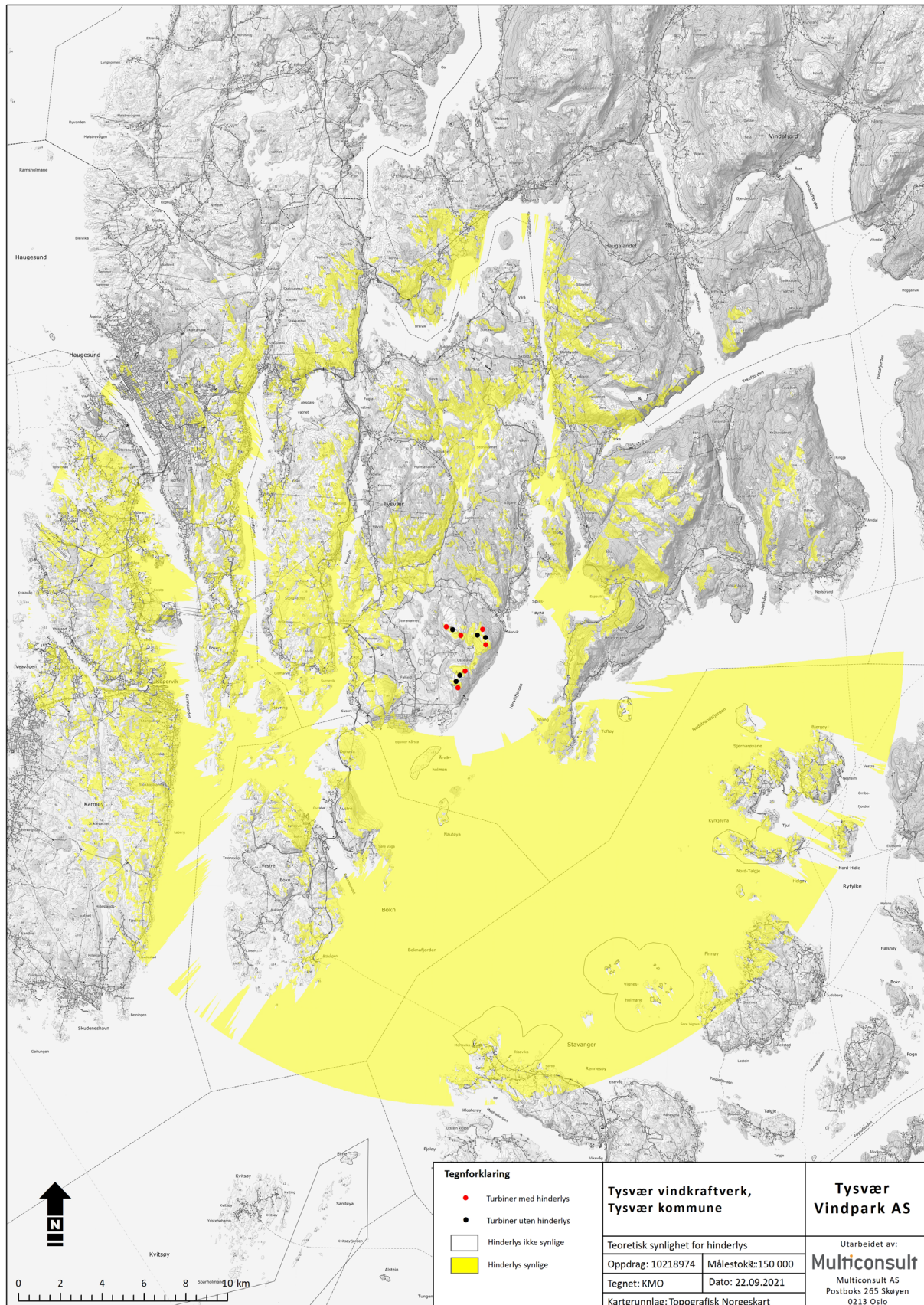
- lyset skal være rødt og blinke 20-60 ganger per minutt (0,33 til 1 Hz)
- maksimal lysintensitet skal være 2000 candela +/- 25%.
- vertikal spredning skal være minimum 3 grader. Nedre grense er ikke angitt.
- horisontalt skal det lyses med full styrke, 100%
- 1 grad under horisontalen skal det lyses med minst 50% og maksimalt 75% av minimum lysstyrke, dvs. 750 til 1125 candela.

Revidert forskrift trer i kraft fra 1. juli 2022. For mellomintensitets hinderlys åpnes det for å dimme lysmerkingen ned mot 600 candela ved sikt over 5 km og 200 candela ved sikt over 10 km.

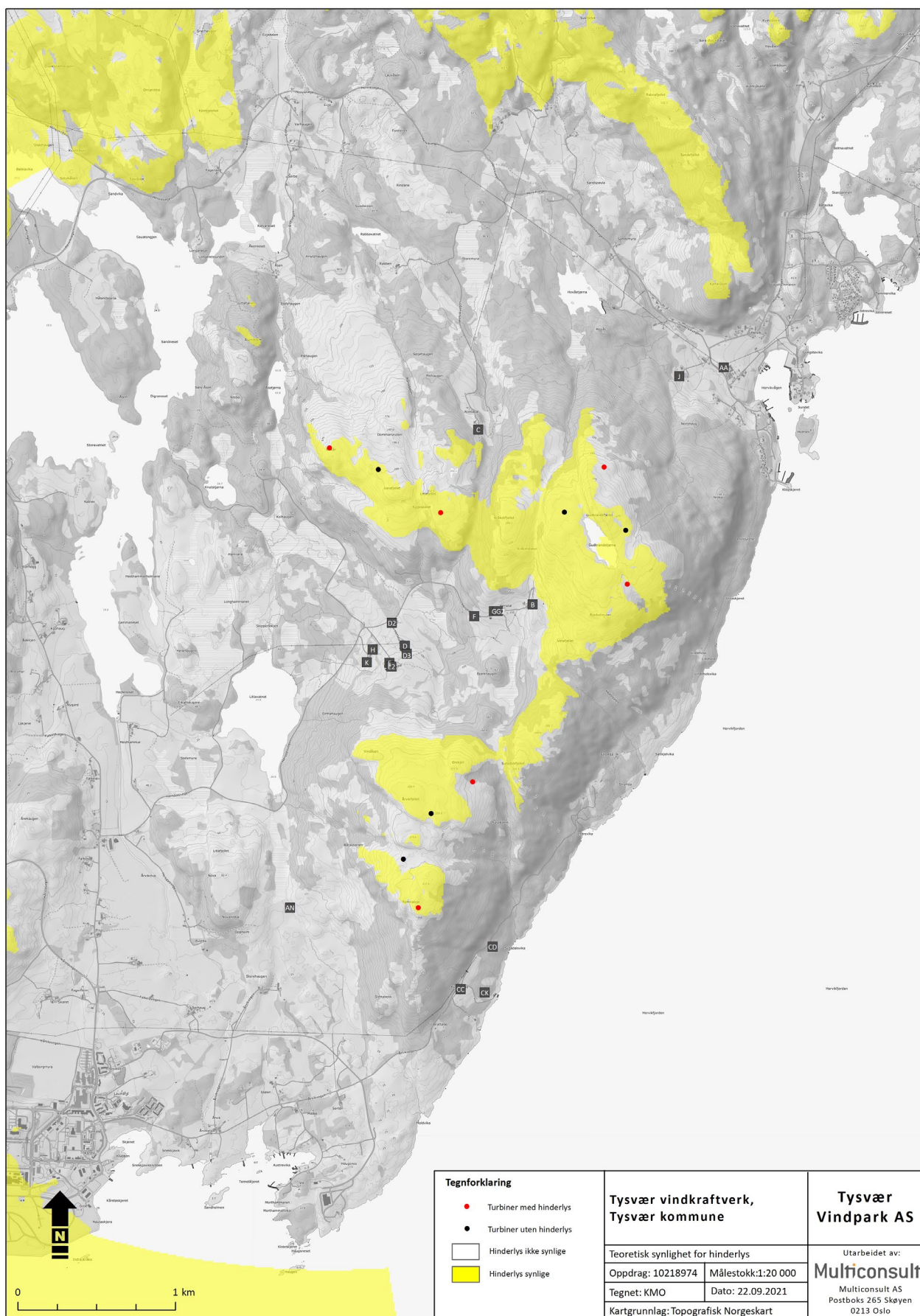
5.2.2 Vurdering av Tysvær vindkraftverk

Eventuelle virkninger av lysmerking av vindturbinene er ikke omtalt i verken konsekvensutredningen fra 2005 eller vurdert i MTA-planen fra 2016. Det er heller ikke stilt krav om en utredning av dette forholdet. Vurdering av virkninger av lysmerking har heller ikke vært vanlig i konsekvensutredninger av andre vindkraftverk i Norge, og er således ikke en særskilt mangel ved Tysvær vindkraftverk.

For å kunne få en indikasjon på hvor synlige lysene vil kunne være fra nærliggende naboer har Multiconsult utarbeidet et teoretisk synlighetskart for hinderlysene. Da faktisk vertikal spredning ikke er kjent har vi lagt til grunn minimumskravet på 3 grader som en illustrasjon. En annen verdi for vertikal spredning vil påvirke spredningen av lysene og således også synligheten. Det fremgår av Figur 9 at hinderlysene er mer synlige i en viss avstand fra vindkraftverket og mer begrenset fra den nærmeste bebyggelsen.



Figur 9. Teoretisk synlighetskart som angir synligheten til turbinenes hinderlys ut til 20 km ved minus 3 grader.



Figur 10. Teoretisk synlighetskart for Tysvær som angir synligheten til turbinenes hinderlys. De mest berørte boligene som er beregnet med støynivå over 45 dB uten støyreduksjon er markert.

5.3 Visuelle virkninger og helse

5.3.1 Synlighet

Det er gjort få undersøkelser knyttet til naboenes opplevelse av vindturbinenes synlighet, og hvordan teknologisk utvikling med stadig høyere turbiner virker inn på opplevelsen av vindkraftverk (Jacobsen m.fl. 2018).

Visuelle virkninger var én av eksponeringsfaktorene som ble vurdert i studien til Michaud m.fl. (2016), se også kapittel 4.4. Funnene i denne studien viser at visuelle virkninger kan bidra til å forsterke plagegraden fra andre eksponeringer som for eksempel støy og skyggekast. Plagegraden synes også å øke med økt eksponering for støy fra vindturbinene.

5.3.2 Lysmerking

Det finnes svært få studier av hvordan lysmerking påvirker naboer. En undersøkelse fra Danmark fra 2017 så på folks opplevelse av merking med høyintensitetslys. Selv om studien vurderte effekten av høyintensitetslys, vil en del av funnene være relevante også for mellomintensitetslys. Studien fant at en relativt stor andel av respondentene ikke eller i liten grad følte seg plaget av hinderlysene, nærmeste bestemt ca. 70 % i dagslys og ca. 40% etter det er blitt mørkt. For de som følte seg plaget synes den negative oppfatningen i stor grad å være knyttet til hinderlys når det er lite lys eller helt mørkt, og i mindre grad i fullt dagslys (Rudolph m.fl. 2017). Dette kan skyldes at forskjellen i lysintensitet mellom hinderlysene og den naturlige belysningen oppleves som mindre på dagtid, spesielt i godt vær/fullt solskinn. På kveld/natt blir lysene mye mer dominerende etter hvert som landskapet ellers «forsvinner». NN (2019) trekker også fram at effekten kan oppleves størst i skumring, når man fortsatt ser landskapet, enn i mørket når landskapsrommet blir borte.

Forskjellen til før-situasjonen, som i Norge gjerne er fra et utmarksområde uten eller med lite kunstig belysning, spiller også inn. Sammenlignet med land lenger sør, kan man i Norge også forvente en større forskjell i opplevd plage mellom sommerhalvåret med mye sollys og vinterhalvåret med mye halvmørke og mørke. Været, og da spesielt lavt skydekke over vindkraftverket, kan også forverre (eller skjule) opplevelsen.

Rudolph m.fl. (2017) fant også at de fleste respondentene synes lysene var mest plagsomme under fritidsaktiviteter som gåturer og stjernekikking. Deler av plagen fra høyintensitets lysmerking knyttes også til opplevelsen av tap av stedsidentitet og stedstilknytning som følge av tap av mørke. Videre hang folks opplevelse i eget hjem sammen med mikogeografien rundt huset. Trær som skygget mot lysene, husets og spesielt soverommets plassering mot lysene samt om huset lå nær vann (som reflekterer og forsterker effekten), var særlig viktig. Man fant at de som bodde aller nærmest generelt var mindre plaget. Graden av plage hang også nøye sammen med hvor ofte man ble oppmerksom på lysene.

Studien til Rudolph m.fl. (2017) samt det teoretiske synlighetskartet som er utarbeidet for hinderlysene i Tysvær vindkraftverk indikerer at virkningene for de nærmeste naboene til prosjektet normalt vil være begrenset. For bygninger i lengre avstand fra vindkraftverket vil hinderlysene være mer synlige, noe som også kan øke graden av plage.

6 Tap av nærområder for friluftsliv

Det finnes mye nasjonal og internasjonal forskning som beskriver den positive betydningen av at vi mennesker har tilgang til natur og oppholder oss i naturen. Trangsrud (2020) viser til at de siste årene har så og si eksplodert i forskning som viser til denne koblingen. Det å oppholde seg i natur er

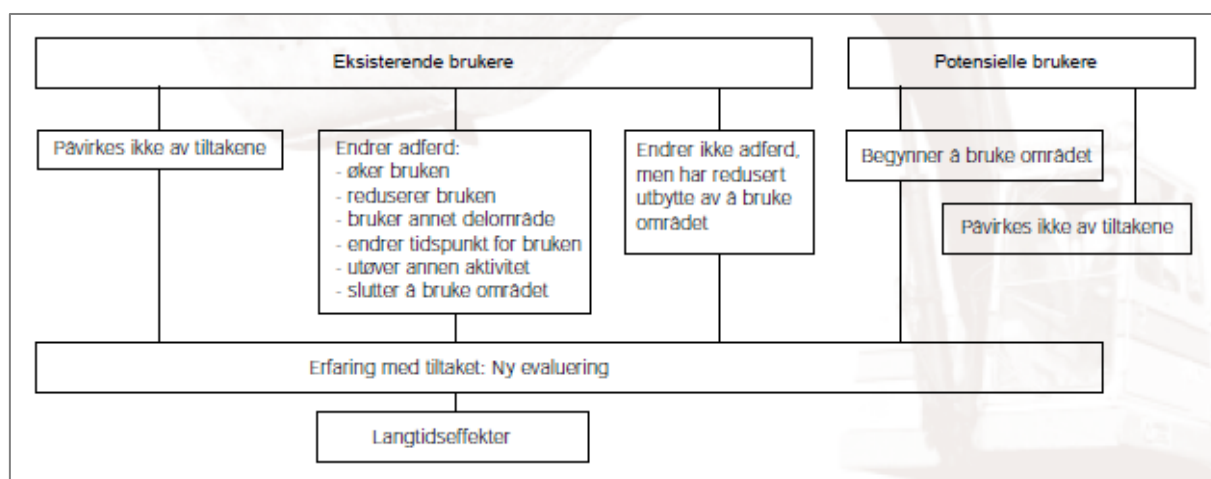
beskrevet som helsefremmende da det er viktig for vår fysiske og psykiske helse, livskvalitet og kan både forebygge og behandle flere sykdommer.

Ansvarlige myndigheter for friluftsliv har også lagt disse faktaene til grunn og skriver i handlingsplan for friluftsliv at de vil bidra til at enda flere utøver friluftsliv, og får oppleve friluftsliv som en kilde til bedre helse og høyere livskvalitet (Klima- og miljødepartementet 2018). Et av virkemidlene som beskrives i denne handlingsplanen er metoder og virkemidler for ivaretagelse og utvikling av områder for friluftsliv i nærmiljøet, herunder hvilke muligheter planlegging gir til denne utviklingen. Handlingsplanen sier at det er viktig at friluftslivet får en bredere plass ved kommunal- og regional planlegging. Dette er ikke noe nytt, og det har lenge vært krav om å utrede vesentlige virkninger for friluftsliv i konsekvensutredninger.

I en ordinær konsekvensutredning vil en kunne vurdere et 0-alternativ, som vil være at det planlagte tiltaket ikke gjennomføres i området som utredes. I dette tilfelle er det ikke noe 0-alternativ. Tysvær vindkraftverk er under utbygging og snart ferdigstilt.

Natur- og friluftsområdene i området Gudbrandsfjellet, Årvikfjellet og Litlafjellet vil som følge av tiltaket gå tapt i den form det har hatt tidligere. Isolert sett kunne en vurdert konsekvensen kun som følge av dette, men i et folkehelseperspektiv er forholdet mellom friluftsliv og helse noe mer sammensatt.

Håndbok 18 – 2001 Friluftsliv i konsekvensutredninger etter plan- og bygningsloven fra Direktoratet for naturforvaltning er en del år gammel, men beskriver dette på en oversiktlig måte. Håndboken viser til en rekke undersøkelser om effekten av tiltak i friluftsområder og oppsummerer at reaksjonene kan være knyttet til endringer i brukshyppighet, romlig bruk, tidspunkt for bruken (døgn-/uke-/sesongvariasjoner) og aktivitet. Effektene kan altså være at på den ene siden så kan eksisterende brukere slutte å benytte området, men på den andre siden kan tilrettelegging med veier o.l. føre til økt bruk av nye brukere. Figuren nedenfor viser noen av disse ulike effektene en kan vente seg etter et slikt tiltak. De reelle effektene vil en kun se etter at vindkraftverket er ferdig, og det er kun da en kan evaluere og si noe om langtidseffekter.



Figur 11. Fra Håndbok 18 – 2001 Friluftsliv i konsekvensutredninger etter plan- og bygningsloven.

For planområdet til Tysvær vindkraftverk kan en for eksempel se for seg at eksisterende brukere slutter å benytte området fordi verdien knyttet til området er borte, f.eks. urørt natur og/eller at vindkraftverket representerer et stressmoment. Gudbrandsfjellet har vært et mye brukt turmål, da spesielt via merket turløype fra Hervik. Det finnes ingen fullstendig statistikk over besøk i disse områdene, men gjennom prosjektet TellTur er det registrert noe statistikk over turmålet til Gudbrandsfjellet fra 2016 til 2018. Disse tallene gjelder imidlertid kun for personer med bostedsadresse i Tysvær kommune. Statistikken viser at det er 405 registrerte besøk i 2016, 311 i 2017 og 527 i 2018.

TellTur er et regionalt prosjekt med 12 medlemskommuner. Eventuelle turgåere til Gudbrandsfjellet fra de andre 12 medlemskommuner er ikke registrert i denne statistikken. De reelle tallene på besøk kan derfor være betydelig høyere, uten at en kan tallfeste dette spesifikt ifølge Friluftsrådet Vest som administrerer prosjektet TellTur.

Veier og tilrettelegging til Gudbrandsfjellet, Årvikfjellet og Litlafjellet vil øke tilgjengeligheten og dermed kunne føre til økt bruk av området. Andre vindkraftverk kan vise til slike effekter, spesielt der det blir tilrettelagt for dette via avbøtende tiltak. Overføringsverdien til Tysvær vindkraftverk er likevel ikke gitt da lokale forhold kan avgjøre om friluftslivet påvirkes i den ene eller andre retningen.

Økt fysisk aktivitet og forebygging av inaktivitet er et viktig mål i folkehelsearbeidet. I den forbindelse trekkes friluftsliv frem som et prioritert område, fordi friluftsliv representerer et samspill mellom naturopplevelse og fysisk aktivitet. Hver for seg har både fysisk aktivitet og naturopplevelse en betydelig helsemessig verdi, og samhandlingen mellom disse gir friluftsliv unike verdier for den enkeltes fysiske og psykiske helse. St.meld. nr. 18 2015-2016 viser til omfattende forskning som viser at folk som bor, lever og bruker natur og grønne områder er mer fysisk aktive og har bedre fysisk og psykisk helse. Friluftsliv representerer også en mer positiv gradient med hensyn på sosial ulikhet i helse sammenlignet med annen form for trening og fysisk aktivitet (Klima- og miljødepartementet, 2015-2016).

Bjørlykhaug og Vetlesen (2020) bruker begrepet «Økologisk sorg» for å beskrive reaksjon på tap av naturmangfold og klimakrisen. Økologisk sorg er en form for individuell og kollektiv sorg som kan arte seg på forskjellig vis. Hensikten med å beskrive denne formen for reaksjon er ifølge forfatterne å bidra til å kunne:

- Snakke sammen og sette ord på erfaringer knyttet til reaksjoner på det som skjer med natur- og klimakrisen.
- Sette ord på hvorfor stadig flere opplever følelsesmessige og kroppslige reaksjoner knyttet til natur- og klimakrisen og herunder anerkjenne disse reaksjonene.
- Sette ord på ansvarsforhold og løfte frem folkehelsekonsekvensene av klima og naturkrisen.
- Sette ord på at vi kanskje har manglende språk og begrepsbruk til å kommunisere og forstå hva som skjer.

Dette er ytterligere problematisert i det offentlige ordskiftet, spesielt i dette valgåret 2021, ved at flere aktører påpeker at en må godta nedbygging av natur for å oppnå det «grønne skiftet». Vindkraft generelt blir da også trukket fram som et av flere tiltak som skal bidra til å forebygge ytterligere klimaendring og muliggjøre økt bruk av fornybar energi. Det kan derfor være argumenter for at et vindkraftverk vil kunne bidra til å forebygge opplevelsen av økologisk sorg ved at en satser på ren fornybar energi. Denne utredningen har ikke noe mandat eller er ikke på noen måte i stand til å gå inn i denne diskusjonen, men det kan likevel være nærliggende å benytte begrepet økologisk sorg slik Ashlee Cunsolo og Neville R. Ellis (2018) gjør: at det er en legitim respons på opplevelsen av tap, endring og forventede tap av natur. Disse forfatterne knytter dette i stor grad til tap av natur som følge av klimaendringer og globale naturkriser, men samtidig viser de til at det er tapet av de nære, personlige og kjente forholdene som har gitt grunnlaget for deres bruk av dette begrepet. Tap og endring av det som kan knyttes til vår opplevelse av identitet, kultur og «hjem». Bjørlykhaug og Vetlesen (2020) bruker overskriften «hjemlengsel hjemme» for å beskrive at en kan oppleve sorg og mer bestemt savn etter det som var kjent og kjær hvis dette blir nedbygd eller endret på en slik måte at en ikke kjenner det igjen på samme måte.

På bakgrunn av dette kan en si at all nedbygging av friluftslivsområder kan påvirke folkehelsen negativt — generelt for befolkningen og spesielt for de brukere som blir berørt i det enkelte tilfelle. Dette er et

ansvar som ligger hos både sentrale, regionale og lokale myndigheter ved å styre slik utvikling. Det vil fortsatt bli gjennomført nedbygging av naturområder til ulike formål i fremtiden, enten det er som et direkte klimatiltak eller til samferdsel, næringsutvikling, boligformål etc. Kun politisk bestemt samhandlet planlegging kan styre dette på en bærekraftig måte.

Etablering av Tysvær vindkraftverk representerer en slik nedbygging, og spørsmålet blir da kun hvor stor grad av konsekvensreducerende tiltak det er mulig å gjennomføre. I den sammenheng kan det være hensiktsmessig å sammenligne med andre vindkraftverk, vannkraftutbygginger eller tilsvarende inngrep i naturen som er gjort tidligere. Her er potensialet stort for å kunne gjennomføre avbøtende/konsekvensreducerende tiltak som kan bidra positivt til folkehelsen. Slike tiltak kan ikke brukes som et selvstendig argument for å bygge ned natur, men vil ha betydning for folkehelsen. Det er flere eksempler fra tilrettelagte besøkshytter, sykkel- og skiløyper, stier, steintrapper og veier som har bidratt til økt tilgjengelighet og dermed økt bruken av et område betydelig. Fra store kraftutbygginger som Svartisen-utbyggingen på 90-tallet ble det satt av egne fond som skal brukes til friluftsliv- og/eller folkehelseiltak. Dette er gjort i flere prosjekter og også i vindkraftprosjekter i ettertid. Utforming av slike avbøtende tiltak må gjøres lokalt om de skal ha positiv helsemessig effekt. Innen helsefremmende arbeid brukes et begrep som kalles settingstilnærming (Ottawa-charteret 1986). Denne tilnærmingen vil si at en må ta utgangspunkt i de unike forholdene for det området som berøres samt i de lokale behov, forutsetninger, ressurser og rammer som eksisterer for området. Dette krever en reell medvirkningsprosess som beskrevet tidligere for å få mulig helsemessig positiv effekt.

7 Helsekonsekvenser av samlet eksponering

I denne helsekonsekvensutredningen vises det til noe litteratur som beskriver at enkelte faktorer enkeltvis og samlet kan ha en helsemessig betydning. Per i dag foreligger det imidlertid et begrenset kunnskapsgrunnlag for å vurdere helsemessige konsekvenser av vindkraftverk. Dette gjaldt spesielt da konsekvensutredningen ble gjennomført og konsesjonen for vindkraftverket i sin tid ble gitt, og mesteparten av litteraturen som er benyttet i denne utredningen er publisert etter at konsesjonen for Tysvær vindkraftverk ble behandlet første gang. For enkeltfaktorer som for eksempel støy fra vindkraftverk har Miljødirektoratet satt grenseverdier. Grenseverdiene er ment å gi rimelig beskyttelse mot helseskadelig støy. Det betyr ikke at det er helt fravær av hørbar lyd som av enkelte kan oppleves som plagsom. Det er med andre ord begrensede beskrivelser av hvilke helsekonsekvenser som er knyttet opp mot disse grenseverdiene, og i hvilken grad disse enkeltfaktorene samlet gir utslag i helsemessige konsekvenser for de som er plaget. Det foreligger per i dag heller ingen konkret metodikk eller veiledning for utarbeidelse av en samlet helsemessig konsekvensvurdering av vindkraft. Dette gjør igjen at en helsekonsekvensvurdering av et konkret vindkraftverk nødvendigvis blir noe mangelfull. Etter vår vurdering blir det derfor viktigst å beskrive og synliggjøre at ulike enkeltfaktorer kan ha en mulig helsekonsekvens, enten i samvariasjon med andre faktorer og/eller over tid. Konkret hvilke konsekvenser er det ikke kunnskapsgrunnlag nok til å fastsette.

7.1 Sammenstilling av eksponering for flere enkeltfaktorer

I denne utredningen er det valgt å benytte en metodikk for å sammenstille og visualisere samlede helsekonsekvenser basert på samme modell som ved risikovurderinger. Metodikken innebærer ikke en fullstendig risikoanalyse, kun en sammenstilling og visualisering av samlet vurdering. Formålet med metoden å vise at det er flere og sammensatte årsaker knyttet til risiko for helseplage. Metoden forsøker å vekte de ulike hensynene på en måte som visualiserer og beskriver dette formålet. Det er ikke tilstrekkelig forskningsbasert kunnskap til å benytte en slik metode til en fullstendig analyse av eksponering og helserisiko, og resultatene må sees i lys av dette. Multiconsult har erfart at ordinære risikovurderinger etter Norsk Standard ikke bestandig er like anvendbare når en skal vurdere

helsemessige eksponeringer i arbeidsmiljø eller i folkehelsearbeid. Dette skyldes at det noen ganger er behov for å vurdere flere faktorer samlet, både på kort og lang sikt. Samtidig må en i noen risikovurderinger ta hensyn til at det foreligger usikkerhet og ulik sårbarhet i populasjonen som er utsatt for påvirkningen. Et eksempel på dette i arbeidsmiljøsammenheng, er at det kan være ulike vurderinger knyttet til eksponering for gravide arbeidstakere og øvrige arbeidstakere. Det kan også være ulike vurderinger av inneklimaforhold for barn og ansatte i en skole/barnehage.

Sammenstillingen kan egne seg til å vise konsekvensene av eksponeringer som ikke kan fjernes helt, herunder langtidseksponeringer gjennom et arbeidsliv eller bosetting i nærheten av en vei eller et vindkraftverk som i dette tilfellet. Sammenstillingen viser hvordan samlede mulige helsekonsekvenser er vurdert og graderes som funksjon av graden av eksponering og graden av konsekvens.

7.1.1 *Graden av eksponering*

Graden av eksponering sammenstilles ved å vurdere **styrke, frekvens og varighet** av eksponeringen. Styrken kan variere ut fra flere forhold, herunder avstand til eksponeringskilden, tiltak for å redusere eksponering eller naturlige hindringer som gjør at boligen ikke blir fullt ut eksponert for de aktuelle faktorene. Frekvens og varighet tar hensyn til hvor ofte og hvor lenge eksponeringen forekommer. Det gjøres en vurdering om det er kontinuerlig eksponering, eller om det er noe som gjentas med jevne mellomrom. Eksempelvis vil visuelle faktorer være noe som kan representere en eksponering som er kontinuerlig. Skyggekast vil kun opptre ved ujevne og jevne mellomrom gitt værforhold som sol og dagslys.

I tillegg settes det en verdi på sannsynligheten for om de aktuelle faktorene er reelt til stede og representerer en eksponering. I noen tilfeller vet en med stor grad av sannsynlighet gjennom beregningene av støy, skyggekast, synlighet etc. at den aktuelle boligen blir eksponert for den aktuelle faktoren. I andre tilfeller kan beregningene vise at boligen ligger i et område der den ikke kan se noen vindturbiner, hinderlys e.l. og dermed sannsynligvis ikke bli eksponert for disse faktorene. Det betyr ikke at mulige helsekonsekvenser ikke skal sammenstilles da det alltid er en usikkerhet knyttet til beregningene og hvordan faktiske forhold blir når alle turbiner er satt i drift.

7.1.2 *Graden av konsekvens og usikkerhet*

Graden av konsekvens vurderes ut fra alvorlighet. I tillegg til alvorlighet settes det en ekstra faktor for usikkerhet. Graden av konsekvens kan få et endret utfall hvis det er flere ulike forhold som virker samtidig. Metodisk håndteres dette ved usikkerheten gis en verdi fra 0 til 2. Kunnskapsgrunnlaget er ikke tilstrekkelig til å fastsette dette på en sikker måte, og forholdet håndteres derfor som en av flere usikre forhold. Denne graden av usikkerhet må i tilfellet håndteres ut fra en «føre-var» strategi. Helsekonsekvenser fra vindkraftverk generelt og Tysvær vindkraftverk spesielt har en rekke usikre konsekvensforhold knyttet til de ulike faktorene som er beskrevet i denne utredningen.

7.1.3 *Helsekonsekvensvurdering som funksjon av eksponering, konsekvens og usikkerhet*

I det følgende gjøres det en samlet kvalitativ vurdering av alle de enkelte temaene støy, skyggekast, hinderlys og synlighet. Den samlede vurderingen graderes deretter med en fargekode grønn, gul, oransje eller rødt, hvor rødt representerer høyest samlet mulig helsekonsekvens og grønt representerer liten eller ingen mulig helsekonsekvens.

Figur 12 nedenfor viser hvordan samlet mulig helsekonsekvens fremkommer og graderes som funksjon av sannsynlighet for og grad av eksponering og alvorlighetsgrad.

Vurdering av eksponeringen gjøres etter formelen: $T \cdot B \cdot (F+V) \cdot 0,5$ der:

T = sannsynlig reell eksponering

B = grad av eksponering

F = frekvens

V = varighet

Tallverdien som fremkommer graderes fra 1 til 5: 0-5 =1, 6-10=2, 11-15 =3, 16-20=4 og 21-25 =5.

Konsekvens settes etter vurdering av helsekonsekvens og eventuell usikkerhet: H+U. Graden av konsekvens defineres på en skala fra 1-5, der 1 er ingen negativ helsepåvirkning/ingen plage og der 5 er økt sannsynlighet for alvorlige helseproblemer.

Samlet vurdering av mulig helsekonsekvens gjøres da etter sammenstilling av eksponering på den ene siden og graden av konsekvens og usikkerhet på den andre siden.

Formlene over skal bidra til å vise hvordan de ulike faktorene spiller inn på vurdering av samlet mulig helsekonsekvens. Metoden skal som nevnt visualisere at det er sammensatte årsaker som spiller inn på vurderingene av mulig helsekonsekvens, herunder ulike usikkerheter. Formlene som benyttes gir et forsøk på å vekte disse forholdene på en visuell og systematisk måte for å få frem dette formålet. Metodikken kan også være et grunnlag for videre diskusjon og utvikling for senere bruk i helsekonsekvensvurderinger.

		Konsekvens og usikkerhet				
Eksponering		1	2	3	4	5
	5 (21-25)					
	4 (16-20)					
	3 (11-15)					
	2 (6-10)					
	1 (0-5)					

Figur 12. Matrise som viser samlet helsekonsekvens.

7.2 Metode for vurdering av de ulike faktorene

7.2.1 Graden av tilstedeværelse

Faktor	Sannsynlig reelt til stede
0,1	Beregninger tilsier at faktoren ikke er til stede
1	Beregningene tilsier at faktoren er til stede

7.2.2 Gradering av eksponering

Graderingen benytter en skala fra 0 til 5, der 0 betyr ingen eksponering og at man har full kontroll på alle forhold som forhindrer eksponering for støy, skyggekast, visuelle forhold eller hinderlys selv om boligen kan være lokalisert i et område der man teoretisk kan bli utsatt for eksponering. Med naturlige barrierer menes for eksempel avstand, landskapsformer eller synligheten av anlegget. Avbøtende tiltak kan være støyskjerming eller redusert hastighet på vindturbinene om natten. Gradering 5 betyr høy eksponering og ingen avbøtende tiltak eller kompensasjon eller andre barrierer mot aktuell eksponering

Gradering	Vurdering av eksponering
0	Fullt ut isolert fra eksponering for alle de aktuelle faktorene. Dokumenterbart og uten usikkerhet. Ingen vindturbiner er synlige eller hørbare.
1	Ligger utenfor område med beregnet støy over 40 dB(A). Ikke beregnet skyggekast. Ingen synlige vindturbiner.
2	Beregnet støynivå er mellom 40 dB(A) og 45 dB(A) inkludert ved bruk av avbøtende tiltak som støyreduksjon. Det vil gjennomføres oppfølgende målinger og kartlegginger for å følge opp faktorene. Beregnet skyggekast er under grenseverdien. Sannsynligvis vil 0-2 vindturbiner være synlige fra boligen. Det er ikke gitt økonomisk kompensasjon for mulige uspesifikke plager.
3	Beregnet støynivå er over grenseverdien på 45 dB(A). Det er gjennomført konkrete og dokumenterbare tiltak for å redusere eksponering, men tiltakene er ikke tilstrekkelige for å fjerne eller redusere eksponering til under gitte grenseverdier. Beregnet skyggekast over grenseverdi, men det er iverksatt tiltak for å redusere omfanget til under grenseverdien. Det er gjennomført vurderinger, kartlegginger og beregninger. Det vil gjennomføres oppfølgende målinger og kartlegginger for å følge opp faktorene. Sannsynligvis vil 1-4 vindturbiner være synlige fra boligen. Det er gitt økonomisk kompensasjon for mulige uspesifikke plager
4	Beregnet støynivå er over grenseverdien på 45 dB(A). Beregnet skyggekast er over grenseverdi. Manglende fysiske barrierer og avbøtende tiltak. Sannsynligvis vil over 5 turbiner være synlige fra boligen
5	Ingen naturlige barrierer eller iverksatte avbøtende tiltak. Ikke gjennomført noen kartlegging eller målinger av konkret situasjon for analyseobjektet. Opptil alle turbiner kan være synlige fra boligen

7.2.3 Gradering av frekvens for eksponering

Eksponeringsgrad	Frekvens
1	Månedlig
2	Flere ganger i måneden
3	Ukentlig
4	Flere dager i uken
5	Daglig

7.2.4 Gradering av varighet av eksponeringen

Eksponeringsgrad	Varighet
1	Under 5 minutter
2	5 minutt-1 time
3	1-8 timer
4	8-12 timer
5	Hele døgnet

7.2.5 Gradering av helsekonsekvens

Gradering	Antagelse av graden av helsekonsekvens
1	Økt sannsynlighet for å oppleve plage. Kortvarig negativ helsepåvirkning.
2	Økt sannsynlighet for helsepåvirkning, men uten varige følger.
3	Økt sannsynlighet for helsepåvirkning med varige følger.
4	Økt sannsynlighet for alvorlig helsepåvirkning.
5	Betydelig sannsynlighet for alvorlig helsepåvirkning.

7.2.6 Gradering av usikkerhet og/eller flere sammensatte eksponeringer

Gradering	Usikkerhet
0	Normal usikkerhet som er beskrevet i konsekvensutredningen. Eksponering innenfor normalgruppen der det ikke tidligere har vært eksponeringer eller annen historikk som kan tilsi at personer er spesielt utsatte. Kun ett tema over gult nivå.
1	Usikkerhet som tilsier at en må legge til grunn et «føre var»-prinsipp. Eksponering av sårbar gruppe, der en ikke kan anvende normalt skjønn ved bruk av vurdering av konsekvenser. Flere tema over gult nivå Det er dokumentert at natur- og friluftslivsområder er gått tapt som følge av utbyggingen.
2	Betydelig usikkerhet

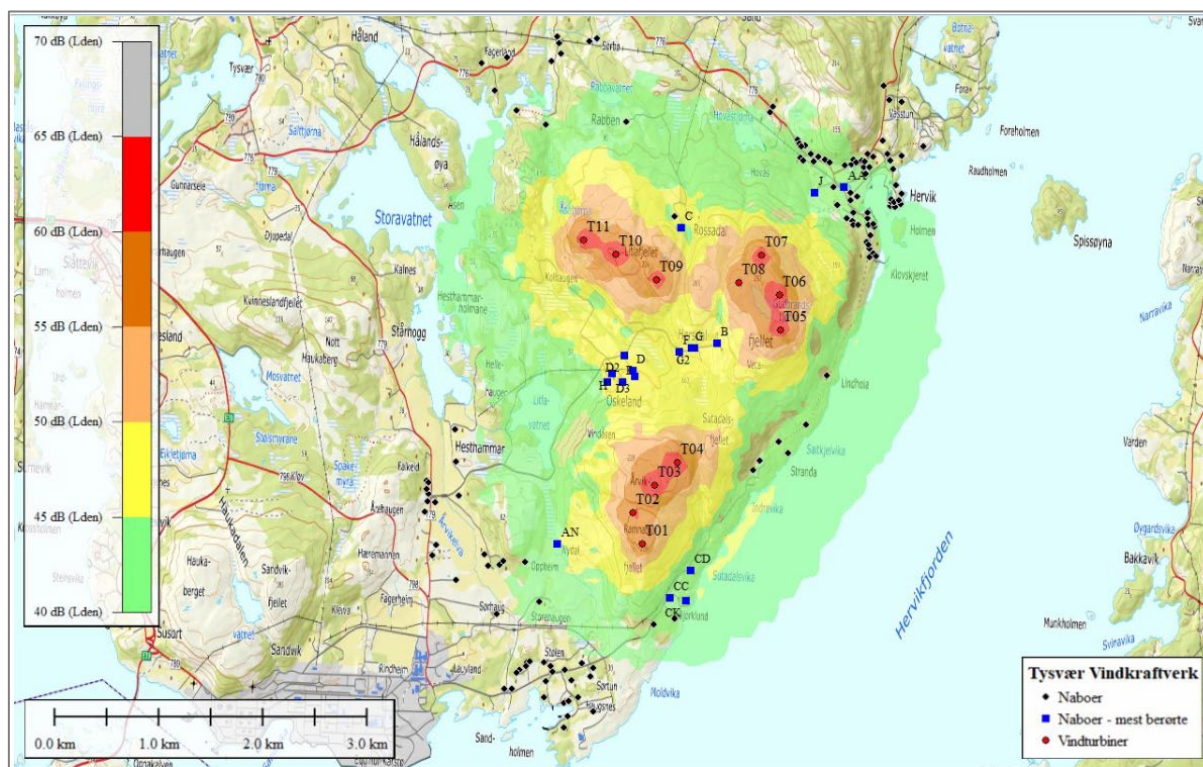
7.2.7 Tap av naturområder og friluftsliv som enkeltfaktor

Tap av natur- og friluftslivsområder kan være en tilleggsfaktor som kan bidra til den samlede vurderingen av mulige helsekonsekvenser av virkningene fra vindkraftverket. Denne faktoren lar seg ikke vurdere på samme måte som de andre faktorene nevnt over, da det ikke finnes noen oversikt over hvem som opplever at naturmiljøet blir forringet og hvordan dette konkret oppleves. Metoden legger opp til at dette kunne blitt lagt til grunn som en av flere usikre forhold jf. kapittel 7.1.3, men det finnes ingen kunnskap eller oversikt som gir grunnlag for å sette en slik verdi på konkrete boliger eller områder.

7.3 Helsekonsekvensvurdering for et utvalg bygninger

Denne helsekonsekvensutredningen tar utgangspunkt i eksisterende kunnskap og utredninger som er gjort for Tysvær vindkraftverk. I tillegg har Multiconsult utarbeidet oppdaterte synlighetskart for å få et bedre grunnlag for vurdering av de visuelle virkningene. Vurdering og sammenstilling av samlet mulig helsekonsekvens omfatter derfor kun de områdene og boligene som er vurdert i konsekvensutredningen for prosjektet. Det er videre valgt å avgrense utvalget av boliger til de som har et beregnet støynivå over grenseverdien på 45 dB(A) uten støyreduksjon. Årsaken til dette er at disse

boligene i utgangspunktet er høyt eksponert for støy og dermed potensielt også mottakerne med den mest sammensatte og komplekse eksponeringen. Som nevnt i kapittel 3.8 er det inngått avtale om avbøtende tiltak for disse boligene, men faktisk effekt av disse tiltakene er ikke kjent og mulig helsekonsekvens for brukerne av disse boligene er derfor vurdert før gjennomføring av avbøtende tiltak. Vurderingen under hensyntar således avbøtende tiltak gjort ved kilden, men ikke hos mottaker. I området med beregnet støynivå fra 40 til 45 dB(A) kan det ikke utelukkes at enkelte kan oppleve denne eksponeringen som plagsom. Ingen konkrete boliger i dette området er tatt med i denne sammenstillingen, men det er vist et teoretisk eksempel på bolig som ligger utenfor valgte avgrensning i Tabell 1 i kapittel 3.4.



Figur 13. Oversikt over de mest berørte boligene når det gjelder støy, og som danner grunnlaget for utvalget i dette kapittelet hentet fra støyberegningene til Tysvær vindkraftverk. Figur fra TYSVÆR VINDPARK (2020).

De boligene som er lokalisert i tilnærmet samme område og som i tillegg er vurdert med tilnærmet samme eksponering sammenstilles i samme tabell under.

Boligene B, G2, G, D2, D, D3, F, E, E2, H og K

Tabell 3. Helsekonsekvensvurdering av boligene B, G2, G, D2, D, D3, F, E, E2, H og K uten avbøtende tiltak hos mottaker.

Eksponering						Konsekvens og usikkerhet			Samlet vurdering
Tema	(T) Tilstedeværelse	(B) Eksponering	(F) Frekvens	(V) Varighet	T*B* (F+V)*0,5	(U) Usikkerhet	(H) Helsekonsekvens	U+H	
Støy	1	3	5	4	13,5	1	3	4	
Skyggekast	1	3	3	2	7,5	1	2	3	

Hinderlys	0,1	5	5	5	2,5	1	1	2	
Synlighet	1	5	5	5	25	1	1	2	
Samlet kvalitativ vurdering	Boligene ligger innenfor et område med beregnet støynivå over grenseverdien på $L_{den} = 45$ dB. Det er det gitt økonomisk kompensasjon. Det vil bli gjennomført etterundersøkelser og oppfølging av faktisk støynivå. Dette kan gi grunnlag for planlegging av ytterligere avbøtende tiltak som kan redusere støynivået ved de aktuelle boligene. Boligene ligger innenfor område med beregnet skyggekast over grenseverdi, men det er iverksatt tiltak for å redusere skyggekast til under grenseverdi. Skyggekast vil ikke være en faktor hele året og/hele døgnet da det er avhengig av solens plassering i forhold til vindturbinen. Boligene vil ikke se hinderlys med forutsetning av at lyset monteres som antatt. Opptil 11 turbiner er sannsynligvis synlige fra boligen. Det er flere mulige tema vurdert over «oransje» og «rødt» nivå. Vurderes dermed noe strengere samlet ved at de får en ekstra usikkerhet for sammensatte faktorer.								

Bolig C

Tabell 4. Helsekonsekvensvurdering av bolig C uten avbøtende tiltak hos mottaker.

Eksponeringskategori						Konsekvens og usikkerhet			Samlet vurdering
Tema	(T) Tilstedeværelse	(B) Eksponering	(F) Frekvens	(V) Varighet	$T*B*(F+V)*0,5$	(U) Usikkerhet	(H) Helsekonsekvens	U+H	
Støy	1	3	5	4	13,5		3	3	
Skyggekast	1	3	3	2	7,5		2	2	
Hinderlys	0,1	5	5	5	2,5		1	1	
Synlighet	1	4	5	5	20		1	1	
Samlet kvalitativ vurdering	Boligen ligger innenfor et område med beregnet støynivå over grenseverdien på $L_{den} = 45$ dB. Det er gitt økonomisk kompensasjon. Det vil bli gjennomført etterundersøkelser og oppfølging av faktisk støynivå. Dette kan gi grunnlag for planlegging av ytterligere avbøtende tiltak som kan redusere støynivået ved de aktuelle boligene. Boligen er lokalisert øst for vindkraftverket, og teoretisk vil kun 1-2 vindturbiner være synlige. Boligene ligger innenfor område med beregnet skyggekast over grenseverdi, men det er iverksatt tiltak for å redusere skyggekast til under grenseverdi. Skyggekast vil ikke være en faktor hele året og/hele døgnet da det er avhengig av solens plassering i forhold til vindturbinen. Boligen vil ikke se hinderlys med forutsetning av at lyset monteres som antatt. Sannsynligvis vil over 5 turbiner være synlige fra boligen.								

Boligene CC, CD og CK

Tabell 5. Helsekonsekvensvurdering av boligene CC, CD og CK.

Eksponeringskategori						Konsekvens og usikkerhet			Samlet vurdering
Tema	(T) Tilstedeværelse	(B) Eksponering	(F) Frekvens	(V) Varighet	$T*B*(F+V)*0,5$	(U) Usikkerhet	(H) Helsekonsekvens	U+H	

Støy	1	2	5	4	9		3	3	
Skyggekast	0,1	1	3	2	0,25		2	1	
Lys	0,1	5	5	5	2,5		1	1	
Synlighet	1	5	5	5	20		1	1	
Samlet kvalitativ vurdering	Boligene ligger innenfor et område med beregnet støynivå over grenseverdien på Lden =45 dB uten bruk av støyreduksjon og under grenseverdi ved bruk av støyreduksjon. Det er ikke gitt økonomisk kompensasjon. Boligene ligger utenfor område med beregnet skyggekast. Sannsynligvis vil over 5 turbiner være synlige fra boligen. Boligene vil ikke se hinderlys med forutsetning av at lyset monteres som antatt.								

Bolig AN

Tabell 6. Helsekonsekvensvurdering av bolig AN.

Eksponeringskategori						Konsekvens og usikkerhet			Samlet vurdering
Tema	(T) Tilstede- værelse	(B) Eksponering	(F) Frekvens	(V) Varighet	T*B* (F+V)*0,5	(U) Usikkerhet	(H) Helse- konsekvens	U+H	
Støy	1	2	5	4	9	1	3	4	
Skyggekast	1	3	3	2	7,5	1	2	3	
Hinderlys	0,1	5	5	5	2,5	1	1	2	
Synlighet	1	4	5	5	20	1	1	2	
Samlet kvalitativ vurdering	AN representerer ikke en bebodd bolig slik de andre objektene. Eiendommen består pr i dag av ubeboelige bygninger. AN betegnes derfor som en «eiendom» uten at vurderingskriteriene endres på noen måte. Eiendommen ligger innenfor et område med beregnet støynivå under grenseverdien på Lden =45 dB ved bruk av støyreduksjon. Eiendommen ligger innenfor område med beregnet skyggekast over grenseverdi, men det er iverksatt tiltak for å redusere skyggekast til under grenseverdi. Skyggekast vil ikke være en faktor hele året og/hele døgnet da det er avhengig av solens plassering i forhold til vindturbinen. Sannsynligvis vil over 5 turbiner være synlige fra boligen. Eiendommen vil ikke se hinderlys med forutsetning av at lyset monteres som antatt. Eiendommen har både støy og skyggekast som ligger tett opp mot grenseverdiene og vurderes dermed noe strengere i samlet vurdering ved at den får en ekstra usikkerhet for sammensatte faktorer.								

Bolig AA og J

Tabell 7. Helsekonsekvensvurdering av boligene AA og J.

Eksponeringskategori						Konsekvens og usikkerhet			Samlet vurdering

Tema	(T) Tilstede- værelse	(B) Eksponering	(F) Frekvens	(V) Varighet	T*B* (F+V)*0,5	(U) Usikkerhet/ sårbarhet	(H) Helse- konsekvens	U+H	
Støy	1	2	5	4	9	1	3	4	
Skyggekast	1	2	3	2	5	1	2	3	
Hinderlys	0,1	5	5	5	2,5	1	1	2	
Synlighet	1	3	5	5	15	1	1	2	
Samlet kvalitativ vurdering	Bolig AA er den boligen med lengst avstand til vindturbinene av de som er vurdert mht. samlet eksponering. Bolig J ligger noe nærmere, men begge boliger ligger i Hervik, der det er flere boliger forholdsvis tett. Boligene ligger hhv. på grenseverdien og rett under grenseverdien for støy på Lden = 45 dB(A) ved bruk av støyreduksjon. Boligene ligger hhv. akkurat på- og rett under beregnet grenseverdi for skyggekast. 1-4 vindturbiner vil sannsynligvis være synlig fra boligen. Boligene vil ikke se signallys med forutsetting av at lyset monteres som antatt. Vindturbinene er synlige fra boligene. Boligene har både støy og skyggekast som ligger akkurat på grenseverdi og/eller tett opp mot grenseverdiene og vurderes dermed strengere i samlet vurdering ved at de får en ekstra usikkerhet/sårbarhet for sammensatte faktorer.								

Bolig utenfor spesifikt område

Tabell 8. Helsekonsekvensvurdering av bolig utenfor spesifikt område.

Eksponeringskategori						Konsekvens og usikkerhet			Samlet vurdering
Tema	(T) Tilstede- værelse	(B) Eksponering	(F) Frekvens	(V) Varighet	T*B* (F+V)*0,5	(U) Usikkerhet	(H) Helse- konsekvens	U+H	
Støy	1	1	5	4	4,5		3	3	
Skyggekast	0,1	1	5	2	0,35		2	2	
Hinderlys	1	5	5	5	2,5		1	1	
Synlighet	0,1	2	5	5	1		1	1	
Samlet kvalitativ vurdering	Et teoretisk eksempel på en bolig som ligger utenfor område som er beregnet for støy og skyggekast. En kan se hinderlys og vindturbinene kan høres, men lydnivået er beregnet til å ligge under 45 dB(A). Det er lite sannsynlig at det er skyggekast, men metoden legger opp til at en aldri kan være helt sikker på om faktoren er helt borte. Det er derfor satt 0,1 istedenfor 0. Det er ikke flere mulige tema på «rødt» eller «oransje» nivå, eller temaer som ligger akkurat rundt grenseverdien, så derfor er det ikke gitt en ekstra usikkerhet for sammensatte faktorer.								

Oppsummering av samlet mulig helsekonsekvens for et utvalg bygninger

Boligene B, G2, G, D2, D, D3, F, E, E2, H, K er vurdert å høyest sannsynlighet for å oppleve plage fra vindkraftverket og dermed også høyest samlet mulig helsekonsekvens av de ulike forholdene som er vurdert i denne helsekonsekvensutredningen. I utredningen er det tatt hensyn til de ulike faktorene

og vurdert disse opp mot mulige tilleggskonsekvenser av samlet eksponering og usikkerhet som ligger i vurderingen. Dette betyr ikke beboerne i disse områdene vil oppleve plage, eller at alle vil oppleve situasjonen likt da dette i stor grad er subjektive opplevelser.

De boligene som ifølge beregningene eksponeres for støynivåer under 45 dB har en betydelig lavere sannsynlighet for å oppleve samme plagegrad med påfølgende mulige helsekonsekvens som de som bor i boliger lokalisert nærmere vindturbinene. Som beskrevet i kapittel 3, kan folk også oppleve plage ved lavere støynivå enn 45dB.

For de elleve boligene som er vurdert i «rød» kategori, vil gjennomføring av ytterligere støyreducerende tiltak på selve bygningene som bidrar til å redusere eksponeringen også kunne redusere den samlede mulige helsekonsekvensen til under «rødt» nivå.

Konsekvens og usikkerhet						
Eksponeringskategori		1	2	3	4	5
	5 (21-25)					
	4 (16-20)					
	3 (11-15)				B, G2, G, D2, D, D3, F, E, E2, H, K,	
	2 (6-10)			CC, CD, CK	C, AA, AN og J	
	1 (0-5)			Utenfor spesifikt område		

Figur 14. Samlet vurdering av mulig helsekonsekvens for ulike boligområder. Sammenstillingen hensyntar tiltak utført ved kilden, men ikke hos mottaker.

8 Konklusjon

Det har gått lang tid fra utarbeidelse av konsekvensutredningen og vedtak om konsesjon for Tysvær vindkraftverk til byggingen startet i 2020. En av de viktigste faktorene når det gjelder å ta hensyn til folkehelse i planprosesser er medvirkning og deltagelse. Samtidig kan samme medvirkning være positivt for tiltaket ved at innspill kan vurderes og eventuelt tas hensyn til under planleggingen. En helsekonsekvensutredning som i dette tilfellet blir utarbeidet lang tid etter konsesjonssøknad med tilhørende konsekvensutredning og påfølgende konsesjonsbehandling vil ha vesentlig mindre betydning for ivaretagelse av folkehelsen. Selv om Folkehelseloven trådte i kraft lenge etter at konsesjon ble gitt, hadde Tysvær kommune den gang for øvrig hjemmel til å kreve en helsekonsekvensutredning etter kommunehelsetjenesteloven for 15 år siden.

Kunnskapsgrunnlaget knyttet til både metode for vurdering av helsevirkninger samt eventuelle faktiske helsevirkninger fra vindkraft er fortsatt mangelfullt selv om det er gjort en del studier spesielt innenfor støy. Litteraturgjennomgangen gjort i denne utredningen viser at det ikke kan dokumenteres

helseeffekter som er direkte relatert til støy fra vindturbiner når lydnivået er lavere enn L_{den} 45 dB. Det kan heller ikke dokumenteres direkte helseeffekter forårsaket av infrastøy/lavfrekvent lyd fra vindturbiner. Symptomer som er funnet i forskjellige studier er uspesifikke og kan utløses av flere ulike faktorer. Gitt at kunnskapsgrunnlaget er begrenset kan man heller ikke konkludere med at det foreligger holdepunkter for å si at negative eller uønskede helseeffekter vil være fraværende. Det må påregnes at en del av befolkningen er plaget også under anbefalte grenseverdier. God involvering i tidlig planfase, oppfølgingskampanjer og overvåking av støyen fra vindturbinene synes å være den mest effektive metoden for å forhindre mulige støyplager og klager. Når det gjelder andre eksponeringsfaktorer som skyggekast, hinderlys og synlighet er virkningene på samme måte som for støy først og fremst knyttet til plagereaksjoner. Enkelte studier har vist at eksponering for flere av eksponeringsfaktorene kan bidra til økt grad av plage hos mottakerne.

For Tysvær vindkraftverk er det spesielt beboerne i de 11 boligene med støynivåer over grenseverdien på L_{den} 45 dB som potensielt kan bli utsatt for den mest sammensatte og komplekse eksponeringen.

Natur- og friluftsområdene i området Gudbrandsfjellet, Årvikfjellet og Litlafjellet vil som følge av etableringen av Tysvær vindkraftverk gå tapt i den form det har hatt før utbyggingen. Isolert sett kunne en vurdert konsekvensen kun som følge av dette, men i et folkehelseperspektiv er forholdet mellom friluftsliv og helse noe mer sammensatt. Virkningene kan på den ene siden være at eksisterende brukere slutte å benytte området, men på den andre siden kan tilrettelegging med veier o.l. føre til økt bruk av nye brukere. De reelle effektene for friluftsliv vil en ikke kunne vurdere før etter at vindkraftverket er ferdig og har vært i drift en stund, og det er kun da man kan evaluere og si noe om eventuelle langtidseffekter.

Tysvær vindkraftverk er under bygging og anlegget vil om kort tid være i drift. Mulige helsekonsekvenser som omtales i denne utredningen kan sees som et utgangspunkt for en videre prosess der hensikten bør være å gjennomføre avbøtende tiltak dersom det vurderes som nødvendig. Eksempelvis skal det gjennomføres etterundersøkelser av støy som kan danne grunnlag for konkretisering av avbøtende tiltak spesielt for de boligene som ligger nærmest anlegget. Lokale myndigheter og lokalmiljøet i nærområdet til Tysvær vindkraftverk bør benytte muligheten til å medvirke i en slik prosess med formål om å bidra til best mulige løsninger for alle parter.

9 Kilder

- Ashlee Cunsolo og Neville R. Ellis (2018) Ecological grief as a mental health response to climate change-related loss. Nature Climate Change
- Berg, E. 2017. Visuelle virkninger av vindkraft - Momenter til vurdering av vindkraftverks visuelle påvirkning på naboskap. Norconsult.
- Bjerkestrand, E, Aas, H og Bølling, J. K. 2014. Skyggekast - Veileder for beregning av skyggekast og presentasjon av NVEs forvaltningspraksis. NVE veileder nr. 2/2014. 12 s.
- Bjørlykhaug, K. I. and A. J. Vetlesen (2020). Det går til helvete. Eller? : om kjærlighet, sorg og raseri i natur- og klimakrisens tid. Lysaker, Dinamo forlag
- Blumendeller, E (2020). Investigations on Low Frequency Noises of On-Shore Wind Turbines (Journal of Acoustics, 26.05.2020)
- Common Noise Assessment Methods in Europe (2012) (CNOSSOS-EU) to be used by the EU Member States for strategic noise mapping following adoption as specified in the Environmental Noise Directive 2002/49/EC (2012)
- FHI (2009) Er støy fra vindmøller helseskadelig? <https://www.fhi.no/ml/miljo/stoy/er-stoy-fra-vindmoller-helseskadeli>
- Guimarães da Silva (2017), Computational sound propagation models: an analysis of the models Nord2000, Concawe and ISO 9613-2 for sound propagation from a wind farm (Master of Science, Uppsala Universitet – 2017)
- Helse- Og Omsorgsdepartementet (2012–2013), st.meld. nr.34 (2012-2013) Folkehelsemeldingen, God helse – felles ansvar. Dep.Oslo.
- Jakobsen, J (2005), Infrasound Emission from Wind Turbines (Journal of low frequency noise, vibration and active control. 17.08.2005)
- Jakobsen, S, Bølling, J. K. og Bjerkestrand, E. 2018. Nasjonal ramme for vindkraft. Temarapport om nabovirkninger. NVE rapport nr. 72/2018. 43 s.
- Knopper, L. D., Ollson, C. A., McCallum, L. C., Whitfield Aslund, M. L., Berger, R. G., Souweine, K., & McDaniel, M. 2014. Wind turbines and human health. Front Public Health, 2, 63. doi:10.3389/fpubh.2014.00063
- Klima- og miljødepartementet (2015-2016) st.meld. nr. 18 (2015–2016) Friluftsliv — Natur som kilde til helse og livskvalitet. Dep Oslo
- Klima- og miljødepartementet (2018) Handlingsplan for friluftsliv- Natur som kilde til helse og livskvalitet. Dep. Oslo
- Lars H. Gulbrandsen (2021) Fritjof Nansens Institutt, Derfor fikk vi kommuneopprøret mot vindkraft, <https://www.fni.no/publications/derfor-fikk-vi-kommuneopproret-mot-vindkraft-why-we-got-a-municipal-uprising-against-wind-power>.
- Luftfartstilsynet. 2021. Konsolidert forskrift om rapportering, registrering og merking av luftfartshinder (BSL E 2-1). Med gjeldende forskrift av 22.7.2014 og ny forskrift som trer i kraft fra 1. juli 2022. Versjon 1.0 23. april 2021. 15 s.
- Miljødirektoratet (2021) Retningslinje for behandling av støy i arealplaner T-1442, sist revidert 2021
- Miljøverndepartementet (2008) Plan- og bygningsloven. Dep. Oslo

Miljø- og Fødevarerministeriet (2017), Ny viden om lavfrekvent lydisolering af boliger i områder med vindmøller (Miljøstyrelsen. Miljøprojekt no. 1960. Oktober 2017)

Michaud, D. S., Feder, K., Keith, S. E., Voicescu, S. A., Marro, L., Than, J., Guay, M., Denning, A., McGuire, D., Bower, T., Lavigne, E., Murray, B. J., van den Berg, F. (2016). Exposure to wind turbine noise: Perceptual responses and reported health effects. *Journal of the Acoustical Society of America*, 139(3), 1443-1454. doi:10.1121/1.4942391

NN. 2019. Clauchrie Windfarm. Environmental Impact Assessment Report. Technical Appendix 6.2. Landscape and Visual Impact – Visual Assessment of Turbine Lighting. Scottish Power Renewables. 24 s. https://www.scottishpowerrenewables.com/userfiles/file/Clauchrie_Volume_4_-_Appendix_6.2_Lighting.pdf

NOU 1998:18: Det er bruk for alle. Styrking av folkehelsearbeidet i kommunene. Dep.Oslo

NVE. 2021. Oversendelse av fem klager på vedtak om godkjenning av tiltaksplan for støy og skyggekast – Tysvær vindkraftverk av 09.07.2020. 17 s.

NVE (2018) Rapport Nr. 72/2018 - Nasjonal ramme for vindkraft

Ottawa-charter for Health Promotion (1986) First International Conference on Health Promotion.

WHO. Ottawa, 21 November 1986.

Olje- og energidepartementet (2014), Statlig Reguleringsplan for Tysvær Vindpark (Revidert 28.08.2014)

Paulssen, E og Moltumyr, A (2021). Helsedirektoratet. Utarbeiding av kommunedelplaner i et folkehelseperspektiv. <https://www.kommunetorget.no/Temaomrader/Folkehelse/Hva-er-folkehelse/Folkehelse-i-tema--og-delplaner/Folkehelse-i-kommunedelplaner/>

Rudolph, D., Kirkegaard, J., Lyhne, I. Clausen, N.-E. and Kørnøv, L. 2017. Spoiled darkness? Sense of place and annoyance over obstruction lights from the world's largest wind turbine test centre in Denmark. *Energy Research & Social Science* Vol 25, s. 80-90.

Sosial- og Helsedirektoratet (2003) Veileder i miljørettet helsevern. Dep. Oslo

Tremac (2020) Abschlussbericht zu den Teilvorhaben (Universität Stuttgart. 04.06.2020) [Tremac sluttrapport om delprosjektene (Universitet av Stuttgart. 04.06.2020)].

Trangsrud, L (2020) Friluftsliv I møte med økologisk sorg: Bjørlykhaug, K. I. and A. J. Vetlesen (2020). Det går til helvete. Eller? : om kjærlighet, sorg og raseri i natur- og klimakrisens tid. Lysaker, Dinamo forlag

TYSVÆR VINDPARK (2019) Støyanalyse (07.08.2019) Stormvind AS,

TYSVÆR VINDPARK (2020) Oppdatert støynivå fra vindmøller (16.04.2020)

TØI (2015). Befolkningsreaksjoner på vindmøllestøy. Vindmølleparken på Lista 2015 (TØI rapport 1452/2015)

Unnerud, K (2018) Integrering av folkehelse i arealplanlegging og helsekonsekvensvurderinger som integreringsverktøy, Masteroppgave- Norwegian University of Life Sciences, Ås.

Verbundprosjekt (2020) Objektive Kriterien zu Erschütterungs- und Schallemissionen durch Windenergieanlagen im Binnenland. TremAc Schlussbericht (16.06.2020) [Objektive kriterier for vibrasjon og støyutslipp fra vindturbiner i innlandet. TremAc sluttrapport (16.06.2020)]

WHO (2018) Environmental noise guidelines for the European Region (2018) [WHO miljøstøyretningslinjer for den europeiske regionen (2018) kapittel 2.4.3

Whittall, R (2009) *Medvirkning i samfunnsplanlegging og helsefremmende arbeid-- mellom politikk og realitet*. Masteroppgave Universitetet i Sørøst Norge