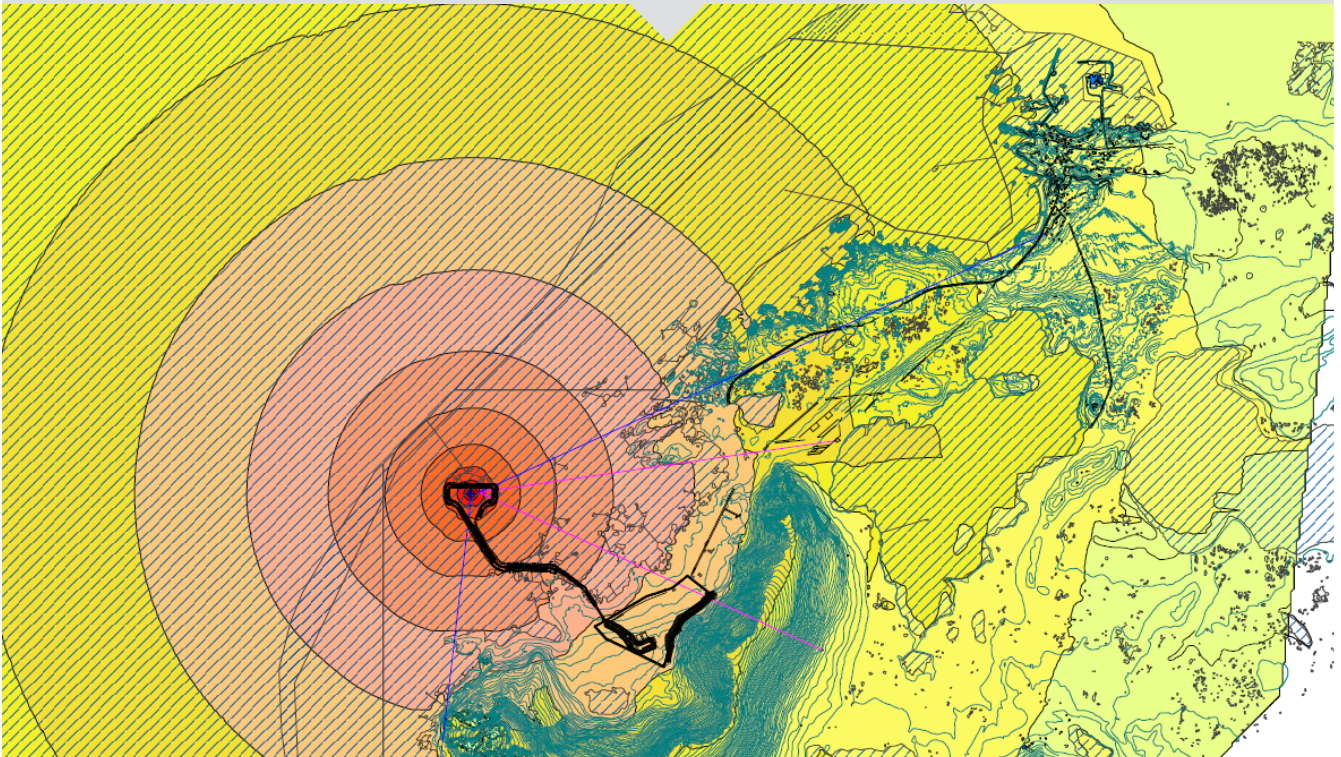


Andøya Space Center

# Andøya Space Port

Fagrapport STØY



Oppdragsnr.: 5173196 Dokumentnr.: 00A Versjon: 1  
2019-04-05

**Oppdragsgiver:** Andøya Spaceport  
**Oppdragsgivers kontaktperson:** Rory Mcdougall  
**Rådgiver:** Norconsult AS, Vestfjordgaten 4, NO-1338 Sandvika  
**Oppdragsleder:** Lars A. Uttakleiv  
**Fagansvarlig:** Dag Liaaen Jahnsen  
**Andre nøkkelpersoner:** Alexander Tallund Klungerbo, Inge Hommedal

1	2019-04-05	Fagrapport Støy	ALTKL	DALJA	LAAUT
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

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

## Sammendrag

Boliger og annen bebyggelse med støyfølsomt bruksformål vil kunne bli utsatt for merkbar støy når raketter skytes opp, og dette lydtryknivået kan sammenliknes opp mot grenseverdier for maksimalnivå gitt i T-1442 for andre utendørs støykilder.

Boliger nord / nordøst og sør for utskytingsområdet er ikke naturlig skjermet for støy fra utskytingen, og vil derfor berøres fra utskytingen starter. Nivåer kan komme opp i  $L_{pA} = 86$  dB i korte perioder basert på de foreliggende kildedata.

Øvrige boligområder med i nærmeste omkrets er helt eller delvis skjermet for støy fra oppskytingens første fase grunnet høye fjellformasjoner med høyde inntil ca 400 – 500 m. Når raketter passerer en høyde på ca 1000 m vil skjermingseffekten opphøre. Da er det kun avstand mellom rakett og bolig som bestemmer støyen. Nivået for de nærmeste boligene vil da kunne komme opp i nivåer på  $L_{pA} = 75$  dB på det meste før nivået avtar med stigende høyde for raketten.

Etter ca 30 sekunder vil raketten passere 16.000 m høyde og da vil nivåene synke under 50 dB for alle områder på øya. Over vann vil nivåene teoretisk ligge ca 5 dB høyere på grunn av refleksjonen fra hard flate.

Med to oppskytinger i måneden, vil ikke det årsmidlede nivået for  $L_{den}$  være et aktuelt problem.

# Innhold

<b>1</b>	<b>Beskrivelse av tiltaket</b>	<b>5</b>
1.1	Bakgrunn	5
1.2	Beskrivelse av tiltaket	5
1.3	Krav til utredning	6
<b>2</b>	<b>Metode og datagrunnlag</b>	<b>8</b>
2.1	Metode for utredning av ikke-prissatte temaer	8
2.2	Referansealternativ	8
2.3	Utredningsområde	8
2.4	Definisjoner på generelle fagtermer for støy	8
2.5	Definisjoner på spesielle fagtermer i denne rapporten	12
<b>3</b>	<b>Kildedata</b>	<b>13</b>
3.1	Rakettmotors lydeffekt	13
3.2	Direktivitet	13
3.3	Lydtransmisjon i luft	14
<b>4</b>	<b>Grenseverdier</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Utførte simuleringer</b>	<b>17</b>
5.1	Metodikk	17
5.2	Programvare og beregningsmetode	17
5.2.1	Kildenes egenskaper	17
5.2.2	Doppler-skift	18
5.3	Beregningsresultater	18
<b>6</b>	<b>Vurdering av støysoner</b>	<b>20</b>
6.1	Boliger sør for oppskytingsfelt	20
6.2	Boliger øst/sør-øst for oppskytingsfelt	21
6.3	Boliger nord-øst for oppskytingsfelt	21
<b>7</b>	<b>Anleggsfasen</b>	<b>23</b>
<b>8</b>	<b>Avbøtende tiltak</b>	<b>24</b>
<b>9</b>	<b>Samlet vurdering</b>	<b>25</b>
<b>10</b>	<b>Referanser</b>	<b>26</b>

# 1 Beskrivelse av tiltaket

## 1.1 Bakgrunn

Andøya Spaceport skal tilrettelegge for utvidelse av sin aktivitet, med en oppskytingstjeneste for små satellitter i det europeiske kommersielle markedet. En utvidelse av virksomheten mot dette markedet vil kreve et større areal enn det som finnes på dagens lokalitet ved Oksebåsen. Basert på innledende egnethetsstudier er det valgt to aktuelle lokaliteter, Bømyra og Børvågen, som behandles i separate planprosesser.

Med bakgrunn i planvarsel, merknadsbehandling og feltbefaring for begge lokaliteter er det besluttet å gjennomføre helhetlig konsekvensutredning for en lokalitet, Børvågen. Årsaken er at Børvågen egner seg best i forhold til skytevinkler, sikkerhetssoner og miljøhensyn

## 1.2 Beskrivelse av tiltaket

Det skal legges til rette for oppskytningsbase for små satellitter med følgende funksjoner:

- Utskytningsramper
- Utfyllinger-/ moloer.
- Masseuttak
- Interne veianlegg
- Vannforsyningsanlegg
- Avfallshåndteringsanlegg
- Renseanlegg
- Sikkerhet/overvåkning, portsystemer og inngjerding
  
- Tekniske servicebygg-/administrasjonsbygg
- Verksteder-/ service- og monteringshaller
- Kontor- og administrasjonsbygninger
- Besøksenter

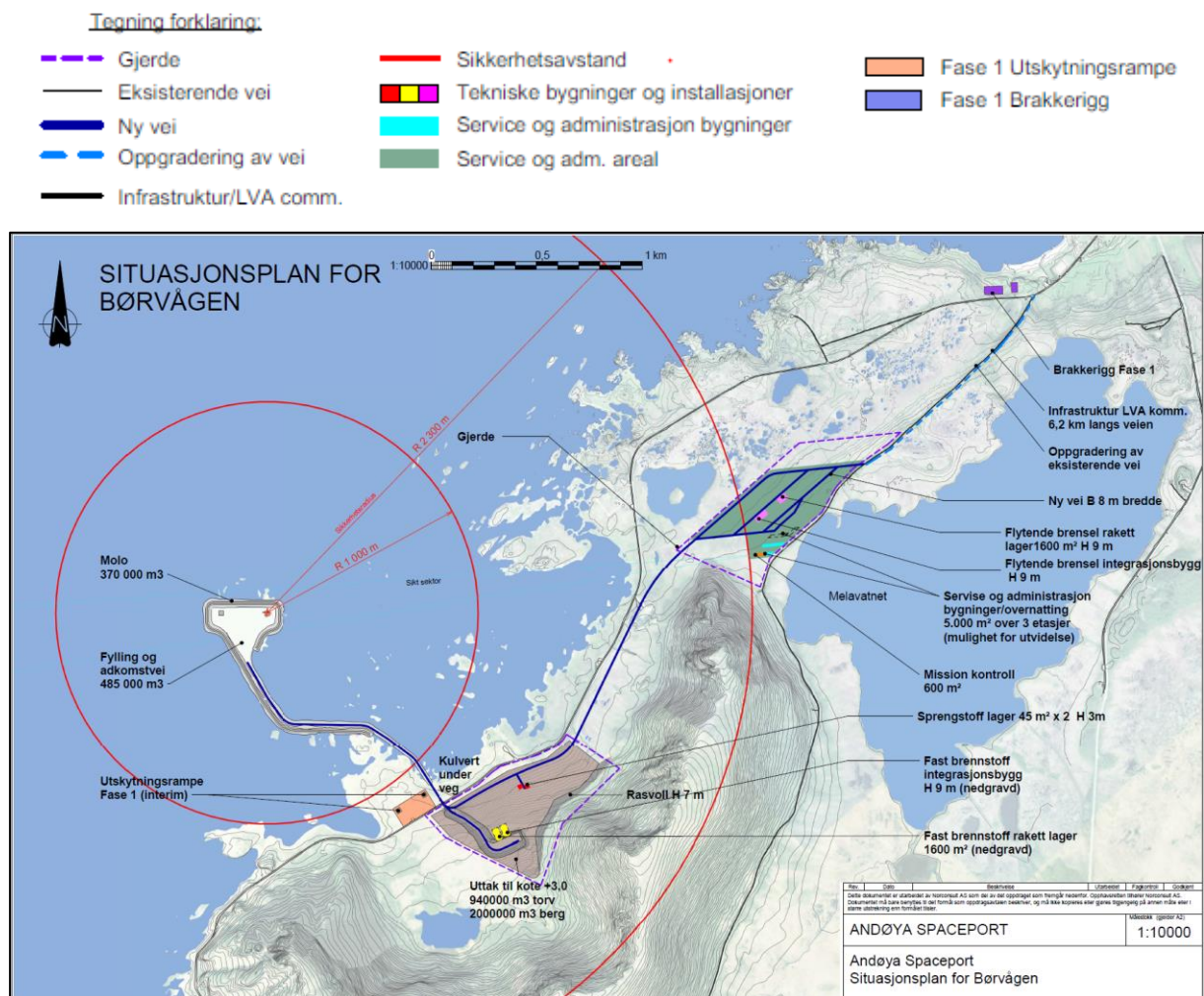
Forliggende forslag til oppbygning av infrastruktur og utvikling av anlegg vil gjennomføres i en trinnvis utvikling. Utredning er gjennomført for hele anlegget ved ferdigstilling av hele anlegg. Fase 1, interim-løsning, er gitt særskilt behandling i konsekvensutredningene, planforslag og bestemmelser.

Planområdet ligger 1 km sør av tettstedet Nordmela ved krysset mellom privat vei og Fv 974 like ved Nordmela samfunnshus. Herfra strekker plangrensen seg vest av Melavatnet og over mot Fv 974. Plangrensen følger FV 974 ned mot Børvåneset hvor den inkluderer deler av Børvåneset og videre ut i sjø mot Børvågskjeran.

Området er inndelt mellom en sone som skal tilrettelegges for næringsbebyggelse like vest av Melavatnet og en sone med oppskytningsplattformer i sjø, moloer, utfyllinger og masseuttak, samt infrastruktur for rakettoppskytning.

Planlagt formål er næringsbebyggelse med underformål for industri og lager.

Figur 1-1 under viser avgrensning av tiltaksområdet på Børvågen.



Figur 1-1. Skissert disponering av tiltaksområdet på Børvågen. Det etableres bygningsmasse for service- og administrasjon til høyre (øst) i tiltaksområdet. Oppskytningsrampene er lagt til samlinger av holmer og skjær til venstre (vest) i tiltaksområdet. Mellom bygningene og oppskytningsrampene anlegges det en internvei. Område for masseuttak skal tilbakeføres til tilnærmet opprinnelig stand etter anleggsperioden. Innenfor masseuttaksområdet etableres lager for fast brensel samt integrasjonsbygning, begge dekket under jordvoller.

### 1.3 Krav til utredning

Etableringen av en ny oppskytningsbase for små satellitter på Børvågen er konsekvensutredningspliktig iht. plan- og bygningsloven. Planprogram for Andøya Spaceport ble vedtatt 18.06.2018, og stiller følgende krav til utredning av fagtema støy:

#### Definisjon av tema

Støy er definert som uønsket lyd. Utredningstemaet omfatter støy som følger av tiltaket og som berører omkringliggende områder og eventuell støyfølsom bebyggelse.

#### Begrunnelse for utredning og utforming

Tiltak med oppskytningsbase for små satellitter skaper støy ved oppskyting av raketter. Det er bebyggelse i nærheten som vil komme innenfor influenssonen for støy fra rakettoppskyting.

Planforslaget kan også generere økt veitrafikk.

---

### **Utredningens omfang**

Det skal gjøres en overordnet vurdering om fremtidig støysituasjon ved anlegget på bakgrunn av erfaringsdata om støysituasjonen ved lignende anlegg (Andøya Space Center og lufthavner).

Det skal gjøres en overordnet vurdering av trafikkstøyen langs adkomstveiene til anlegget, og konsekvenser for rekreasjon og friluftsliv i korridoren. Vurderingen gjøres i henhold til Veileder T-1442/2016.

Støyens konsekvenser mot boligbebyggelse på Nordmela skal utredes.

## 2 Metode og datagrunnlag

### 2.1 Metode for utredning av ikke-prissatte temaer

Konsekvensutredningen av ikke-prissatte temaer gjennomføres i henhold til metoden i Statens vegvesens håndbok om konsekvensanalyser (Håndbok V712, revidert utgave). Tre begreper står sentralt i denne analysen:

- **Verdi:** Med verdi menes en vurdering av hvor stor betydning et område har for et fagtema.
- **Påvirkning:** Med påvirkning menes en vurdering av hvordan det samme området påvirkes som følge av et definert tiltak.
- **Konsekvens:** Konsekvens kommer frem ved sammenstilling av verdi og påvirkning i henhold til matrise vist i hovedrapporten. Konsekvensen er en vurdering av om et definert tiltak vil medføre bedring eller forringelse i et område.

### 2.2 Referansealternativ

Påvirkning og konsekvenser av tiltaket vurderes normalt i forhold til et referansealternativ. I denne utredningen er det ikke utført alternative støyberegninger for referansealternativ.

### 2.3 Utredningsområde

Konsekvensutredningen omfatter alle områder som blir direkte berørt av den planlagte utbyggingen, (**tiltaksområdet**), samt en sone rundt, hvor man kan forvente at utbyggingen vil påvirke fagtema støy i anleggs- og driftsfasen (**influensområdet**). Tiltaksområdet og influensområdet utgjør til sammen **utredningsområdet**.

**Planområdet** for Børvågen tilsvarende reguleringsplanenes formelle grense, og sikrer tilstrekkelig areal (inkludert sikkerhetssone) til gjennomføring av tiltaket. Planområdet omfatter tiltaksområdet og store deler av influensområdet, og dekker dermed mesteparten av utredningsområdet.

Selve baseområdet og utskyttingsramper ligger så isolert til sett i forhold til støyfølsom bebyggelse at det er ikke tatt med vurderinger av anleggsstøy i denne rapporten.

### 2.4 Definisjoner på generelle fagtermer for støy

Under er det vist definisjoner av spesielle fagtermer for støy. Disse er hentet fra dokumentet M-128 som er veiledning til retningslinje for støy i arealplanlegging T-1442

#### **Lydtryknivå ( $L_p$ ) / Sound Pressure Level (SPL)**

Når øret vårt oppfatter lyd, vil trykket i lufta variere litt over og litt under atmosfæretrykket. Forskjellen mellom trykket i lydsvingningen og atmosfæretrykket kalles lydtrykket, og betegnes vanligvis med  $p$ .

Enheden for trykk er  $N/m^2 = \text{Pascal (Pa)}$ . Øret kan oppfatte trykkvariasjoner helt ned til  $0,00002 \text{ Pa}$  (høreterskel). Ved trykkvariasjoner på  $20 \text{ Pa}$  kjenner vi fysisk smerte i øret. Atmosfæretrykket er ca.  $100\,000 \text{ Pa}$ .

Størrelsen på lufttrykksendringene beskriver lydstyrken (støynivået). For at vi skal høre en lyd, må endringen være minst  $0,000\,000\,000\,2$  ganger normalt atmosfæretrykk (atm), mens ubehagsgrensen



for hørselen nås ved 0,002 atm. Fordi hørselen har så stor spennvidde, med forholdet 1:10 millioner mellom hørerskel og ubehagelig lyd, er det upraktisk å bruke atmosfæretrykket som direkte mål på lydstyrke. I stedet bruker man en desibelskala, som er en logaritmisk skala. Når lydtrykket angis på denne måten, snakker vi om lydtryknivå, som betegnes vanlig med  $L_p$ .

### Lydeffektnivå ( $L_w$ ) / Sound Power Level (SWL)

Lydbølger representerer en energitransport. Energien leveres av lydkilden. Lydkilden er derfor å betrakte som en energikilde, og karakteriseres ved utstrålt effekt i watt (W). Vanligvis angis imidlertid ikke utstrålt effekt direkte i watt, men som et effektnivå  $L_w$  i dB i forhold til en valgt referanseverdi på  $10^{-12}$  W. For en lydkilde (punktkilde) som står på hard mark og fordeler lyden likt i alle retninger, kan lydeffektnivået  $L_w$  omregnes fra lydtryknivået  $L_p$  målt i en bestemt avstand (R) ved å bruke uttrykket:

$$L_w = L_p + 20 \log R + 8 \text{ dB}$$

Et lydtryknivå på 92 dB i 10 m avstand tilsvarer altså et lydeffektnivå på 120 dB. Lydeffektnivået kan være uveid, eller det kan uttrykkes f.eks. som A-veiet verdi ( $L_{WA}$ ) eller som en oktaverdi. Mens lyd-nivået alltid gjelder i et visst punkt, for eksempel 10 m fra kilden, er lydeffektnivået en entydig, avstandsuaavhengig størrelse for kildestyrke.

### Ekvivalent lydnivå $L_{pAeqT}$

Det ekvivalente lydnivået  $L_{pAeqT}$  er et mål på det gjennomsnittlige (energimidlede) nivået for varierende lyd over en bestemt tidsperiode T, for eksempel 1 minutt, ½ time, 8 timer, 24 timer.

Ekvivalentnivået uttrykker dermed den gjennomsnittlige lydenergien man har vært utsatt for over for eksempel 8 timer eller 24 timer. En dobling av lydenergien tilsvarer en økning i lydstyrken på 3 dB, vil en slik økning medføre at påvirkningstiden må halveres dersom ekvivalentnivået skal være det samme. For eksempel vil et lydnivå på 50 dB i 24 timer tilsvare 53 dB i 12 timer, som igjen tilsvarer 56 dB i 6 timer.

### Lden

Lden er A-veiet ekvivalent støynivå for dag-kveld-natt (day-evening-night) med 5 dB / 10 dB ekstra tillegg på kveld / natt. Tidspunktene for de ulike periodene er dag: 07-19, kveld: 19-23 og natt: 23-07. Lden er nærmere definert i EUs rammedirektiv for støy, og periodeinndelingene er i tråd med anbefalingene her. Lden-nivået skal i kartlegging etter direktivet beregnes som årsmiddelverdi, det vil si som gjennomsnittlig støybelastning over et år. Også i retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging er årsmiddelverdier lagt til grunn.

I forbindelse med støysonekart etter EU-direktivets bestemmelser skal Lden beregnes for en mottakerhøyde på 4 meter og som årsmiddelverdi både med hensyn til støyemisjon / aktivitet og mht værforhold som kan påvirke støyutbredelsen.

I støysonekartlegging etter retningslinjen er også mottakerhøyde på 4 meter anbefalt. Anleggseier kan unntaksvis velge annen beregningshøyde, men det skal da begrunnes hvorfor dette er mest hensiktsmessig. Beregningshøyden skal aldri være mindre enn 1,5 meter. For detaljerte beregninger på/ved enkeltbygninger skal det brukes den mottakerhøyde som er aktuell for den enkelte bygning.

Lden skal ved bruk i henhold til denne retningslinjen beregnes uten å regne med refleksjon fra fasaden på den aktuelle bygning man beregner på. Dette vil i praksis si det lydnivå man ville hatt ved fasaden på den aktuelle bygningen, hvis bygningen ikke hadde vært der. Refleksjon fra andre flater (andre bygninger, støttemurer, terrengformasjoner, fjellskjæringer etc.) skal imidlertid regnes med, likeledes bakkedempning.

Ved bruk av tidligere retningslinjer har det for en del av støykildene vært praksis at anbefalte grenseverdier har inkludert et tillegg på 3 dB for fasaderefleksjon. I denne retningslinjen er alle anbefalte grenseverdier angitt uten dette tillegget (som innfallende lydtryknivå).

Hvordan beregnet støynivå i Lden slår ut i forhold til beregnet døgnkvivalentnivå  $L_{Aeq24h}$ , vil avhenge av hvordan støykildens aktivitet er fordelt over døgnet.

For eksempel vil en virksomhet som gir et jevnt støynivå på  $L_{Aeq24h}$  50 dB resultere i Lden-verdi på 56,4 dB.

En virksomhet som har et støynivå på  $L_{Aeq}$  55 dB på dagtid (07-19),  $L_{Aeq}$  50 dB på kveldstid (19-23) og på  $L_{Aeq}$  45 dB på natt (23-07) vil resultere i Lden-verdi på 55 dB.

Beregninger av denne typen kan du gjøre med et eget regneark.

## Lnight

A-veiet ekvivalentnivå for 8 timers nattperiode fra 23-07 som er definert i EUs rammedirektiv for støy. Lnight-nivået skal i kartlegging etter direktivet beregnes som årsmiddelverdi, det vil si som gjennomsnittlig støybelastning over et år. Også i retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging er årsmiddelverdier lagt til grunn.

Kommentarene som er gitt i forhold til Lden gjelder også for Lnight.

## Maksimalt støynivå

Maksimalt støynivå,  $L_{max}$ , er et mål for de høyeste, vanlige toppene i en varierende støy. Mer tilfeldige og lite typiske støytopper blir vanligvis ikke medregnet.

Krav til maksimalt støynivå blir først og fremst brukt i nattperioden for beskyttelse mot søvnforstyrrelser. I tillegg gis det i mange tilfeller maksimalstøykrav for kilder hvor maksimalstøyhendelser er svært viktig for opplevd plage (plagegrad).

$L_{max}$  er svært følsomt for hvordan maksimalnivå defineres, og det finnes flere ulike definisjoner som brukes for forskjellige typer formål. Det viktigste skillet går mellom hvor korte støytopper som måles. Dette bestemmes gjennom valg av tidskonstant. Tidskonstanten "fast" er den som er mest brukt i regelverkssammenheng.

I tillegg til tidskonstantene som er nevnt under har vi også tidskonstanten "peak" som er den absolutt høyeste støytoppen innenfor en kort periode.

**$L_{AImax}$**  er A-veiet maksimalnivå målt med tidskonstant "Impulse" på 35 ms.

**$L_{AFmax}$**  er A-veiet maksimalnivå målt med tidskonstant "Fast" på 125 ms.

**$L_{5AF}$**  er det A-veide nivå målt med tidskonstant "Fast" på 125 ms som overskrides av 5 % av hendelsene i løpet av en nærmere angitt periode, dvs et statistisk maksimalnivå i forhold til antall hendelser.

**$L_{ASmax}$**  er A-veiet maksimalnivå målt med tidskonstant "Slow" på 1 s (1000 ms).

**$L_{5AS}$**  er det A-veide nivå målt med tidskonstant "Slow" på 1 s som overskrides av 5 % av hendelsene i løpet av en nærmere angitt periode, dvs et statistisk maksimalnivå i forhold til antall hendelser.

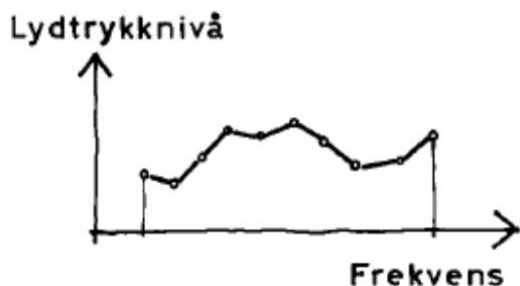
## Frekvens

Frekvensen er definert som antall svingninger (lufttrykksvariasjoner) pr. sekund. Frekvens betegnes med  $f$  og angis i enheten Hertz (Hz). Lyd med høye frekvenser oppfattes av øret som høye toner, diskant. Frekvenser som er høyere enn det vi kan høre, det vil si mer enn 20 000 Hz, kaller vi ultralyd.

Lyd med lave frekvenser oppfattes av øret som basslyd. Frekvenser som er lavere enn det vi kan høre, det vil si mindre enn 20 Hz, kaller vi infralyd. Når en lyd er lavfrekvent har lydbølgene lang bølgelengde. Dette medfører at lavfrekvent lyd er vanskeligere å dempe enn høyfrekvent lyd, og at den lettere spres over lange avstander.

## Spektrum

De fleste lyder er sammensatt av mange frekvenser med ulike lydtryknivå. Det er vanlig å angi denne sammensetningen i en grafisk framstilling som viser lydtryknivået for de enkelte frekvensene. En slik framstilling kalles et spektrum. Et spektrum kan framstilles på mange måter. Figuren viser et eksempel på lydtryknivå innen et antall frekvensbånd.



Figur 2 Spektrum

## Oktavbånd

Et frekvensbånd som har en slik bredde at den høyeste frekvensen i båndet er det dobbelte av den laveste, kalles et oktavbånd. Det er vanlig å samle de ulike frekvenskomponentene av en lyd i oktavbånd.

## Veiekurver

De fleste lyder vi hører er sammensatt av mange forskjellige frekvenser. For å kunne beskrive lydnivået til en slik lyd på en enkel måte, må man summere nivået i alle frekvensene til ett tall. Hørselen vår er ikke like følsom for alle frekvensene. Den er best i området for talefrekvensene, dårligere for basslyder og diskantlyder. Det er derfor laget en frekvensveiekurve A som etterlikner ørets følsomhet. Veiekurve A blir i stor utstrekning brukt når lydets styrke skal bedømmes. A-veid lydtryknivå i dB betegnes  $L_{pA}$ . Ofte ser man også at dBA blir brukt (dette er imidlertid ikke en standardisert betegnelse).

Veiekurve C demper ikke bass- og diskantlyd i samme grad som veiekurve A, og brukes ofte for å beskrive lavfrekvent lyd. Veiekurve C blir også en del brukt i forbindelse med verdier for maksimalnivå, blant annet i støvforskriftene til arbeidsmiljøloven. Ved høye nivåer fra ca. 100 dB og oppover, beskriver veiekurve C bedre hvordan øret oppfatter de ulike frekvensene enn veiekurve A. C-veid lydtryknivå i dB betegnes  $L_{pC}$ . Ofte ser man også at dBC blir brukt (dette er imidlertid ikke en standardisert betegnelse).

## Impulslyd

Impulslyd er kortvarige, støtvis lydtrykk med varighet på under 1 sekund.

Definisjonen av impulslyd i retningslinjen er i tråd med definisjonene i ISO 1996-1:2003. Det er her tre underkategorier av impulslyd:

- "high-energy impulsive sound": skyting med tunge våpen, sprengninger, overlydssmell fra fly og lignende
- "highly impulsive sound": for eksempel skudd fra lette våpen, hammerslag, bruk av fallhammer til spunting og pæling, pigging, bruk av presslufthammer/-bor, metallstøt fra skifting av jernbanemateriell og lignende, eller andre lyder med tilsvarende karakteristikk og påtrengende karakter, herunder for eksempel skateboardhopp (finérbane) og slag ved containerløfting
- "regular impulsive sound", eksemplifisert ved slaglyd fra ballspill (fotball, basketball osv.), smell fra bildører, lyd fra kirkeklokker, trykkluftutslipp, bilpassering ved tunnelmunning,

vindmølle (pulserende lyd fra vinge), helikopter, lavtflygende militærfly, skinneskjøt, slag fra steinknuser, slag ved brofester og lignende.

For vurdering av antall impulslydhendelser fra industri, havner og terminaler i henhold til tabell 1 og tabell 3 i retningslinjen er det hendelser som faller inn under kategorien "highly impulsive sound" som skal telles med. Ved mer detaljert vurdering etter ISO 1996-1:2003 og Nordtest-metode NT ACOU 112 bør all impulslyd tas i betraktning.

### **Støy**

Støy er definert som uønsket lyd. Hva som er uønsket lyd, vil variere fra person til person, og fra situasjon til situasjon. Det som er ønsket lyd (vellyd) i et tilfelle kan være støy i et annet tilfelle. Spiller naboen høy musikk når du skal sove, vil du trolig definere dette som støy. Dersom du selv spiller høy musikk som du liker, oppfatter du det ikke som støy.

### **Bakgrunnsstøy**

Støy som skyldes andre kilder enn de som skal undersøkes. Måleutstyr har egenstøy som også kan regnes som bakgrunnsstøy.

### **Frittfelt lydnivå**

Med frittfelt eller direktefelt menes når lydbølgene brer seg fra kilden uten å reflekteres. En mottaker i lydfeltet får da lyd bare direkte fra kilden.

### **Støysoner**

Område rundt støykilde definert ut fra støynivåer gitt i tabell 1. I retningslinjen er det benyttet en soneinndeling med gul og rød sone, der rød sone har de høyeste støynivåene

### **Bebyggelse med støyfølsomt bruksformål**

Bolig, skole, barnehage, helseinstitusjon, fritidsbolig, kirke og andre bygg med religiøs karakter, forsamlingslokale, kontorlokale eller annen bygning med tilsvarende bruksformål. Vær oppmerksom på at i retningslinje T-1442 gjelder grensene for utendørs støynivå ved boliger, sykehus, pleieinstitusjoner, fritidsboliger, skoler og barnehager. Lydkravene i byggeteknisk forskrift gjelder imidlertid også for andre typer bygninger med støyfølsom bruk, som kontorer og overnattingssteder. Bygninger som skal omfattes av de anbefalte støygrensene må være godkjent av bygningsmyndighetene for det aktuelle formål.

### **Skytefelt**

Militært anlegg for skyting med tunge våpen fra 20 mm og oppover, samt militære sprengninger. Retningslinjen omfatter foreløpig ikke støy fra skytefelt.

## **2.5 Definisjoner på spesielle fagtermer i denne rapporten**

### **Strouhal-tall**

Dimensjonsløs parameter; forholdstall på produktet av frekvens og ekvivalent dysediameter (i dette tilfellet rakettmotorenes dyser) over eksosens utgangshastighet.

### **Overlydssmell**

En karakteristisk, kraftig lydimpuls som oppstår når et objekt oppnår hastigheter større enn lydens fart i luft.

## 3 Kildedata

### 3.1 Rakettmotors lydeffekt

Det er i hovedsak trinn 1 av en flere trinns bærerakett som er hovedstøykilden ved utskyting. Det er benyttet grunnlag fra NASA [3] for å finne kildestyrken på en bærerakett. I henhold til [3] er det en direkte sammenheng mellom skyvekraft, eksoshastighet, effektivitet på motor og avgitt lydnivå. Eksoshastigheten er igjen avhengig av dysearealet på motoren.

Formelen ser slik ut:

$$L_w = 10 \log W_{OA} + 120 = 10 \log(0,005 n F U_e) + 120 [dB]$$

Hvor:

- $W_{OA}$  er raketts «overall acoustic power» (beregnes ut ifra formelverk gitt i [3])
- $nF$  er raketts totale skyvekraft (antall dyser multiplisert med skyvekraft per motor)
- $U_e$  er eksosens utgangshastighet

Dette er en entallsverdi for samlet lydeffekt. For å få frekvensverdier for oktavbånd må det benyttes en formel hvor et ubenevnt tall for strømming inngår, Strouhal-tallet  $St$ .  $St$  er frekvensavhengig og via figur 5 i [3] blir frekvenskorreksjoner for oktavbånd beregnet.

Det er tatt utgangspunkt i en bærerakett i medium klasse som er aktuelt for tiltaksområdet og som har følgende karakteristika

Tabell 1 Ytelser for rakett av type

Rakett	Tot. Skyvekraft [lbf]	Antall motorer	dysediameter [feet]	Eksoshastighet [feet/sec]
Medium	126 000	3	2	10 000

Formelverket over er basert på SI-enheter, så alle tekniske mål og ytelser for raketten er omregnet til SI.

Full dokumentasjon av disse tallene kan bli overlevert på forespørsel.

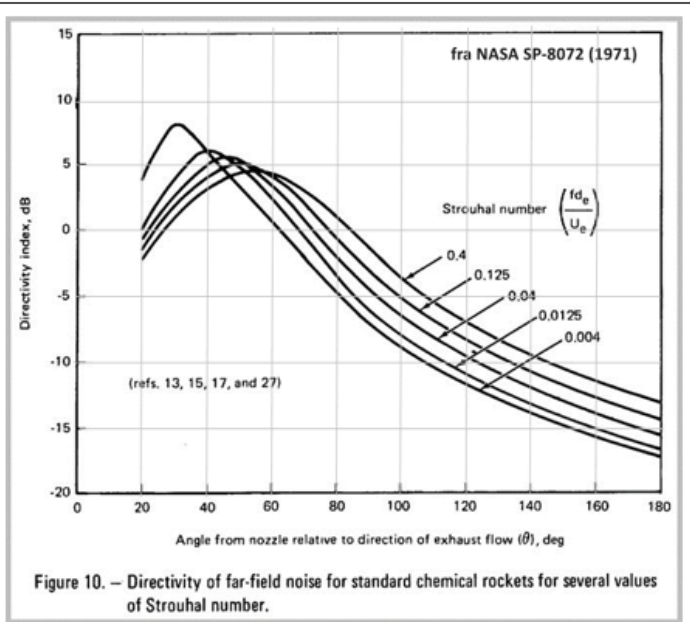
I henhold til datagrunnlaget fra NASA [3] er det ikke skilt på type drivstoff (fast / flytende) for grunnlagsdata som benyttes i rapporten.

### 3.2 Direktivitet

NASA SP-8072 angir også verdier for direktivitet for en rakettmotor. Det er vist i en figur 10 i rapporten [3]. Direktiviteten er gitt som en verdi som avhenger av Strouhal-tallet. I Figur 3 under er det tatt ut verdier for de parametere som den aktuelle rakettmotoren gir. Tabellverdiene er vist til venstre i figuren.

**Direktivitet ihht NASA SP-8072**

St ->	0,004	0,0125	0,040	0,125	0,400	
f ->	11,4	35,5	114	354,8	1135	
0	-10	-10	-10	-10	-10	Antatt
20	4	0	-1	-2	-2	
40	6	6	5	4	3	
60	1	2	3	4	4	
80	-5	-4	-2	-1	1	
100	-9	-8	-7	-5	-4	
120	-12	-11	-9	-8	-7	
140	-14	-13	-12	-11	-9	
160	-16	-15	-14	-13	-12	
180	-17	-16	-15	-14	-13	



Figur 3 Direktivitet for rakettmotor basert på NASA SP-8072

### 3.3 Lydtransmisjon i luft

Simuleringsprogrammet som benyttes er laget for å utføre beregninger for bakkenære forhold. Det har derfor vært nødvendig å korrigere for atmosfæriske forhold for lydutbredelse fra høyere luftlag. Disse korreksjonsverdiene er hentet fra [4]. Generelt er trenden at høye frekvenser attenueres i mye større grad enn lave frekvenser.

Dokumentasjon for de benyttede korreksjonsfaktorer kan overleveres på forespørsel.

## 4 Grenseverdier

Det er valgt å vurdere verdier fra støysimulering etter 2 stk sett for grenseverdier.

1. Ukjent regelverk anvendt på tilsvarende utredninger i USA som vurderer støypåvirkning på pattedyr med støysoner på henholdsvis 75 dBA, 83 dBA, 90 dBA og 97 dBA.
2. Retningslinje T-1442 [1]

En rakettoppkyting er ikke en konstant eller langvarig støyhendelse. Selve oppskytingen har en hørbar varighet på anslagsvis 1 til 2 minutter på bakkeplan. Det er derfor sett på ulike midlingstider for støyen, henholdsvis 20 sekunder, ett minutt, 2 minutter, ett døgn og 30 døgn, hvor den siste er under forutsetning av at det skytes opp ca 2 rakett per måned.

En middelveirdi for 30 dager vil med en slik oppskytingsfrekvens tilsvare årsmiddel for den samme hendelsen.

Retningslinje T-1442 har grenseverdier for industristøy og havner / terminaler som vist i Figur 4 under. Denne er en gjengivelse av tabell 3 i retningslinjen:

Støykilde	Støynivå på uteoppholdsareal og utenfor vinduer til rom med støyfølsom bruksformål	Støynivå utenfor soverom, natt kl. 23 – 07	Støynivå på uteoppholdsareal og utenfor rom med støyfølsom bruksformål, dag og kveld, kl 7 - 23	Støynivå på uteoppholdsareal og utenfor rom med støyfølsom bruksformål, lørdager	Støynivå på uteoppholdsareal og utenfor rom med støyfølsom bruksformål, søn-/helligdag
Vei	$L_{den}$ 55 dB	$L_{5AF}$ 70 dB	-		
Bane	$L_{den}$ 58 dB	$L_{5AF}$ 75 dB	-		
Flyplass	$L_{den}$ 52 dB	$L_{5AS}$ 80 dB	-		
Industri med helkontinuerlig drift	Uten impulslyd: $L_{den}$ 55 dB Med impulslyd: $L_{den}$ 50 dB	$L_{night}$ 45 dB $L_{AFmax}$ 60 dB			
Øvrig industri,	Uten impulslyd: $L_{den}$ 55 dB og $L_{evening}$ 50 dB Med impulslyd: $L_{den}$ 50 dB og $L_{evening}$ 45 dB	$L_{night}$ 45 dB $L_{AFmax}$ 60 dB	-	Uten impulslyd: $L_{den}$ 50 dB Med impulslyd: $L_{den}$ 45 dB	Uten impulslyd: $L_{den}$ 45 dB Med impulslyd: $L_{den}$ 40 dB
Havner og terminaler	Uten impulslyd: $L_{den}$ 55 dB Med impulslyd: $L_{den}$ 50 dB	$L_{night}$ 45 dB, $L_{AFmax}$ 60 dB			
Motorsport	$L_{den}$ 45 dB	Aktivitet bør ikke foregå	$L_{5AF}$ 60 dB		
Skytebaner	$L_{den}$ 35 dB	Aktivitet bør ikke foregå.	$L_{AFmax}$ 65 dB		
Vindturbiner	$L_{den}$ 45 dB	-	-		
Nærmiljøanlegg	$L_{AFmax}$ 60 dB				

▪ Ekvivalentnivåene i tabell 3 skal beregnes som årsmiddelveirdier i tråd med definisjonene av  $L_{den}$  og  $L_{night}$  (se kapittel 6). Unntaket er kategorien "øvrig industri" som på grunn av stor variasjon i driftsmønster (variasjon på 3 dB eller mer) skal beregnes som døgnmiddelveirdier (verste døgn).

Figur 4 Tabell 3 fra T-1442 [1] inkl. den første fotnoten til tabellen (årsmiddel)

- Krav til maksimalt støynivå i nattperioden gjelder der det er mer enn 10 hendelser per natt
- For industri, havner og terminaler med impulslyd (jfr. definisjon i kap.6) skal de strengere grenseverdiene legges til grunn når denne type lyd opptrer med i gjennomsnitt mer enn 10 hendelser pr. time. Alternativt kan impulslydkorreksjon beregnes ut fra metode gitt i ISO 1996-1:2003 og Nordtest-metode NT ACOU 112. De strengeste grenseverdiene bør også brukes for støy med tydelig rentonekarakter hos mottaker.

Figur 5 Ytterligere 2 fotnoter til Tabell 3 i T-1442 [1]

Det er ikke vurdert overlydssmell eller effekten av dette som en del av denne utredningen. Det er kun vurdert støy generert fra stasjonære kildepunkter.



## 5 Utførte simuleringer

### 5.1 Metodikk

Det er valgt en todelt strategi for visualisering av simuleringsdata i form av støysonekart.

1. Øyeblikksbilder – Det er utført beregninger for til sammen 9 ulike høyder hvor det er laget et øyeblikksbilde av støy fra raketten i høyder på henholdsvis ca 5 m (launch pad), 125 m, 250 m, 500 m, 1 km, 2 km, 4 km, 8 km og 16 km. Fargepalett for støysoner for disse støysonekartene er i henhold til grenseverdier angitt i kulepunkt 1 i kapittel 4 over.
2. Midlede verdier. Det er utført midling på støy fra raketten i alle de diskrete punktene som er benyttet (angitt som høyder over havnivå). Her inngår altså alle kildene med en driftstid som er tilpasset kildene  
Det er utført midling for følgende tidsrom: 20 sekunder, 1 minutt, 2 minutter, 24 timer (ett døgn) og 30 døgn (1 måned). Med en oppskytningsfrekvens på 2 rakett pr måned vil 30 døgn midlingstid også tilsvare årsmiddelverdien for aktiviteten.  
Disse støysonekartene er vist med fargepalett inndelt i henhold til grenseverdier for industri-støy i T-1442, med gul sone fra  $L_{den} = 55 - 65$  dB og rød sone for  $L_{den} > 65$  dB

### 5.2 Programvare og beregningsmetode

Støy er beregnet med støysimuleringsverktøyet CadnaA versjon 2019 MR1. Beregningsmetoden følger Nordisk Beregningsmetode for Industristøy 1996.

Som nevnt er overlydsvurderinger ikke utført i denne simuleringen.

Terrang er lagt inn som «myk mark», dvs. støyabsorberende. Havflater og andre harde overflater er lagt inn som «hard mark», dvs. støyreflekterende.

#### 5.2.1 Kildenes egenskaper

Rakettkilder er simulert som punktkilder med beregnet kildedata som beskrevet i kapittel 3.1.

Direktivitet er beregnet med utgangspunkt som beskrevet i kapittel 3.2. Kort oppsummert er direktiviteten størst ved ca. 60 grader fra dysenes utgang og minst ved rakettenes «nesetipp».

For å simulere luftabsorpsjon/refleksjon er det tatt utgangspunkt i dokument [4] som beskrevet i kapittel 3.3. Dette er lagt inn som korreksjonsledd til hvert oktavbånd for hver av de simulerte kildehøydene som ligger inne i beregningsmodellen.

Raketten er simulert til å gå rett oppover. Beregninger hvor banen knekker av ut i atmosfæren er ikke inkludert i denne rapporten.

Driftstider på kildene for de midlede verdiene ( $L_{den}$ ) er beregnet ut ifra en regresjonsfunksjon fra rakettenes ferd i atmosfæren. Det er beregnet at raketten bruker ca. 22 sekunder på å nå en høyde på 8 000 meter. Det er beregnet en driftstid, eller «varighet» på kildene basert på dette tidsrommet for hver av disse midlingene.

Beregnet regresjonsfunksjon og kildenes driftstider kan oppgis ved ønske eller behov.

## 5.2.2 Doppler-skift

På grunn av rakettenes hastighet vil det også være en endring av støybildet fra raketten som følge av et doppler-skift. Dette dopplerskiftet er, for hvert individuelle mottakerpunkt, avhengig av rakettenes hastighet og posisjon i forhold til mottakerpunktet.

Effekten av doppler-skift er at lydkomponenter fra kilden av høy frekvens vil oppleves som mer lavfrekvent i mottakerpunktene. Jo raskere raketten beveger seg, desto mer av diskanten vil bli omgjort til bass.

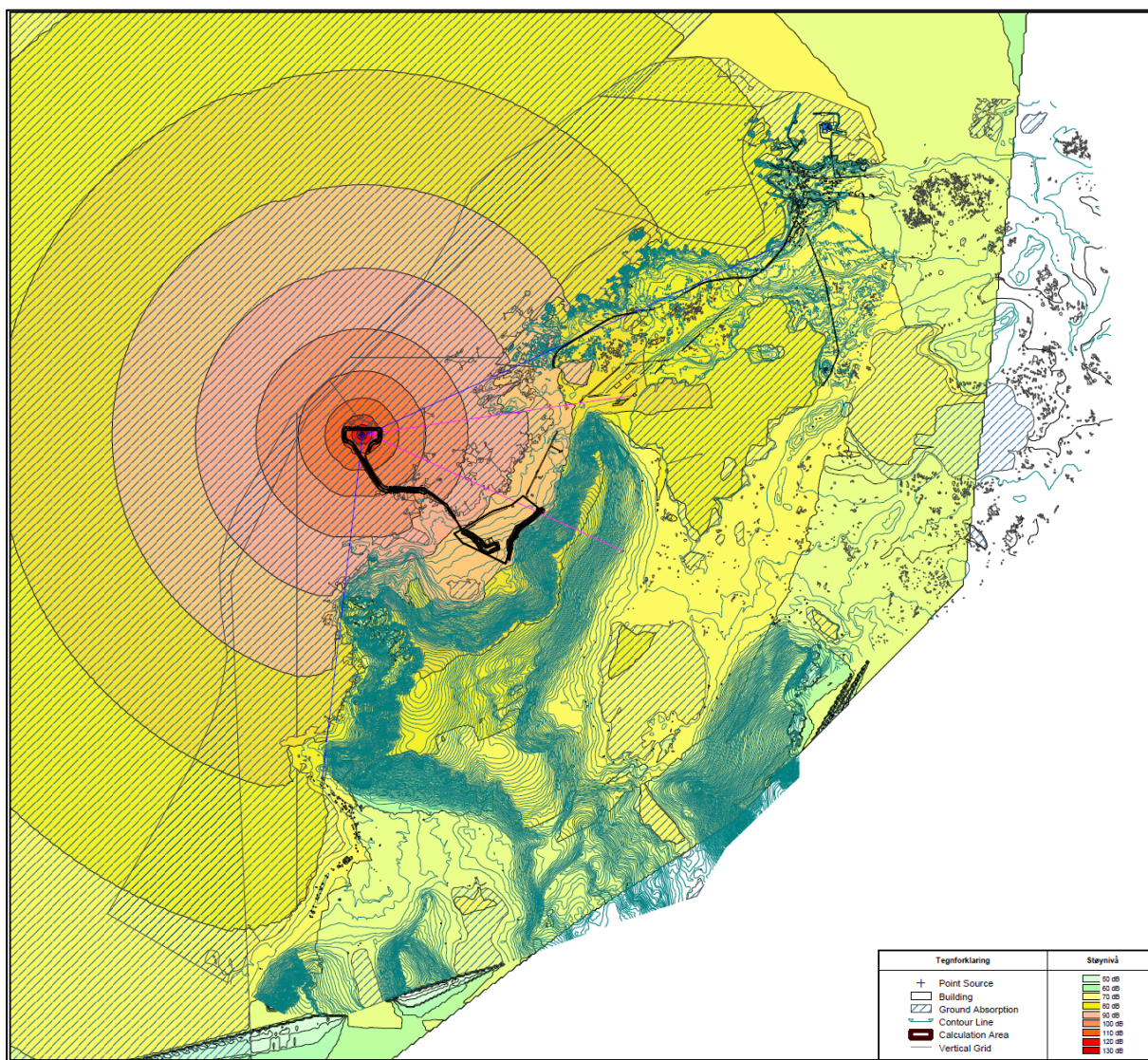
Det er ikke beregnet kilder med doppler-skift for støymodellen i denne omgangen, men det er estimert ut ifra en regresjonsfunksjon til hastigheten av raketten at dette kan ligge på mellom 5 og 6 dB forskyvning for de fleste boliger når raketten er i høyde 8000 meter over havet. Effekten av luftabsorpsjon/refleksjon som beregnet ut ifra [4] er ikke hensyntatt i dette estimatet.

## 5.3 Beregningsresultater

Støysonene skal dekke et stort influensområde og egner seg derfor lite for visning i rapport-teksten. Det henvises derfor til vedleggene til rapporten som er organisert som vist under.

- Vedlegg 1 for Øyeblikksbilder – palett i henhold til Amerikansk rapport
- Vedlegg 2 for ulike midlingstider – palett i henhold til retningslinje T-1442

I figuren på neste side er det vist et utsnitt av støysonekartet for en midlingstid på ett minutt med støysoneinndeling i henhold til T-1442 tabell 2 for industristøy uten impulsstøy.



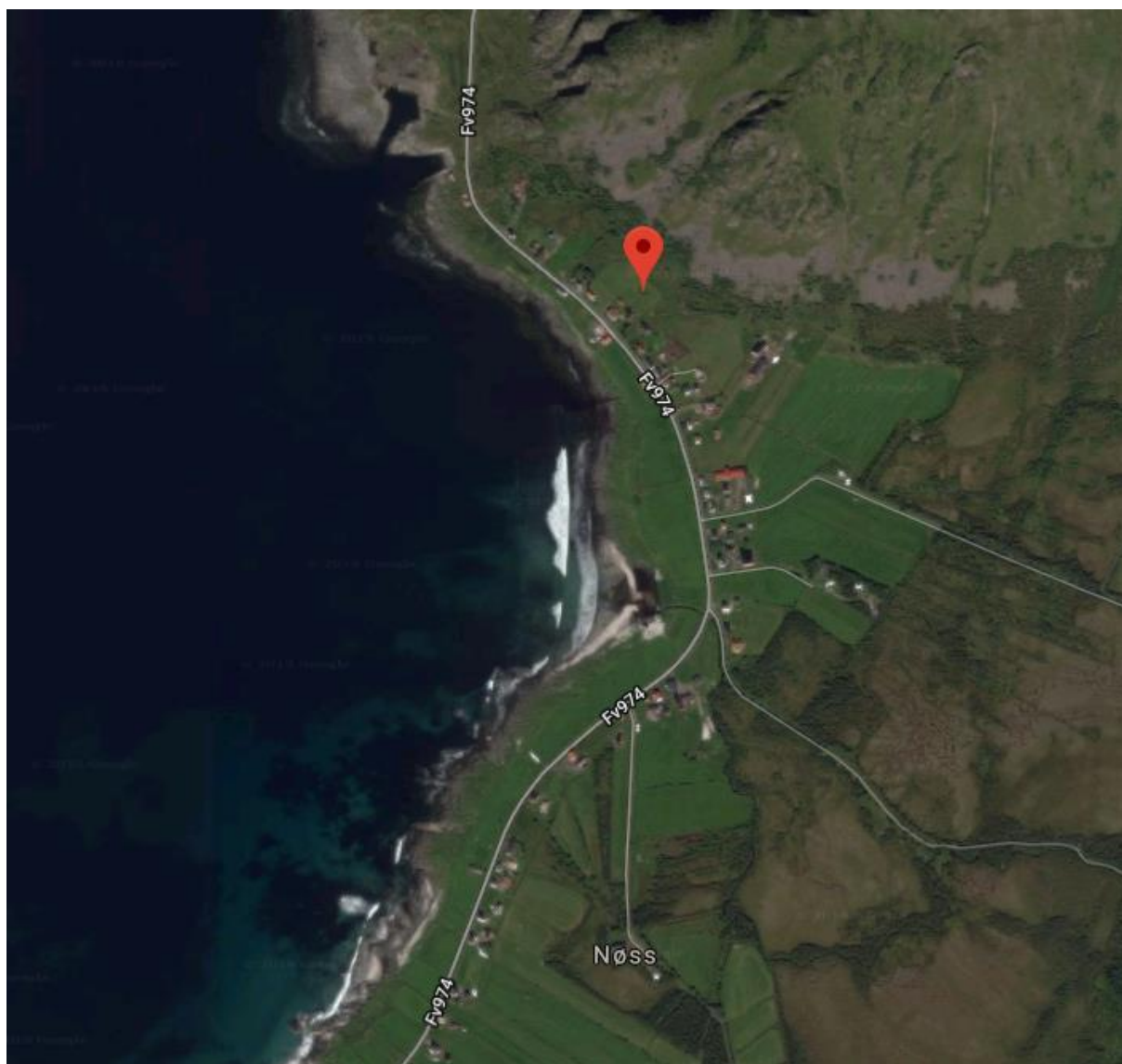
Figur 6 Støysoner for oppskyting med midlingstid 1 minutt

## 6 Vurdering av støysoner

Boligområdene i nærheten av oppskytningsbasen kan i hovedsak deles opp i 3 områder som omtalt i kommende kapitler 6.1 – 6.3.

### 6.1 Boliger sør for oppskytingsfelt

De nærmeste boligene sør for oppskytningsbasen ligger langs Fv.974 ca. 3,4 km fra oppskytningsbasen i luftlinje. Om lag 80% av disse boligene er skjermet av en stor fjellformasjon (høyeste punkt 410 meter over havet) som ligger mellom boligene og skytefeltet. Figur 7 viser et utsnitt fra googlemaps av området.



Figur 7 Boligområde sør for oppskytningsbasen ved Fv974 / Nøss. Raketttskytefeltet er nord for området på bildet.

Beregninger av øyeblikksbilder viser at fjellformasjonen har god skjermingseffekt inntil raketten får en høyde på 500 meter over havet. Neste steg (høyde 1000 meter) viser at samtlige av boligene vil

kunne merke støy hvor  $L_p > 75$  dB fra raketten videre oppover. Dette lydtryknivået vil vedvare inntil raketten når en høyde på ca. 4000 meter over havet.

## 6.2 Boliger øst/sør-øst for oppskytingsbasen

Litt sør-øst for oppskytingsbasen er det et hyttefelt nær Nøssdalsvatnet, samt et lite boligfelt nærmere Fv.976 som går forbi. Disse boligene ligger også bak den store fjellformasjonen som omtalt i kapittel 6.1. Figur 8 viser et utsnitt av området.



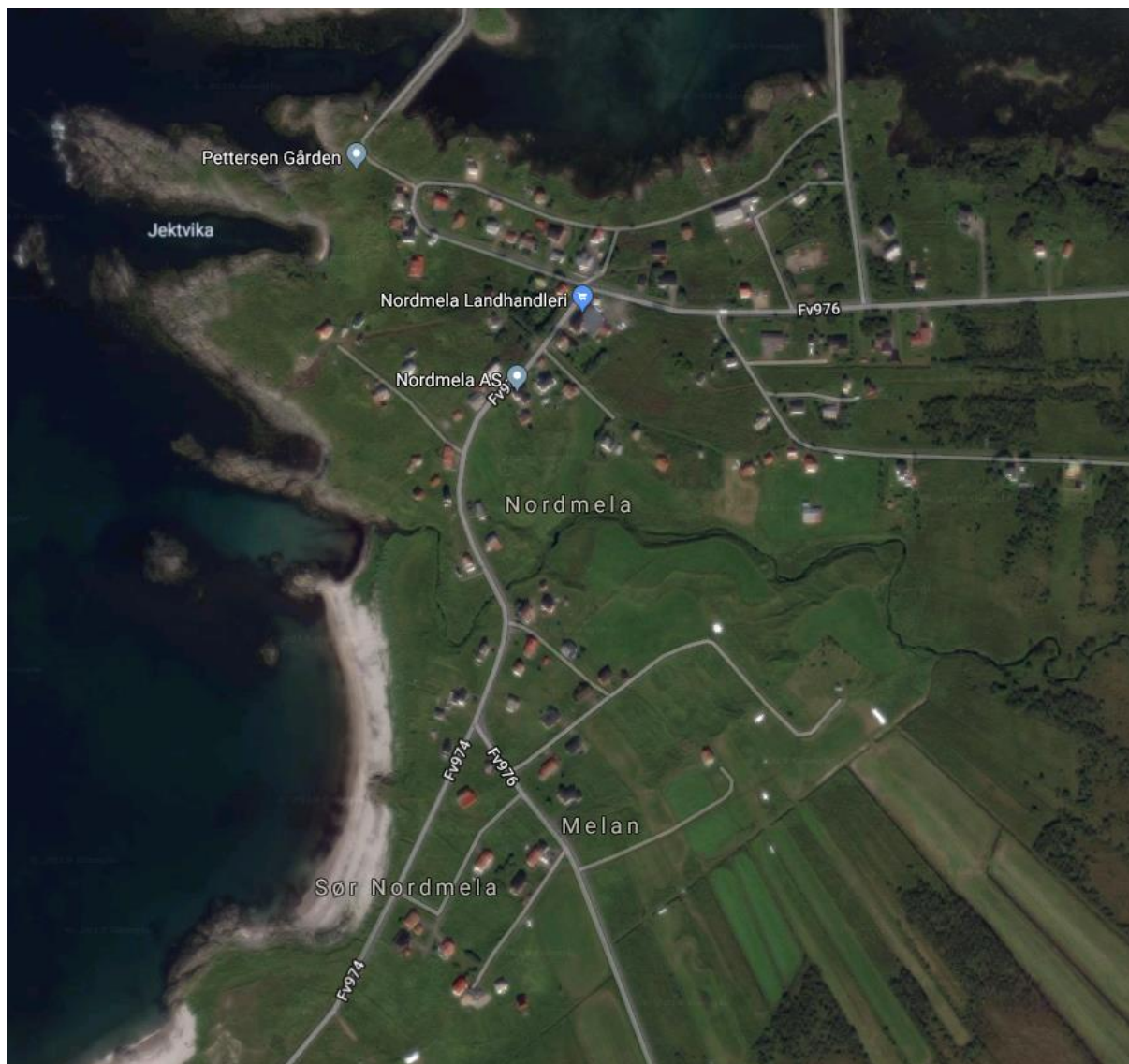
Figur 8 Boligfelt ved Fv976 øst for oppskytingsbasen og Nøssdalsvatnet. Oppskytingsbasen er vest for området på bildet.

Det er også noen få hytter ved Melavatnet litt lenger nord.

Med unntak av to hytter ved Melavatnet, ligger det simulerte øyeblikksnivået på  $L_p < 75$  dB inntil raketten får en høyde på ca. 500 meter over havet. Støyen vil øke til ca.  $L_p = 76$  dB for de fleste boligene her inntil raketten passerer høyde 2000 meter over havet, hvor støyen deretter vil avta med stigende høyde.

## 6.3 Boliger nord-øst for oppskytingsbasen

Nord-øst for oppskytingsbasen ligger Nordmela. Boliger i nærheten her har ikke terreng som skjærer slik som tidligere nevnte boliger. Figur 9 viser utsnitt fra googlemaps av området.



Figur 9 Område ved Nordmela. Oppskytingsbasen er sørvest for området på bildet.

Samtlige boliger ved Nordmela vil oppleve støy fra tenning/lift-off til raketten har nådd en høyde på ca. 4000 m, hvor det simulerte lydtrykket vil kunne være  $L_p < 73$  dB. Mest støy oppleves i det raketten tar av, hvor lydtrykket  $L_p$  er simulert til å komme opp i nærmere 86 dB for boligene nærmest oppskytingsfeltet.

## 7 Anleggsfasen

Det er i denne sammenheng vurdert dithen at anleggsplasser for opparbeiding av oppskytningsbase for små satellitter ligger så langt fra støyfølsom bebyggelse at det ikke vil oppstå støykonflikter.

All transport til og fra byggeplassene vil foregå på offentlig vei og transporten vil ikke falle innunder grenseverdier for bygge- og anleggsstøy.

Eventuelle massetak som berører støyfølsom bebyggelse vil være underlagt tillatelser og grenseverdier for massetaket. Transport fra massetak til anleggsplassene vil gjøres på offentlig vei og vil ikke være en del av tiltaket.

## 8 Avbøtende tiltak

For normal oppskyting er det liten mulighet til å utføre avbøtende tiltak i form av skjermingstiltak eller andre støyreducerende tiltak. Det skyldes at virketiden for rakettmotoren på bakkenivå er veldig kort og med en gang raketten stiger til værs er det ingen muligheter til å redusere støyen fra den.

Når det gjelder driftstider vil det med tanke på støy til omgivelsene være en fordel å foreta utskytinger helst på dagtid i tidsrommet 07 – 19 eller sekundært på kveldstid kl 19 – 23. Det bør så langt det lar seg gjøre unngås å skyte opp raketten i tidsperioden natt, da det er mer følsomt mht støy til boliger og overnattingssteder.



## 9 Samlet vurdering

Boliger i områdene omtalt i kapittel 6 vil kunne bli utsatt for merkbar støy når raketter skytes opp, og dette lydtryknivået kan sammenliknes opp mot grenseverdier for maksimalnivå gitt i T-1442 for andre utendørs støykilder.

Rakettens høye lydeffekt, sammen med nevnt doppler-skift og luftabsorpsjon/attenuasjon, vil medføre at mye av denne støyen har høye bass-komponenter (lav-frekvent støy). Dette innebærer at støy fra raketten når den har fått litt høyde oppleves mest som en dyp «romling», og slik basslyd går også lettere gjennom fasader på hus. Bøtemiddel for å redusere denne type støy er enten tunge konstruksjoner (mur / betong) eller tradisjonelle lette konstruksjoner med økt stivhet. Et lydtryknivå på 75 dB kan derfor være mer enn nok til at personer kan bli vekket på natten dersom raketten blir sendt opp på nattestid, ref. kommentar i kapittel 8.

Med to oppskytinger i måneden, vil ikke det årsmidlede nivået for  $L_{den}$  være et aktuelt problem.

## 10 Referanser

- [1] «T-1442 Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging», 2016. Utgitt av Miljødirektoratet
- [2] Miljøverndirektoratet, «M-128 Veileder til retningslinjer for behandling av støy i arealplanlegging (T-1442/2016)», utgitt i 2016.
- [3] “Acoustic loads generated by the propulsion system”, dokument nr. NASA SP-8072 datert juni 1971, utarbeidet av NASA (National Aeronautics and Space Administration, USA)
- [4] “Atmospheric absorption in the atmosphere up to 160 km”, skrevet av Louis C. Sutherland og Henry E. Bass.