

# Rapport

## Støysoner etter T-1442/2012 for Tønsberg flyplass, Jarlsberg

### Forfatter(e)

Idar Ludvig Nilsen Granøien  
Herold Olsen  
Femke Berre Gelderblom



Foto: Tor Heggernes Bjørnsund

**SINTEF IKT**

Postadresse:  
Postboks 4760 Sluppen  
7465 Trondheim

Sentralbord: 73593000  
Telefaks:

postmottak.IKT@sintef.no  
www.sintef.no  
Foretaksregister:  
NO 948 007 029 MVA

# Rapport

## Støysoner etter T-1442/2012 for Tønsberg flyplass, Jarlsberg

**EMNEORD:**

Akustikk; støy

**VERSJON**

1.0

**DATO**

2013-12-02

**FORFATTER(E)**

Idar Ludvig Nilsen Granøien  
Herold Olsen  
Femke Berre Gelderblom

**OPPDRAKSGIVER(E)**

Jarlsberg Luftsportssenter BA

**OPPDRAKSGIVERS REF.**

Tone D. Bergan

**PROSJEKTNR**

102005393

**ANTALL SIDER OG VEDLEGG:**

34, ingen vedlegg

**SAMMENDRAG**

Det er utarbeidet støysonekart for Tønsberg flyplass Jarlsberg i henhold til reglene i Miljøverndepartementets retningslinje T-1442/2012. Støyberegningene foretas med NORTIM, verktøyet som tar hensyn til topografi ved beregning av lydutbredelse. Støysonekartet er basert på flytrafikken for året 2012 og en 10 års prognose for aktiviteten.

Det er i tillegg utarbeidet et støysonekart for modellflyaktiviteten etter grenseverdier for motorsportbaner.

**UTARBEIDET AV**

Idar Ludvig Nilsen Granøien

**SIGNATUR****KONTROLLERT AV**

Rolf Tore Randeberg

**SIGNATUR****GODKJENT AV**

Odd Kristen Østern Pettersen

**SIGNATUR****RAPPORTNR**

SINTEF A25597

**ISBN**

978-82-14-05334-0

**GRADERING**

Åpen

**GRADERING DENNE SIDE**

Åpen

# Historikk

---

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
0.1	2013-11-05	Første utkast til rapport

---

1.0	2013-12-02	Endelig versjon inkluderer en korrigering i kapittel 7.2
-----	------------	--

---

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>INNLEDNING.....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>GENERELT OM FLYSTØY .....</b>	<b>6</b>
2.1	Flystøyens egenskaper og virkninger .....	6
2.1.1	Søvnforstyrrelse som følge av flystøy.....	6
2.1.2	Generell sjenanse som følge av flystøy .....	7
<b>3</b>	<b>MILJØVERNDEPARTEMENTETS RETNINGSLINJE .....</b>	<b>8</b>
3.1	Måleenheter .....	8
3.2	Støysoner til arealplanlegging.....	9
3.2.1	Definisjon av støysoner .....	9
3.2.2	Utarbeidelse av støysonekart og implementering i kommunale planer .....	9
3.3	Beregningsmetode.....	10
3.3.1	Dimensjonering av trafikkgrunnet .....	10
3.3.2	Beregningsprogrammet NORTIM .....	10
3.3.3	Beregningsmetode for modellfly.....	11
<b>4</b>	<b>KARTLEGGING I HENHOLD TIL FORSKRIFT TIL FORURENSNINGSLOVEN .....</b>	<b>12</b>
4.1	Innendørs støy .....	12
4.1.1	Strategisk støykartlegging.....	12
<b>5</b>	<b>OMGIVELSER .....</b>	<b>13</b>
5.1	Digitalt kartgrunnlag .....	13
5.2	Digital terrengmodell .....	13
5.3	Rullebaner .....	14
<b>6</b>	<b>ATIVITETEN PÅ JARLSBERG .....</b>	<b>15</b>
6.1	Flytrafikken .....	15
6.2	Modellflyaktiviteten.....	16
<b>7</b>	<b>FLYMØNSTER OG FORDELING AV TRAFIKKEN .....</b>	<b>17</b>
7.1	Trasémønster .....	17
7.2	Flygeprofiler .....	22
7.3	Modellering av modellflyvirksomheten.....	22
<b>8</b>	<b>BEREGNINGSPARAMETERE .....</b>	<b>24</b>
8.1	Beregning av flystøy.....	24
8.2	Beregning av støy fra modellflyvirksomheten .....	24

<b>9</b>	<b>RESULTATER RELATERT TIL RETNINGSLINJE T-1442 .....</b>	<b>25</b>
9.1	Flystøysoner .....	25
9.2	Støysoner for modellflyvirksomheten .....	28
9.3	Støysoner for samlet virksomhet.....	30
<b>10</b>	<b>RESULTATER RELATERT TIL FORURENSINGSFORSKRIFTEN .....</b>	<b>31</b>
<b>11</b>	<b>VURDERING AV RESULTATER .....</b>	<b>32</b>
<b>12</b>	<b>LITTERATUR.....</b>	<b>33</b>

## 1 INNLEDNING

SINTEF er engasjert av Jarlsberg Luftsportssenter BA for å utarbeide støysonkart for Tønsberg flyplass Jarlsberg. Virksomheten ved flyplassen består av både ordinær flytrafikk, men også aktivitet med modellflyging. Kontaktperson hos oppdragsgiver har vært Tone D. Bergan.

Prosjektet er utført ved SINTEF IKT av Femke B. Gelderblom, Herold Olsen og Idar L. N. Granøien med sistnevnte som prosjektleder. Prosjektansvarlig i SINTEF IKT har vært Odd Kr. Ø. Pettersen.

Denne rapporten har et standard format med gjennomgang av grunnlagsmateriale for regelverket i Norge, presentasjon av beregningsprogrammet, beskrivelse av dataunderlaget og til slutt resultatene fra beregningene.

## 2 GENERELT OM FLYSTØY

Hensikten med dette kapitlet er å gi en forenklet innføring om hvordan flystøy virker på mennesker. Framstillingen baserer seg på anerkjent viten fra det internasjonale forskningsmiljøet.

### 2.1 Flystøyens egenskaper og virkninger

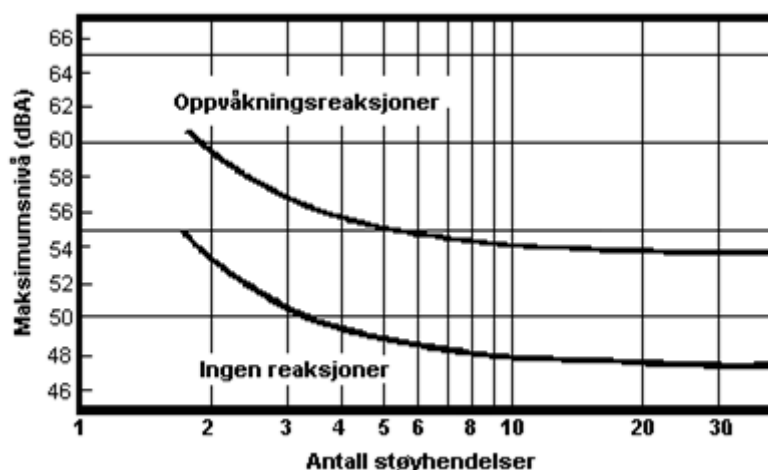
Flystøy har en del spesielle egenskaper som gjør den forskjellig fra andre typer trafikkstøy. Varigheten av en enkelt støyhendelse er forholdsvis lang, nivåvariasjonene fra gang til gang er gjerne store og støynivåene kan være kraftige. Det kan også være lange perioder med opphold mellom støyhendelsene. Flystøyens frekvensinnhold er slik at de største bidrag ligger i ørets mest følsomme område og det er derfor lett å skille denne lyden ut fra annen bakgrunnsstøy; så lett at man ofte hører flystøy selv om selve støynivået ikke beveger seg over nivået bakgrunnsstøyen.

Folk som utsettes for flystøy rapporterer flere ulemper. De to viktigste typer er forstyrrelse av søvn eller hvile og generell irritasjon eller sjenanse. Det er viktig å merke seg at fare for hørselsskader begrenses til de personer som jobber nær flyene på bakken.

#### 2.1.1 Søvnforstyrrelse som følge av flystøy

Det er bred internasjonal enighet om at **vekking** som følge av flystøy kan medføre en risiko for helsevirkninger på lang sikt, se litteraturlisten ref. [1]. Det er **ikke** konsensus på hvorvidt **endring av søvnstadium** (søvn dybde) har noen negativ effekt alene, dersom dette ikke medfører vekking. (Disse betraktninger kan ikke anvendes for andre typer trafikkstøy hvor støynivået varierer mindre og ikke er totalt fraværende i perioder slik som flystøy kan være.)

Risiko for vekking er avhengig av hvor høyt støynivå en utsettes for (maksimumsnivå) og hvor mange støyhendelser en utsettes for i løpet av natten. Det er normalt store individuelle variasjoner på når folk reagerer på støyen. Derfor brukes oftest en gitt sannsynlighet for at en andel av befolkningen vekkes for å illustrere hvilke støynivå og antall hendelser som kan medføre vekking, som illustrert i Figur 2-1.



Figur 2-1. 10 % sannsynlighet for vekking resp. søvnstadiumsendring. Sammenheng mellom maksimum innendørs støynivå og antall hendelser [1].

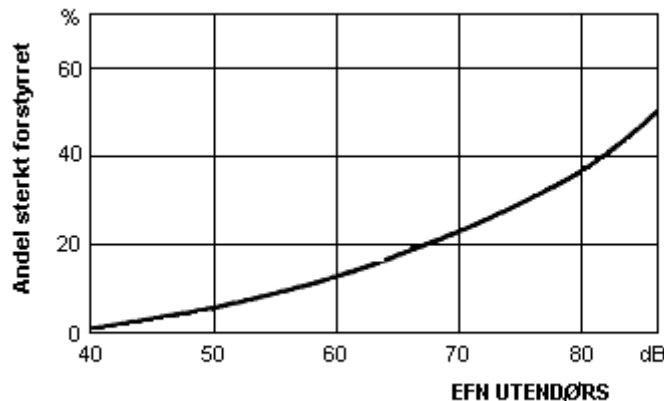
Figuren viser at man tåler høyere støynivå uten å vekkes dersom støynivået opptrer sjelden. Når det blir mer enn ca. 15 støyhendelser i søvnperioden er ikke antallet så kritisk lenger. Da er det 10 % sjanse for vekking dersom nivåene overstiger 53 dBA i soverommet.

### 2.1.2 Generell sjenanse som følge av flystøy

Generell støysjenanse kan betraktes som en sammenfatning av de *ulemp*er som en opplever at flystøyen medfører i den perioden man er våken. De mest vanlige beskrivelser er knyttet til *stress og irritasjon*, samt *forstyrrelser ved samtale og lytting* til radio, fjernsyn og musikk (se [2-6] for en grundigere beskrivelse). Det er mulig å kartlegge disse faktorene enkeltvis og samlet gjennom spørreundersøkelser i støyutsatte områder.

Det er gjort en rekke undersøkelser hvor flystøy er relatert til ekvivalent støynivå, “gjennomsnittsnivået”. Figur 2-2 fra ref. [3] viser en gjennomsnitts middelkurve for de som ble ansett som de mest pålitelige av disse undersøkelsene. Antallet som føler seg “sterkt forstyrret” av flystøy er relatert til den norske måleenhet ekvivalent flystøynivå (EFN).

En stor undersøkelse fra Fornebu bekreftet i store trekk både kurveform og rapportert sjenanse for flystøy ved de normalt forekommende belastningsnivåer i boligområder innenfor flystøysonene [4]. Tilsvarende funn ble gjort ved Værnes og i Bodø [5].



**Figur 2-2. Middelkurve for prosentvis antall sterkt forstyrret av flystøy som funksjon av ekvivalent flystøynivå utendørs [3].**



### 3 MILJØVERNDEPARTEMENTETS RETNINGSLINJE

Miljøverndepartementet ga i juli 2012 ut retningslinje T-1442/2012 for behandling av støy fra forskjellige støykilder [7]. Denne erstattet retningslinje T-1442 fra januar 2005. T-1442 endret i sin tid både måleenheter og definisjoner av støysoner.

#### 3.1 Måleenheter

En sammensatt støyindikator, som på en enkel måte skal karakterisere den totale flystøybelastning, og derved være en indikator for flest mulige virkninger, må ta hensyn til følgende faktorer ved støyen: Nivå (styrke), spektrum (farge), karakter, varighet, samt tid på døgnet. Måleenheten for flystøy må i rimelig grad samsvare med de ulemper som vi vet flystøy medfører. Et høyt flystøynivå må indikere høy ulempe.

På begynnelsen av 1980-tallet ble det i Norge utarbeidet to spesielle enheter for karakterisering av flystøy, nemlig Ekvivalent Flystøynivå (EFN) og Maksimum Flystøynivå (MFN), begge basert på lydnivåmålinger i dBA. Enhetene ble definert i ref. [6] og lagt til grunn i retningslinjen fra 1984 og senere i 1999. Ved innføringen av ny retningslinje i 2005 ble enhetene erstattet med henholdsvis  $L_{den}$  og  $L_{5AS}$ .

$L_{den}$  er det mål som EU har innført som en felles måleenhet for ekvivalentnivå. Måleenheten legger forskjellig vekt på en støyhendelse i forhold til når på døgnet hendelsene forekommer. På natt er vekt faktoren 10, på dag er den 1. På kveld adderer  $L_{den}$  5 dB til støyhendelsene. Et tillegg på 5 dB tilsvarer at ett fly på kveld teller som drøyt 3 på dagtid, mens et fly på natt teller som 10 på dag. T-1442 følger den internasjonalt mest vanlige inndelingen av døgnet ved at dagtid er definert fra kl. 07 til 19, kveld er mellom kl. 19 og 23, mens natta strekker seg fra kl. 23 til 07.

MFN var definert som det høyeste A-veide lydnivå som regelmessig forekommer i et observasjonspunkt, og som klart kan tilskrives flyoperasjoner. "Regelmessig" ble definert til en hyppighet på minimum 3 ganger per uke. I T-1277 ble det regnet separat maksimumsnivå for natt (22–07) og dag (07–22). MFN var ment å skulle gi utslag dersom maksimumsnivå skulle gi større ulemper enn det som beregnet ekvivalentnivå skulle innebære.

Maksimumsnivået  $L_{5AS}$  er i [7] definert som det lydnivå "som overskrides av 5 % av hendelsene i løpet av en nærmere angitt periode, dvs. et statistisk maksimalnivå i forhold til antall hendelser". Denne enheten kommer bare til anvendelse for hendelser som forekommer på natt mellom 23 og 07, og var ment å skulle erstatte MFN på natt.  $L_{5AS}$  vil imidlertid ikke identifisere de nivå som kan skape problem for søvnforstyrrelse relatert til Figur 2-1. Antallet "hendelser" vil kunne variere fra flyplass til flyplass og fra område til område ved en og samme flyplass. Når dimensjonerende nivå defineres til å være en prosentstø, vil man derfor ikke uten videre vite hvor mange hendelser dette representerer.

Retningslinje T-1442/2012 definerer forøvrig ikke begrepet "hendelse". Det betyr at det ikke er gitt hvor mye støy som skal til for at man skal inkludere noe som en hendelse. I veilederen til T-1442/2012 [8] er dette imidlertid rettet på, slik at det er mulig å beregne størrelsen. Avklaringen i veilederen medfører at  $L_{5AS}$  beregnes som MFN på natt, med den forskjell at tidsrommet som betraktes er redusert med en time på kvelden, siden  $L_{5AS}$  beregnes for tidsrommet 23–07. Dette er i tråd med uttalt intensjon om at overgang fra MFN til  $L_{5AS}$  alene ikke skulle medføre endringer.

**Tabell 3-1. Oppsummering av måleenheter.**

Måleenhet	Forklaring
$L_{den}$	A-veiet ekvivalent lydtrykknivå for et helt døgn, korrigert for dag-, kveld- og nattperioder, henholdsvis 0 dB, 5 dB og 10 dB.
$L_{5AS}$	Det A-veide nivå målt med tidskonstant «Slow» på 1 sek som overskrides i 5 % av hendelsene i løpet av en nærmere angitt periode (T-1442 benytter 8-timers nattperiode 23-07) dvs et statistisk maksimalnivå i forhold til antall hendelser.
$L_{p,Aeq,T}$ $L_{AeqT}$	Det ekvivalente lydnivået (angis også som $L_{Aeq}$ ) er et mål på gjennomsnittlig (energimidlet) nivå for støy over en bestemt periode T (oftest 24 timer).
$L_{night}$	A-veiet ekvivalentnivå for 8-timers nattperiode 23-07.
$L_{p,AFmax}$	A-veiet maksimalt nivå målt med tidskonstant «Fast».

### 3.2 Støysoner til arealplanlegging

T-1442/2012 definerer 2 støysoner, gul og rød sone til bruk i arealplanlegging. I tillegg benyttes betegnelsen ”hvit sone” om området utenfor støysonene. Kommunene anbefales også å etablere ”grønne soner” på sine kart for å markere ”stille områder som etter kommunens vurdering er viktige for natur- og friluftsinnteresser”. Hvit og grønn sone skal med andre ord ikke betraktes som støysoner.

#### 3.2.1 Definisjon av støysoner

Støysonene defineres slik at det i ytterkant av gul sone kan forventes at inntil 10 % av en gjennomsnitts befolkning vil føle seg sterkt plaget av støyen. Det betyr at det vil være folk som er plaget av støy også utenfor støysonene.

De to støysonene er i retningslinjen definert som vist i den følgende tabell. Det fremgår at hver sone defineres med 2 kriterier. Hvis ett av kriteriene er oppfylt på et sted, så faller stedet innenfor den aktuelle sonen – det er med andre ord et ”eller” mellom kolonnene. I tabellen er det også tatt inn grenseverdier for motorsport ettersom det er reglene for disse som legges til grunn ved vurdering av støy fra modellflyaktivitet.

**Tabell 3-2. Kriterier for soneinndeling. Ytre grense i dB, frittfeltsverdier.**

Støykilde	Støysone			
	Gul sone		Rød sone	
	Utendørs støynivå	Utendørs støynivå i nattperioden kl. 23 – 07	Utendørs støynivå	Utendørs støynivå i nattperioden kl. 23 – 07
Flyplass	$L_{den}$ 52 dB	$L_{5AS}$ 80 dB	$L_{den}$ 62 dB	$L_{5AS}$ 90 dB
Motorsport	$L_{den}$ 45 dB $L_{5AF}$ 60 dB	Aktivitet bør ikke foregå	$L_{den}$ 55 dB $L_{5AF}$ 70 dB	Aktivitet bør ikke foregå

#### 3.2.2 Utarbeidelse av støysonkart og implementering i kommunale planer

Ansvar for utarbeidelse av kart som viser støysonene legges til tiltakshaver ved nye anlegg, mens anleggseier eller driver har ansvar for eksisterende anlegg. De ansvarlige oversender kartene til kommunen og har også et ansvar for å oppdatere kartene dersom det skjer vesentlige endringer i støysituasjonen. Normalt skal kartene vurderes hvert 4.–5. år.

Det skal utarbeides støysonekart for dagens situasjon og aktivitetsnivå og en prognose 10–20 år fram i tid. Kartet som oversendes kommunen skal settes sammen som en verste situasjon av de to beregningsalternativene.

Kommunene skal inkludere og synliggjøre støysonekartene i kommuneplan. Retningslinjen har flere forslag til hvordan dette kan gjøres. For varige støykilder er det foreslått å legge sonene inn på selve kommuneplankartet som støybetinget restriksjonsområde. Det anbefales at kommunene tar inn bestemmelser tilknyttet arealutnyttelse innenfor støysonene og at det skal stilles krav til reguleringsplan for all utbygging av støyømfintlig bebyggelse innenfor rød og gul sone.

Følgende regler for arealutnyttelse er angitt i retningslinjen:

- **rød sone**, nærmest støykilden, angir et område som ikke er egnet til støyfølsomme bruksformål, og etablering av ny støyfølsom bebyggelse skal unngås.
- **gul sone** er en vurderingssone, hvor støyfølsom bebyggelse kan oppføres dersom avbøtende tiltak gir tilfredsstillende støyforhold.

### 3.3 Beregningsmetode

Vurdering av flystøy etter Miljøverndepartementets retningslinjer gjøres kun mot støysonegrenser som er beregnet, dvs. at man ikke benytter målinger lokalt for å fastsette hvor grensene skal gå. Den beregningsmodellen som benyttes i Norge (se avsnitt 3.3.2), er imidlertid basert på en database som representerer en sammenfatning av et omfattende antall målinger. Under forutsetning av at beregningsmodellen nyttes innenfor sitt gyldighetsområde og at datagrunnlaget gir en riktig beskrivelse av flygemønsteret rundt flyplassen, så må det derfor gjøres meget lange måleserier for å oppnå samme presisjonsnivå som det beregningsprogrammet gir.

Målinger kan nyttes som korrigerende supplement ved kompliserte utbredelsesforhold, ved spesielle flygeprosedyrer, eller når beregningsprogrammet eller dets database er utilstrekkelig.

#### 3.3.1 Dimensjonering av trafikkgrunnlaget

I retningslinje T-1277 ble det lagt til grunn at den travleste sammenhengende 3-måneders periode på sommerstid (mellom 1. mai og 30. september) skulle benyttes som trafikkgrunnlag. Sommeren har vært valgt siden EFN ble innført som måleenhet, basert på en antakelse om at sommeren representerte den tid av året da støyen hadde størst negative utslag i forhold til utendørs aktivitet. Også det faktum at flere sover med åpent vindu om sommeren ble tillagt vekt.

Veilederen til T-1442/2012 legger seg opp til reglene fra EU direktiv 2002/49/EC<sup>1</sup> om at det skal benyttes et årsmiddel av trafikken. Det gis imidlertid en liten åpning for fortsatt å bruke 3 måneder på sommeren dersom trafikken er sterkt sesongpreget (turisttrafikk).

Militære øvelser som forekommer minst hvert 2. år, skal inngå i trafikkgrunnlaget.

#### 3.3.2 Beregningsprogrammet NORTIM

Fra 1995 beregnes flystøy i Norge med det norskutviklede dataprogrammet NORTIM [9, 10] eller spesialutgaver av dette (REGTIM og GMTIM). Programmene er utviklet av SINTEF for de norske luftfartsmyndigheter og var opprinnelig basert på rutiner fra programmet Integrated Noise Model (INM), utviklet for det amerikanske luftfartsverket, FAA. Programmene har imidlertid gjennomgått en betydelig modernisering og har svært lite igjen av den opprinnelige kildekode.

<sup>1</sup> EU Directive 2002/49/EC Assessment and management of environmental noise.

Det unike med NORTIM er at det tar hensyn til topografiens påvirkning av lydutbredelse, samt lydutbredelse over akustisk reflekterende flater. NORTIM beregner i en og samme operasjon alle de aktuelle måleenheter som er foreskrevet i retningslinjene. Beregning av MFN og EFN er således supplert med  $L_{den}$  og  $L_{5AS}$ . Andre støymål som beregnes er blant annet ekvivalentnivået,  $L_{Aeq}$ , for dag og for natt eller for hele det dimensjonerende middeldøgn. Beregningsresultatene fremkommer som støykurver (sonegrenser) som kan tegnes i ønsket målestokk. Alle resultatene leveres på SOSI filformat.

NORTIM programmene ble i 2002 endret ved at nye algoritmer for beregning av bakkedemping og direktivitet [11] ble tatt i bruk. Årsaken var at den moderne flyparken har andre karakteristika enn de som ble benyttet da de grunnleggende rutiner ble utviklet sent på 1970 tallet. De gamle rutiner var utelukkende empirisk utviklet, mens de nye er en blanding av empiri og teori. Bakkedemping er basert på en teoretisk modell [12], mens direktivitet er basert på måleserier på Gardermoen i 2001 [13] og således empiriske. Etter endringene viser sammenligninger av lang tids målinger og beregninger for tilsvarende trafikk et avvik på i gjennomsnitt under 0.5 dB [11].

Beregningsprogrammet inneholder en database for 275 ulike flytyper. Databasen er i hovedsak en kopi av INM 6.0c databasen [14] og senere oppdateringer av denne, supplert med profiler fra NOISEMAP [15] og med korrigerede støydata for 2 flyfamilier [11]. Ved bruk av en liste over substitutter for flytyper som ikke inngår i databasen, kan det beregnes støy fra omlag 650 forskjellige typer fly. I tillegg er det mulig å legge inn brukerdefinerte data for fly- og helikoptertyper som ikke er definert i databasen. I slike situasjoner hentes data fra andre anerkjente kilder eller egne målinger.

### 3.3.3 Beregningsmetode for modellfly

I følge veilederen til retningslinjen [8] skal modellflyvirksomhet behandles som motorsport. Til dette formål benyttes andre beregningsmodeller enn NORTIM. I dette tilfelle velges beregningsprogrammet MILSTØY som benytter utbredelsesrutiner fra Nordisk Industristøymetode.

Veilederen til T-1442 angir at modellfly har typisk lydeffekt  $L_{WA} = 100-105$  dB. Dette gjelder ikke for modellfly med elektromotorer. Disse er normalt 20 dB lavere og er derfor neglisjerbare.

## 4 KARTLEGGING I HENHOLD TIL FORSKRIFT TIL FORURENSNINGSLOVEN

Forskrift om grenseverdier for lokal luftforurensning og støy ble første gitt ved kongelig resolusjon 30. mai 1997, med virkning fra 1. juli samme år. Forskriften er hjemlet i forurensningsloven, ble senest revidert i 2004 [16] og omtales nå som forurensningsforskriften.

### 4.1 Innendørs støy

Forurensningsforskriften fastsetter grenseverdier som skal utløse kartlegging og utredning av tiltak mot støy. Kartleggingsgrensen er satt til døgnekvivalent nivå ( $L_{Aeq,24h}$ ) på 35 dBA innendørs når bare en støytype dominerer. Dersom flere likeverdige kilder er til stede, senkes kartleggingsgrensen for hver støykilde med 3 dB til 32 dBA.

Flystøy beregnes for utendørs nivå. Det må derfor gjøres forutsetninger om hvor stor støyisolasjon (demping) husets fasader medfører for å kunne gjøre resultatene om til innendørsnivå. Fasadeisolasjon varierer med frekvensinnhold i støyen. Lave frekvenser (basslyder) går lettere gjennom, mens høye frekvenser (diskant) dempes bedre. Det betyr at forskjellige flytyper har ulik støydemping gjennom en fasade. Basert på Norges Byggforskningsinstitutt utredning om fasadeisolasjon [17] er det i [18] valgt tre forskjellige tall for fasadeisolasjon avhengig av hvilke flytyper som er støymessig dominant på hver flyplass. Grenseverdi for kartlegging baseres på de hustyper som gir minst demping i fasaden. Ut fra dette gjelder følgende grenseverdier for beregnet utendørs døgnekvivalent nivå ( $L_{Aeq,24h}$ ):

**Tabell 4-1. Kartleggingsgrenser i henhold til forurensningsloven.**

Flyplasstype	Støymessig dominerende flytype	Minimum fasadeisolasjon i vanlig bebyggelse	Kartleggingsgrense relativt til frittfeltsnivå
<b>Regionale flyplasser</b>	Propellfly	18 dBA	53 dBA (35+18)
<b>Stamruteplasser / militære flyplasser</b>	Jagerfly	23 dBA	58 dBA (35+23)
<b>Stamruteplasser</b>	Støysvake jetfly	26 dBA	61 dBA (35+26)

Tiltak på bygninger skal gjøres dersom innendørs støynivå overstiger 42 dBA døgnekvivalent nivå. En tentativ tiltaksgrense vil derfor ligge 7 dB over den kartleggingsgrense som for hvert tilfelle framkommer av tabellen over.

#### 4.1.1 Strategisk støykartlegging

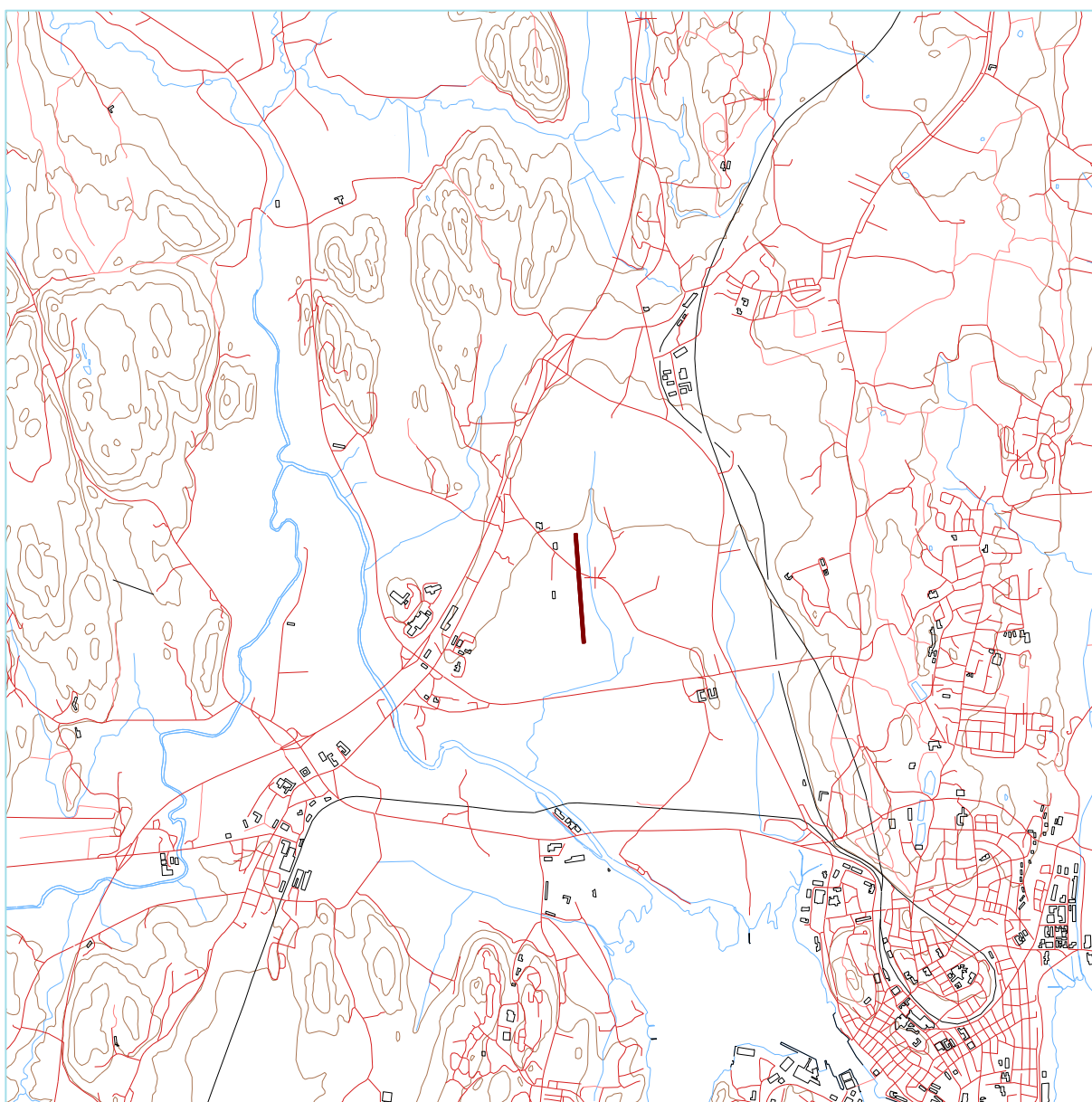
Strategisk støykartlegging gjennomføres for å tilfredsstille EU direktiv 2002/49/EC, befolkningens behov for informasjon og som grunnlag for handlingsplaner. Forskriften gir i vedlegg minstekrav til hva som skal beregnes og rapporteres. Denne del av kartleggingen gjelder for utendørs nivå og det er krav til flere støykart, opptelling av antall boliger og andre bygninger med støyømfintlig bruksområde innenfor intervaller av støynivå for både  $L_{den}$  og  $L_{night}$ .

Strategisk støykartlegging skal utføres på flyplasser med mer enn 50 000 sivile bevegelser pr år. I dette tallet inngår ikke militær trafikk eller skoleflyging, men denne trafikken skal likevel regnes med når kartleggingen foretas.

## 5 OMGIVELSER

### 5.1 Digitalt kartgrunnlag

Kartet er i koordinatsystemet UTM Euref 89 i sone 32 basert på SOSI filer levert av oppdragsgiver.



**Figur 5-1. Oversikt over flyplassen og dens omgivelser. Målestokk 1:50 000.**

### 5.2 Digital terrengmodell

Digital terrengmodell er tidligere levert av Avinor for hele landet. Et utsnitt av dette benyttes for å beregne topografiens betydning for lydutbredelsen. Topografidata består av høydeinformasjon i (desi)meter over havet for et punktmønster med 25 meter avstand mellom hvert punkt i nordlig og østlig retning.

### 5.3 Rullebaner

Rullebanen er orientert omtrent nord/syd og benevnes 18/36. Den defineres i begge retninger for beregningene.

**Tabell 5-1. Koordinater for rullebanene i UTM Euref89 sone 32.**

RWY	FromEast	FromNorth	ToEast	ToNorth	Direction	Length
<b>18</b>	577991	6574437	578051	6573640	176	799
<b>36</b>	578051	6573640	577991	6574437	356	799

## 6 AKTIVITETEN PÅ JARLSBERG

I flystøyberegningen inngår trafikk for et helt år og oversikten er anskaffet av oppdragsgiver i form av et regneark med angitt antall flygninger fordelt på hver aktør på plassen. Datagrunnlaget gjenspeiler aktiviteten i 2012 og også forventet vekst i trafikken.

### 6.1 Flytrafikken

For beregningen oversettes de angitte flytyper fra ICAO kode til benevnelser som finnes i databasen. En del av flyene har man typespesifikke data for, noen erstattes med en representativ type etter angitt liste til den opprinnelige databasen, mens andre samles i tre kategorier; COMSEP (hvor propell og motortype ikke finnes i databasen) samt GASEPF og GASEPV (en-motors stempelmotor med fast eller variabel pitch propell).

**Tabell 6-1. Antall bevegelser i 2012 for flytyper slik de er definert i databasen.**

NewACtyp	SumOper
<b>CNA172</b>	3947
<b>CNA206</b>	30
<b>COMSEP</b>	4863
<b>DHC6</b>	448
<b>GASEPF</b>	625
<b>GASEPV</b>	40
<b>PA28</b>	217

Trafikken er sortert i fire grupper som vist i den følgende tabellen.

**Tabell 6-2. Antall bevegelser i 2012 fordelt på aktivitet.**

ACcat	SumOper
<b>FALLSKJERM</b>	448
<b>KLUBB</b>	4789
<b>MIKRO</b>	4863
<b>VISIT</b>	70

Ved sammenligning av de to tabeller fremgår det at det er mikroflyene som er modellert som COMSEP, besøkende fly er modellert med CNA206 og GASEPV, fallskjermaktivitet med DHC6 og klubbflyging utgjøres av tre varianter av en motors fly med fast pitch propell.

Videre i dette kapitlet vises noen summariske oversikter for trafikken basert på det tilsendte materialet.

**Tabell 6-3. Totalt antall landinger, landingsrunder og avganger.**

TO_LA	SumOper
<b>LA</b>	3806
<b>TG</b>	2558
<b>TO</b>	3806



TG er landingsrunder og utgjør det dobbelte antall flybevegelser slik at totalt antall bevegelser er 12 728 på årsbasis i 2012. I ti års prognosen er totaltallet forventet å stige til nærmere 14 197 bevegelser, tilsvarende en økning på ca. 11.5 %. Tallene for landingsrunder er basert på at halvparten av landingene for mikrofly er angitt å være i landingsrunder, mens en tredel av aktiviteten for den øvrige trafikken er i landingsrunder.

Trafikken foregår på dag og kveld og flyplassen er stengt på natt. I den følgende tabellen er det vist hvordan trafikken er fordelt på de to aktuelle døgnsegmentene pr type operasjon.

**Tabell 6-4. Døgnfordeling av trafikken.**

TimeHour	TO_LA	SumOper
07-19	LA	2835
07-19	TG	1676
07-19	TO	2835
19-23	LA	971
19-23	TG	883
19-23	TO	971

## 6.2 Modellflyaktiviteten

Modellflyaktiviteten er fordelt på tre kategorier og aktiviteten er vist i den følgende tabellen.

**Tabell 6-5. Aktivitetsomfang i timer pr år for modellflyaktiviteten.**

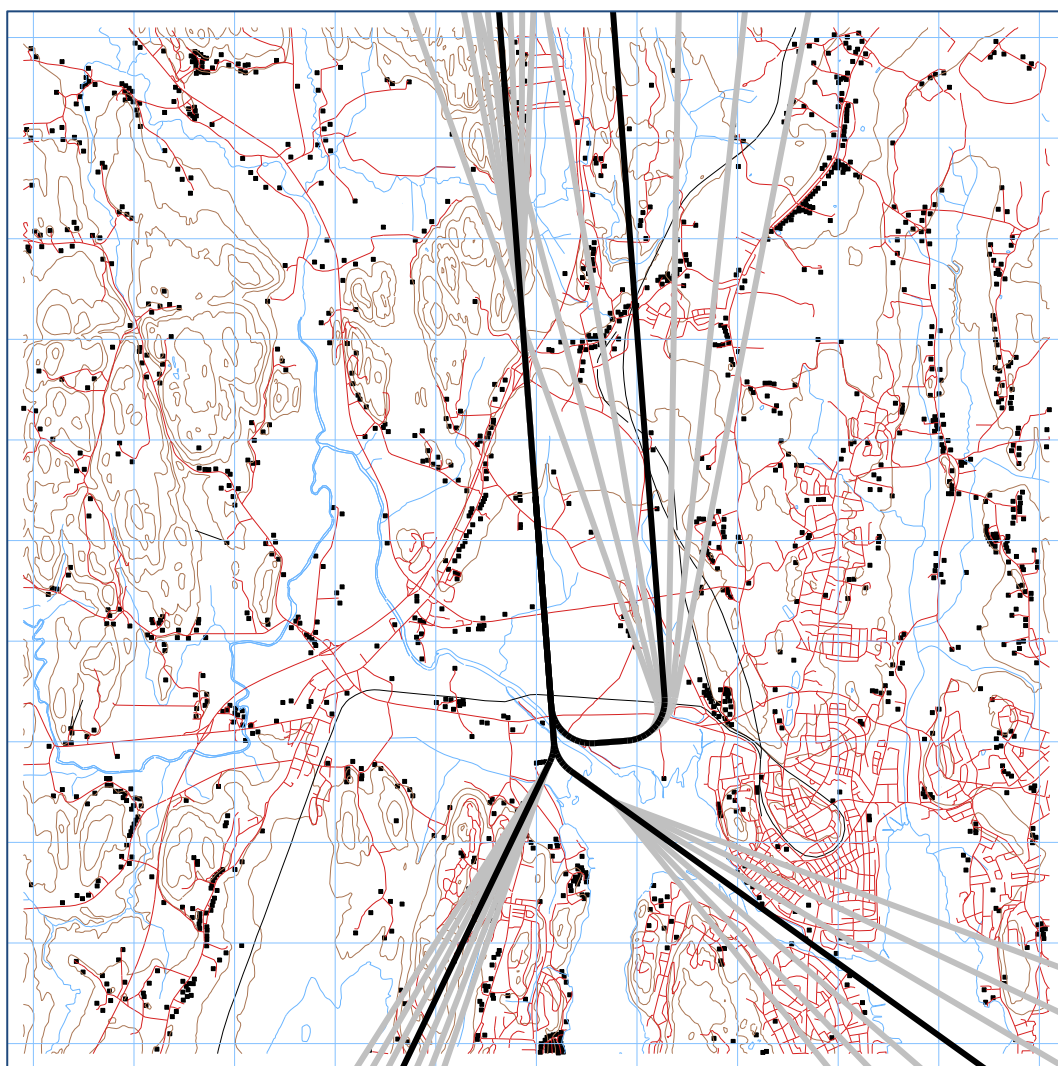
Flytype	Sum timer	
	Dag	Kveld
Skalamodeller med stempelmotor fuel/bensin	180	20
F3A modeller, elektromotorer	350	50
Jetfly med turbinmotorer	25	5

## 7 FLYMØNSTER OG FORDELING AV TRAFIKKEN

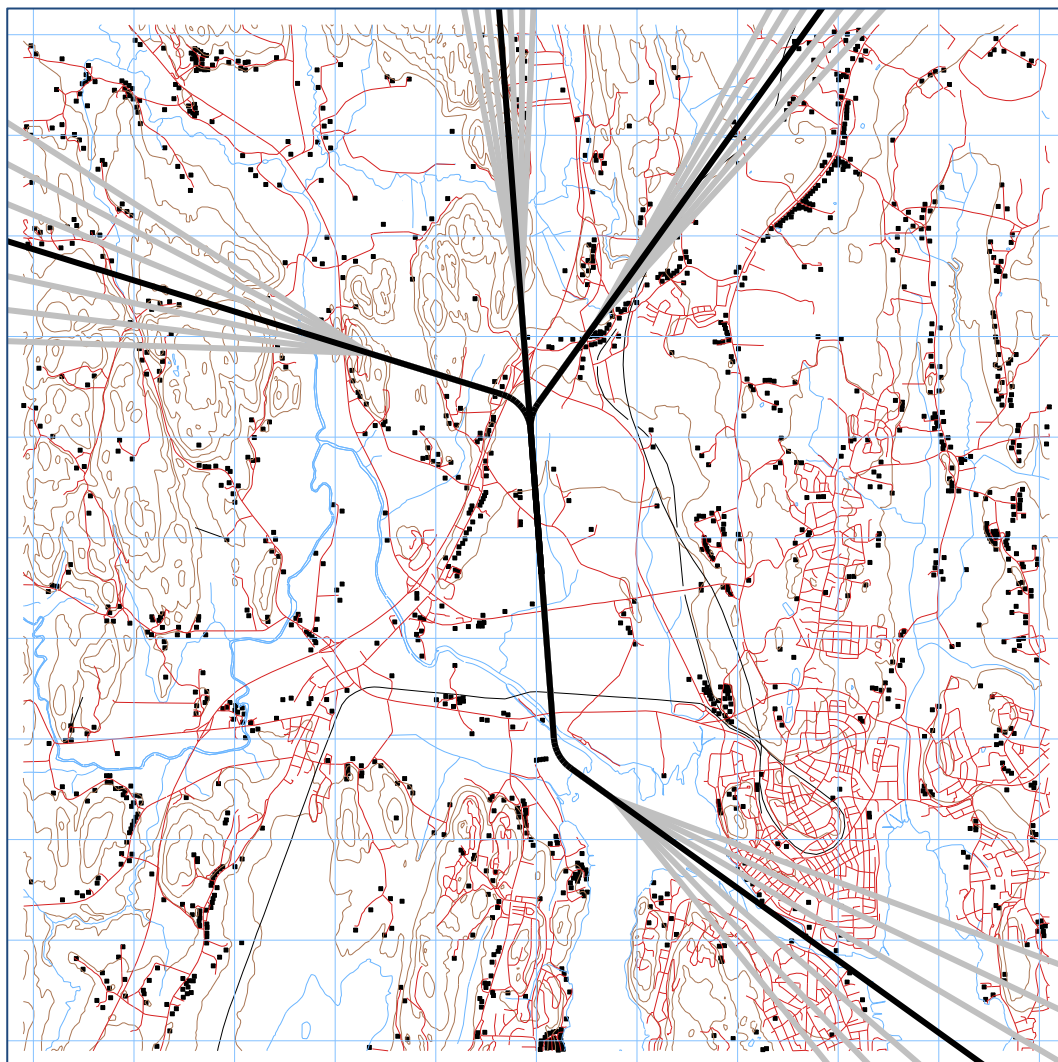
Det antatt at rullebaneretning 18 brukes i 60 % av tilfellene for all trafikk.

### 7.1 Trasémønster

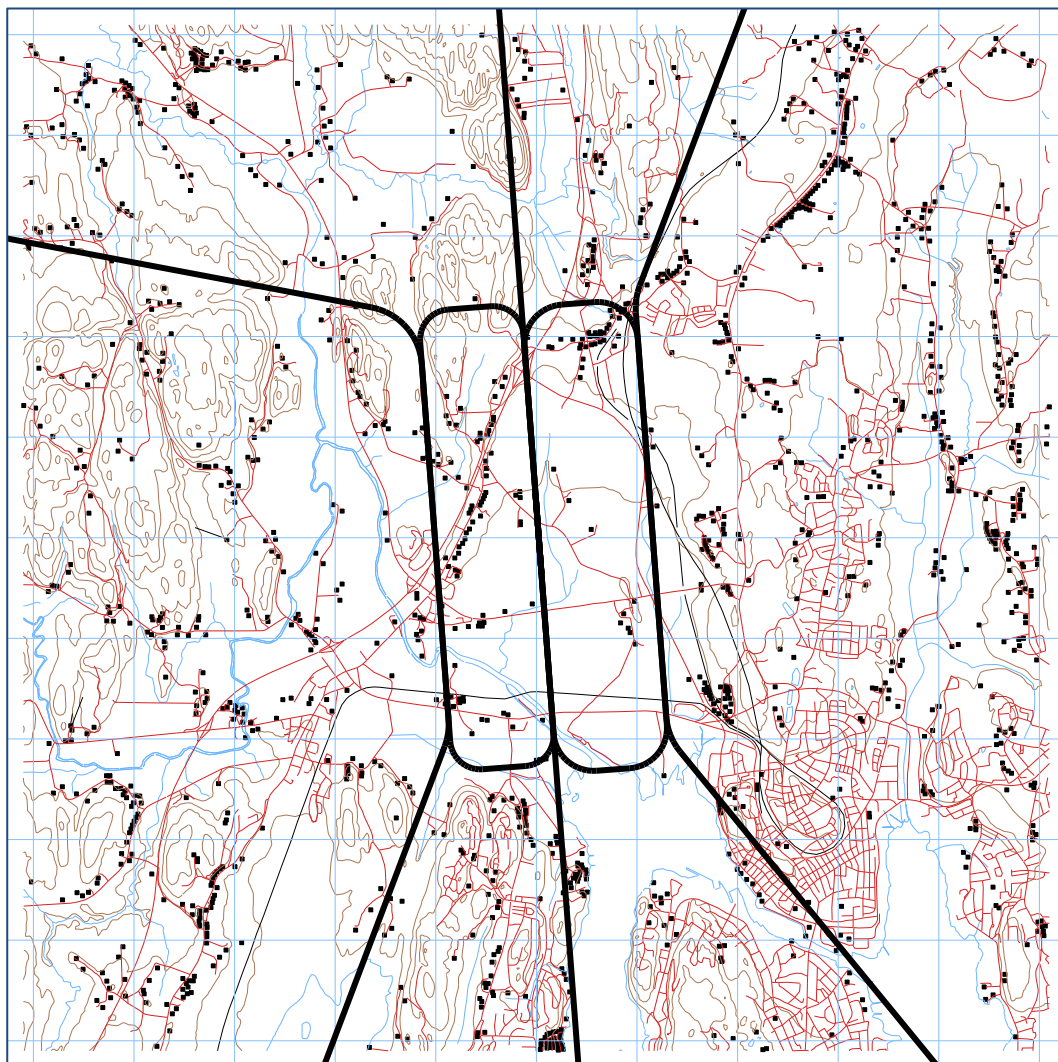
Flymønsteret rundt Jarlsberg flyplass er lagt inn som vist i de figurer som følger. Disse har vært gjenstand for kvalitetssikring av operatører og oppdragsgiver. I noen av trasékartene er det vist hvordan en statistisk spredmodell vil fordele trafikken rundt de viste hovedtraséer. Her benyttes en standardisert metode som sprer aktivitet sideveis med en tilnærmet Gaussisk fordeling.



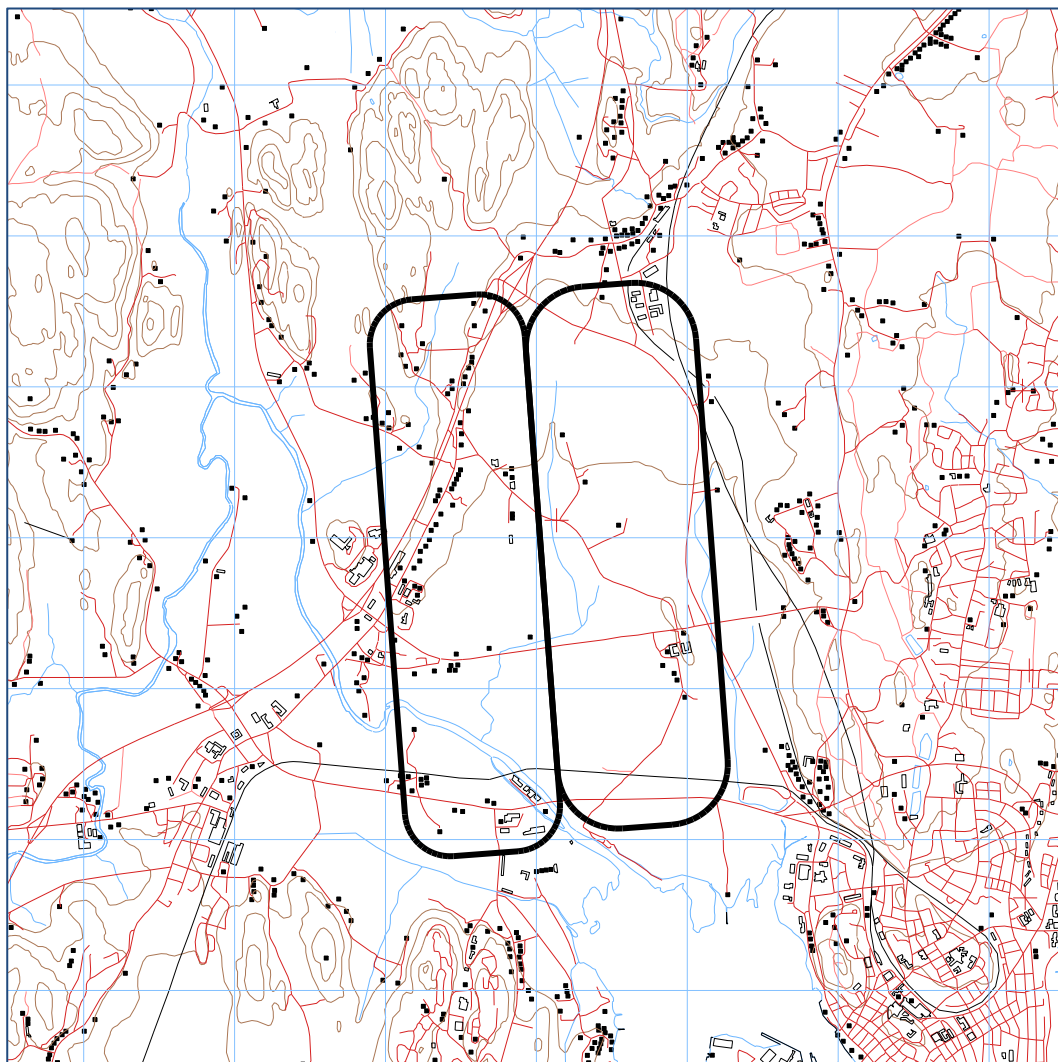
Figur 7-1. Avganger med statistisk spredning for klubb og besøkende fly. M 1:75 000.



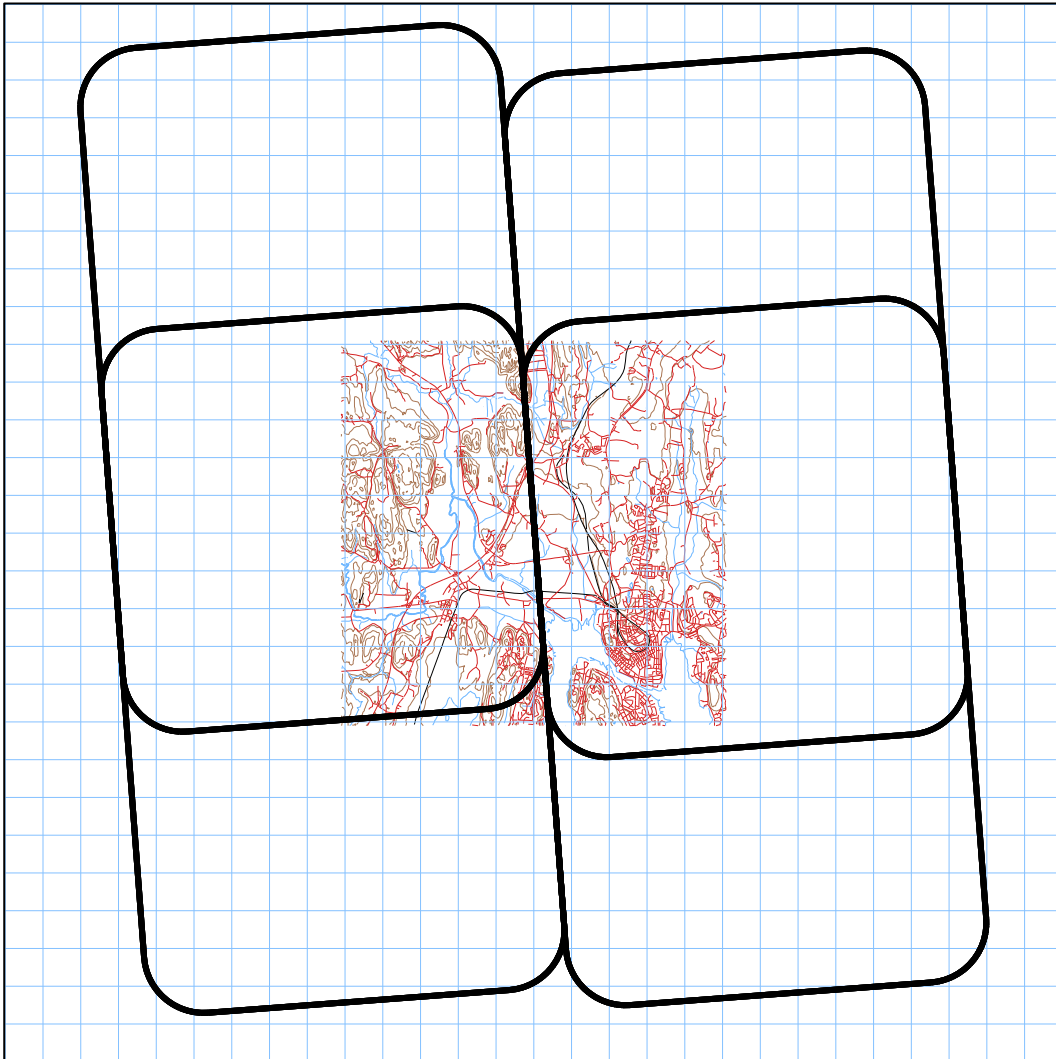
**Figur 7-2. Avgangstraséer for turflyging. M 1:75 000.**



**Figur 7-3. Landingstraséer for klubb, mikro og besøkende fly. M 1:75 000.**



**Figur 7-4. Landingsrunder alle flytyper – standard venstre turn. M 1:50:000.**



**Figur 7-5. Avgangstraséer for fallskjermløft. M 1:200 000.**

Klatremønster foregår altså langt utenfor området kartet dekker. Etter utsprang går flymaskinen inn et landingsmønster som vist i neste figur.



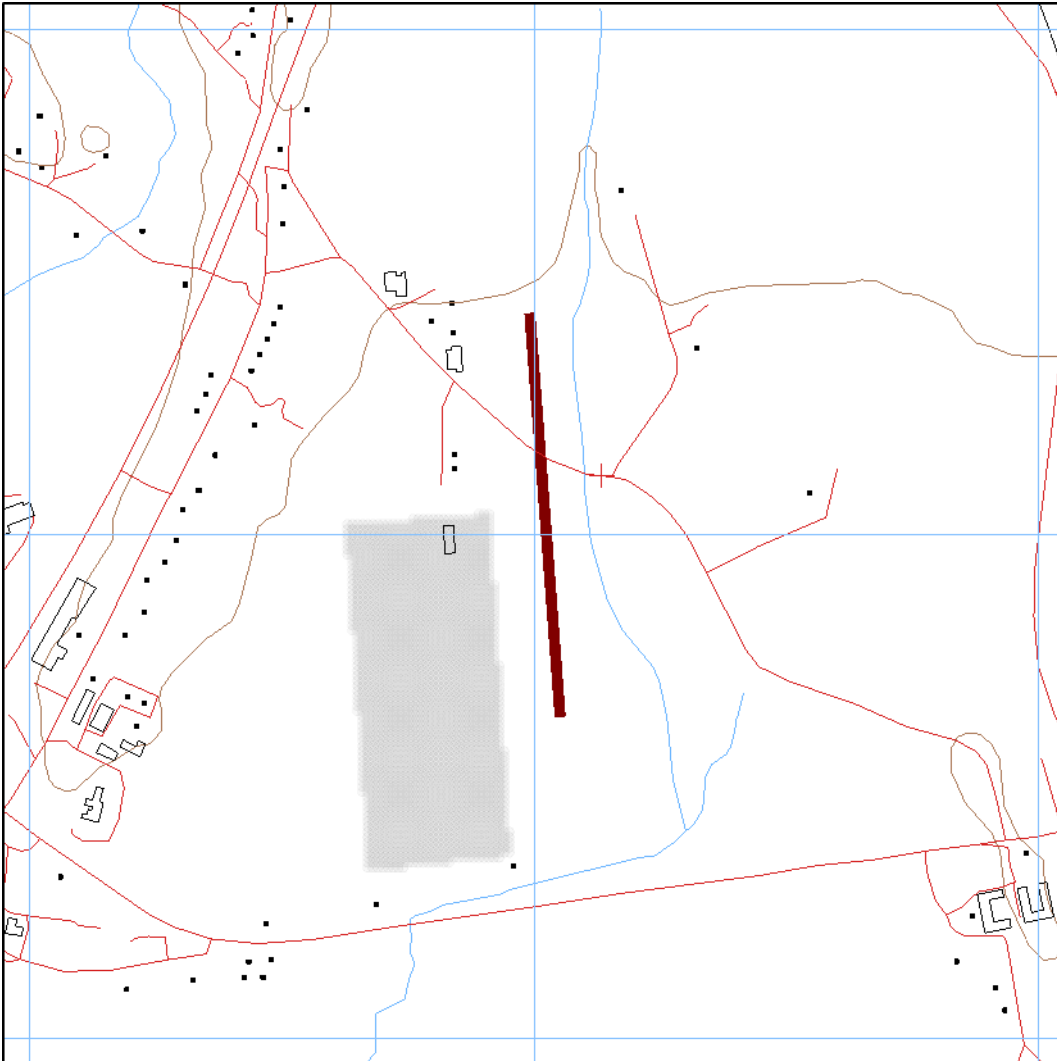
**Figur 7-6. Landingstraséer for fallskjermfly. M 1:100 000.**

## 7.2 Flygeprofiler

Med flygeprofiler menes normalt en beskrivelse av flyenes vertikale bane definert med høyde, hastighet og motorsetting som funksjon av avstand. Avgangsprofilene er definert av flyenes egenskaper og hentes fra programmets database. For landinger er det lagt inn glidebanevinkel på  $3^\circ$  til begge rullebaner og profiler for dette hentes også fra databasen for hver enkelt flytype som inngår i beregningen.

## 7.3 Modellering av modellflyvirksomheten

Horisontalt er trafikken jevnt fordelt på hele det geografiske bruksområdet, slik som vist i den følgende figuren.



**Figur 7-7. Område for modellflyvirksomhet markert med rektangel. M 1:15 000.**

I modelleringen fordeles trafikken i tre flygehøyder over bakken:

- 20 % flyr 50 meter over bakken
- 40 % flyr 100 meter over bakken
- 40 % flyr 200 meter over bakken



## 8 BEREGNINGSPARAMETERE

### 8.1 Beregning av flystøy

Det beregnes flystøy for de enheter som er relatert til retningslinje T-1442 og forurensningsforskriften. Det gjøres punktberegninger i koordinatpunktene for alle støyømfintlige bygninger innenfor beregningsområdet. Alle opplysninger om bygninger er hentet fra databasen til Norges Eiendommer og er oppdatert pr. 2013-08-11.

Beregningene av flystøy foretas med en oppløsning på 64 fot (ca. 19,5 meter) mellom hvert punkt med mottakerhøyde 4 meter over bakken. For alle beregningene tas det hensyn til topografien.

### 8.2 Beregning av støy fra modellflyvirksomheten

Beregningene av støy fra modellflyaktiviteten utføres med programmet MILSTØY.

Viktige forhold omkring støykilden er uavklart, sett i forhold til kravene i T-1442. Disse er forsøkt løst ved å legge inn følgende to forutsetninger:

1. Forhold 1 – gjelder  $L_{den}$ : I T1442 kap 3.1 heter det at *"Støynivået i  $L_{den}$  eller  $L_{night}$  for et enkelt driftsdøgn bør ikke overskride anbefalt årsmidlet gjennomsnitt med mer enn 3 dB. For virksomheter med store variasjoner i aktivitet bør det derfor benyttes grenseverdier midlet over døgn eller driftstid."*

Vi mangler opplysning om hvordan bruken er fordelt over tid (dager, uker og måneder). Det virker imidlertid rimelig å anta at variasjonen er stor, og at enkelte dager har mye større aktivitet enn andre. Det ville vært nyttig å vite mer konkret hvor mange flygetimer det er på en typisk travel dag på plassen. Men et enkelt overslag viser at trafikken på en slik dag må være 30 ganger større enn en gjennomsnittsdag for at den laveste grenseverdien skal nås. Man må derfor opp på en aktivitet på ca 18 flygetimer på én dag for å få verdier på bakken som overstiger 45 dB.

Støykoten for dette tilfellet vil ikke strekke seg utenfor selve bruksområdet for modellfly. Dette betyr at om aktiviteten på en travel dag ikke overstiger 18 flygetimer, vil grenseverdiene for  $L_{den}$  ikke overskrides utenfor bruksområdet.

2. Forhold 2 – gjelder  $L_{5AF}$ :

I grunnlaget er det ikke gitt noen tall for maksimalt støynivå, eller noen statistisk variasjon i støyen fra modellflyaktiviteten. Det er derfor estimert et grunnlag for  $L_{5AF}$  ut fra følgende to antakelser: Variasjonen i maksimal støy fra ulike fly i ulike operasjonsmoder antas å være normalfordelt med et standardavvik på 5 dB. L5-persentilen ligger ca 1,6 ganger standardavviket høyere enn midlere maksimalnivå. Vi får dermed en "spredningsmargin" på 8 dB.

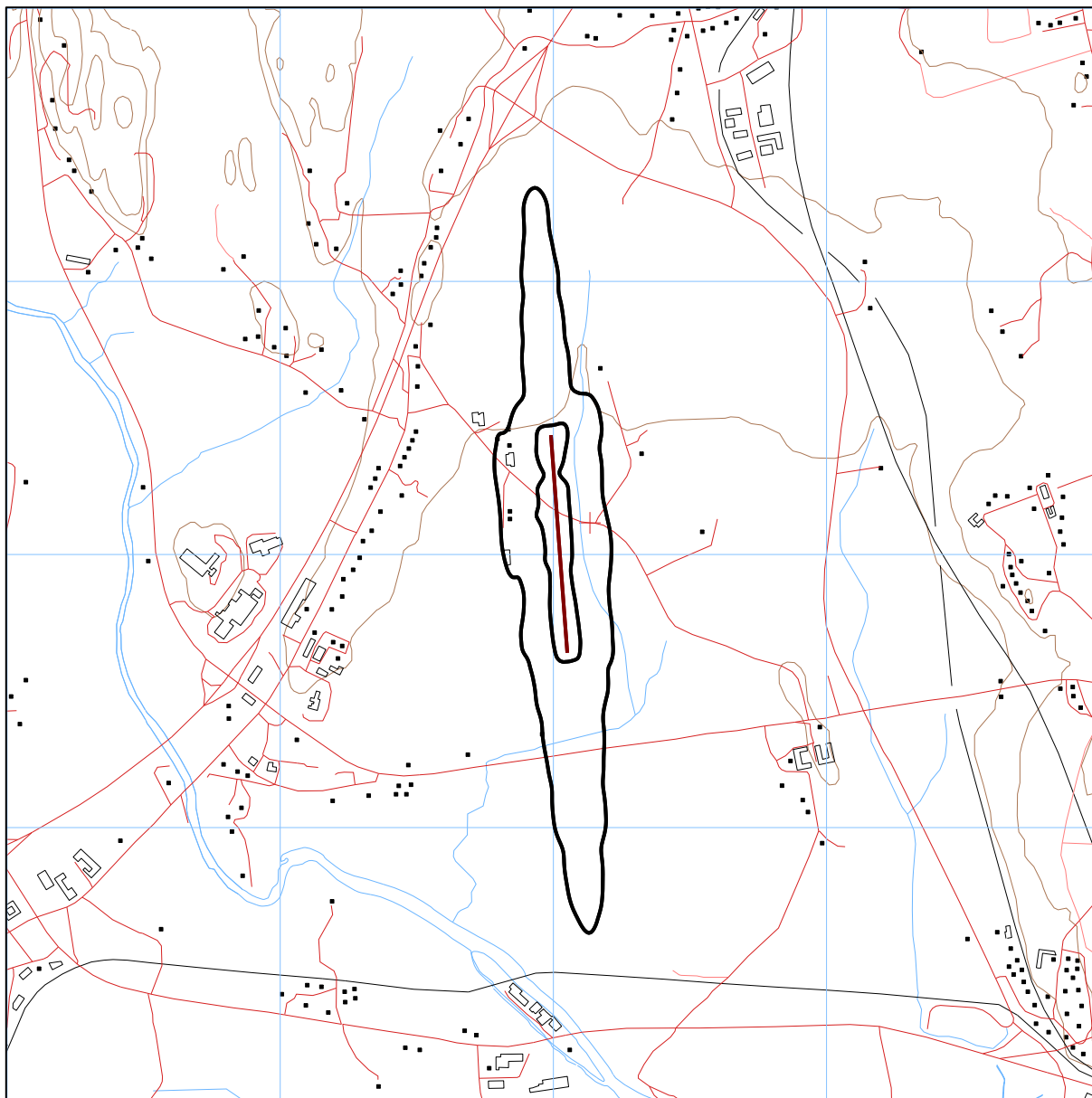
Momentane variasjoner i lyden fra et modellfly i konstant operasjonsmodus antas å være slik at tidskonstanten "Fast" gir 2 dB høyere nivå enn det midlere lydtryknivå. Av dette kan vi beregne at kildenivå for  $L_{5AF}$ , for et punkt 10 meter fra en frittfelt kilde, blir:

$$L_{5AF} = L_w - 10 \cdot \log(4 \cdot \pi \cdot r^2) + \text{"Spredningsmargin"} + \text{"Fast margin"}$$
$$L_{5AF} = 105 - 10 \cdot \log(4 \cdot \pi \cdot 10^2) + 8 + 2 = 84 \text{ dB}$$

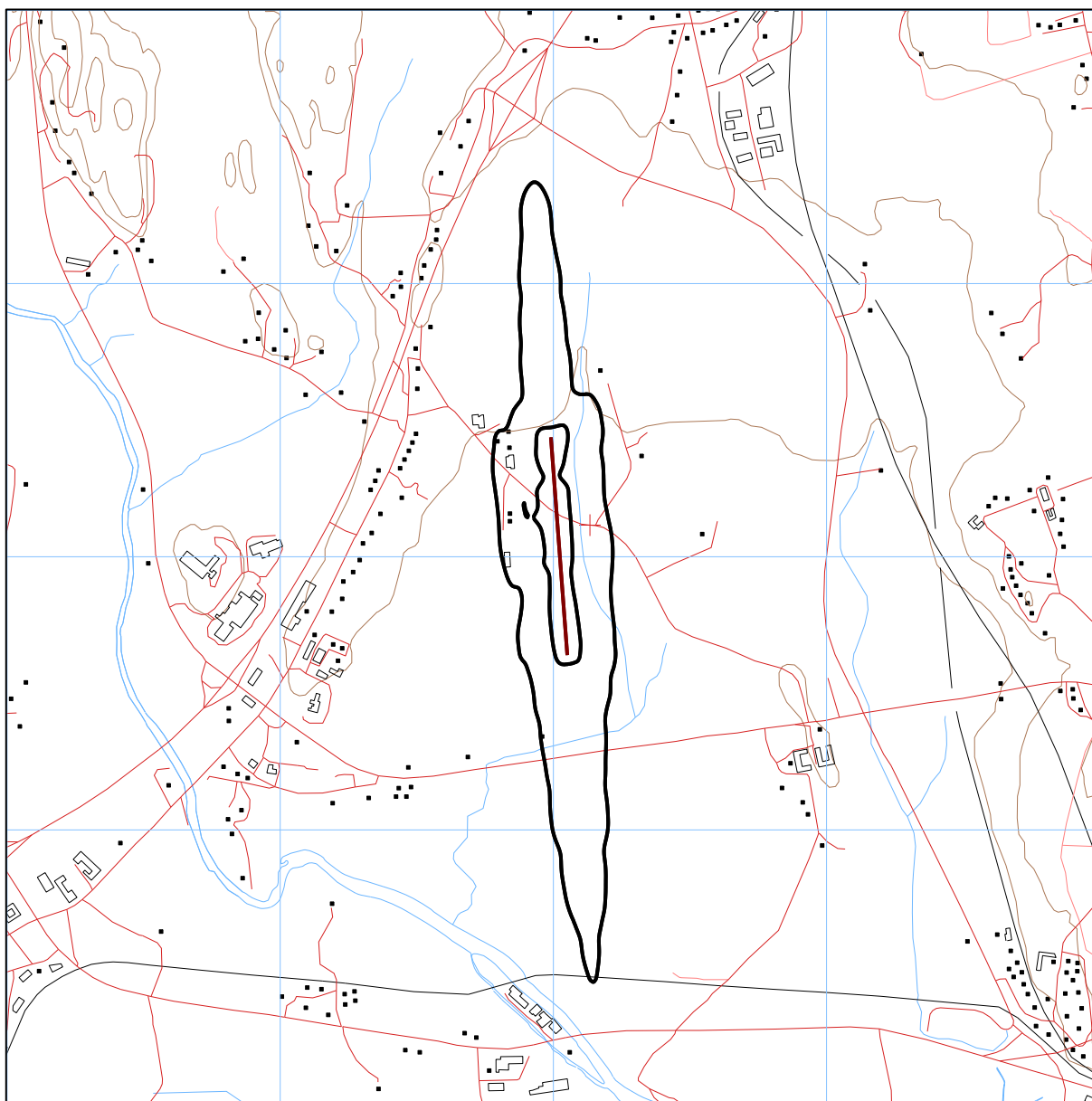
## 9 RESULTATER RELATERT TIL RETNINGSLINJE T-1442

Resultatene av støyberegningene vises i form av kurver på kart. Det vises normalt ett kart for hver støyenhet som inngår i grunnlaget for konstruksjon av støysonekart etter T-1442, dvs. for  $L_{den}$  og  $L_{5AS}$  (MFN<sub>23-07</sub>) for flystøy og  $L_{den}$  og  $L_{5AF}$  for modellflyaktiviteten. I dette tilfellet er det ikke aktivitet på natt slik at  $L_{5AS}$  for flystøy ikke beregnes. Det betyr igjen at det er  $L_{den}$  alene som gir støysonekartet for flystøy.

### 9.1 Flystøysoner

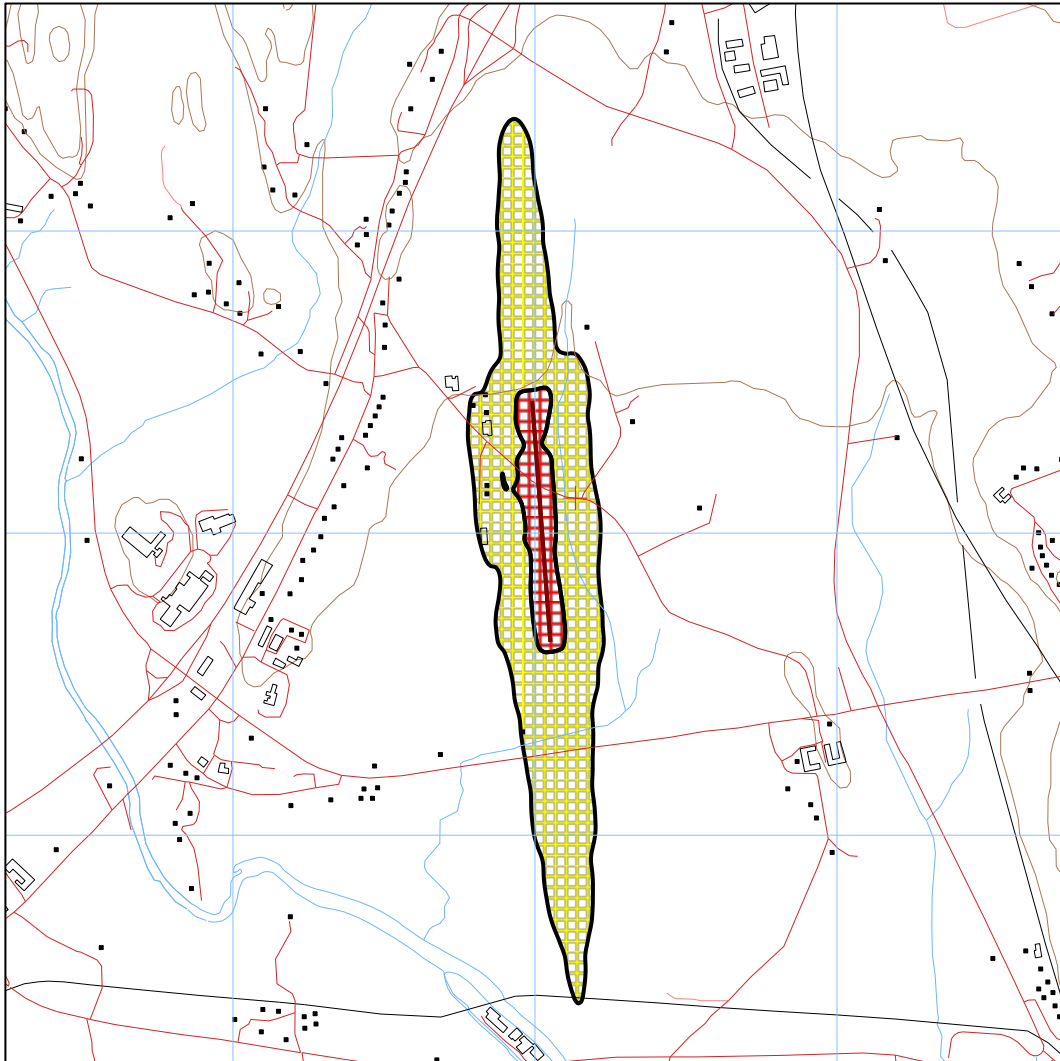


**Figur 9-1.  $L_{den}$  52 og 62 dBA for dagens situasjon. Målestokk 1:25 000.**



**Figur 9-2.  $L_{den}$  52 og 62 dBA for prognosen. Målestokk 1:25 000.**

Et støysonekart settes normalt sammen ved å legge resultatene for dagens situasjon og prognosen over hverandre og la unionen av  $L_{den}$  52 dBA og  $L_{5AS}$  på 80 dBA danne yttergrensen av gul sone. Unionen av  $L_{den}$  62 dBA og  $L_{5AS}$  90 dBA danner yttergrensen av rød sone. I dette tilfellet er  $L_{den}$  for prognosen er den dominante størrelsen.



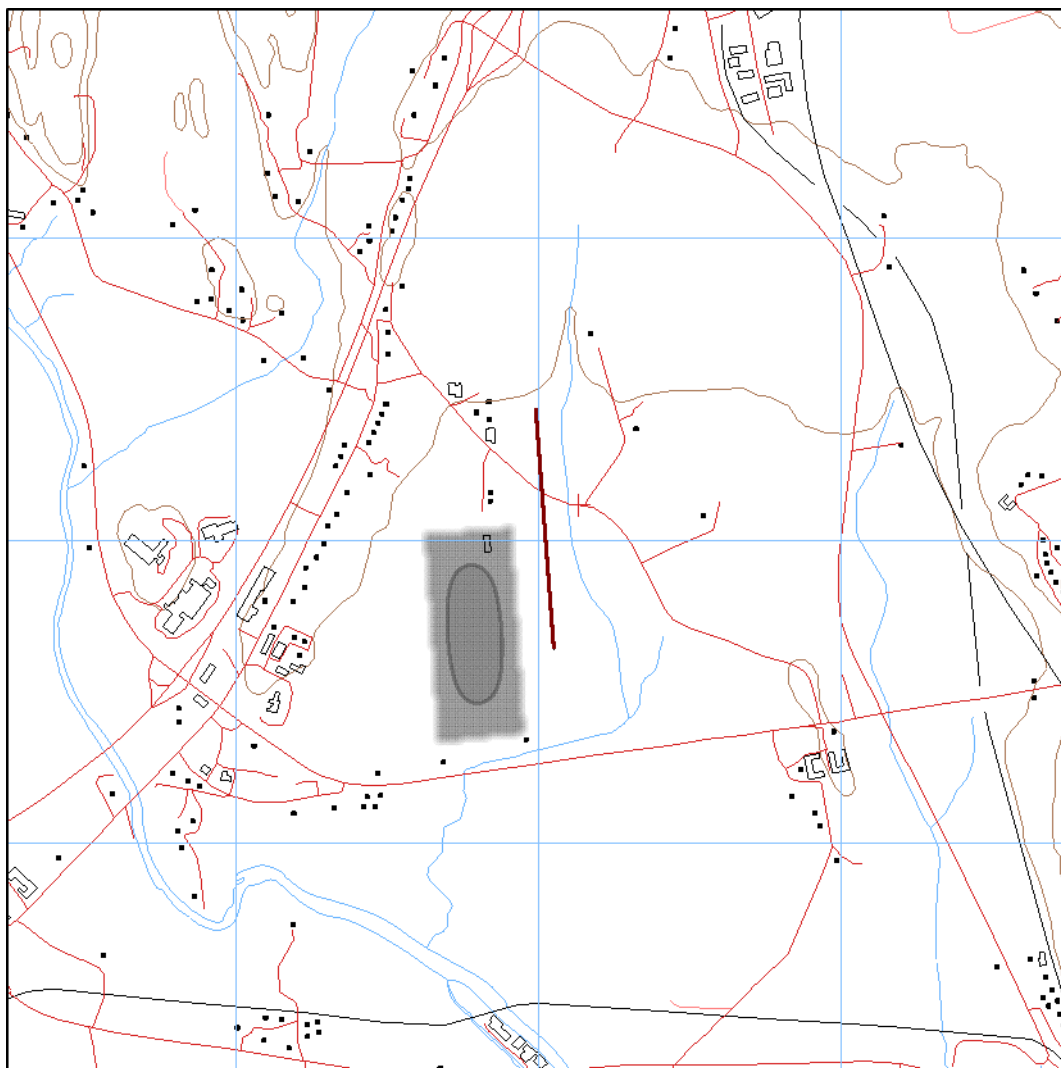
**Figur 9-3. Gul og rød støysone for Tønsberg flyplass Jarlsberg. Målestokk 1:25 000.**

**Tabell 9-1. Areal av støysonene.**

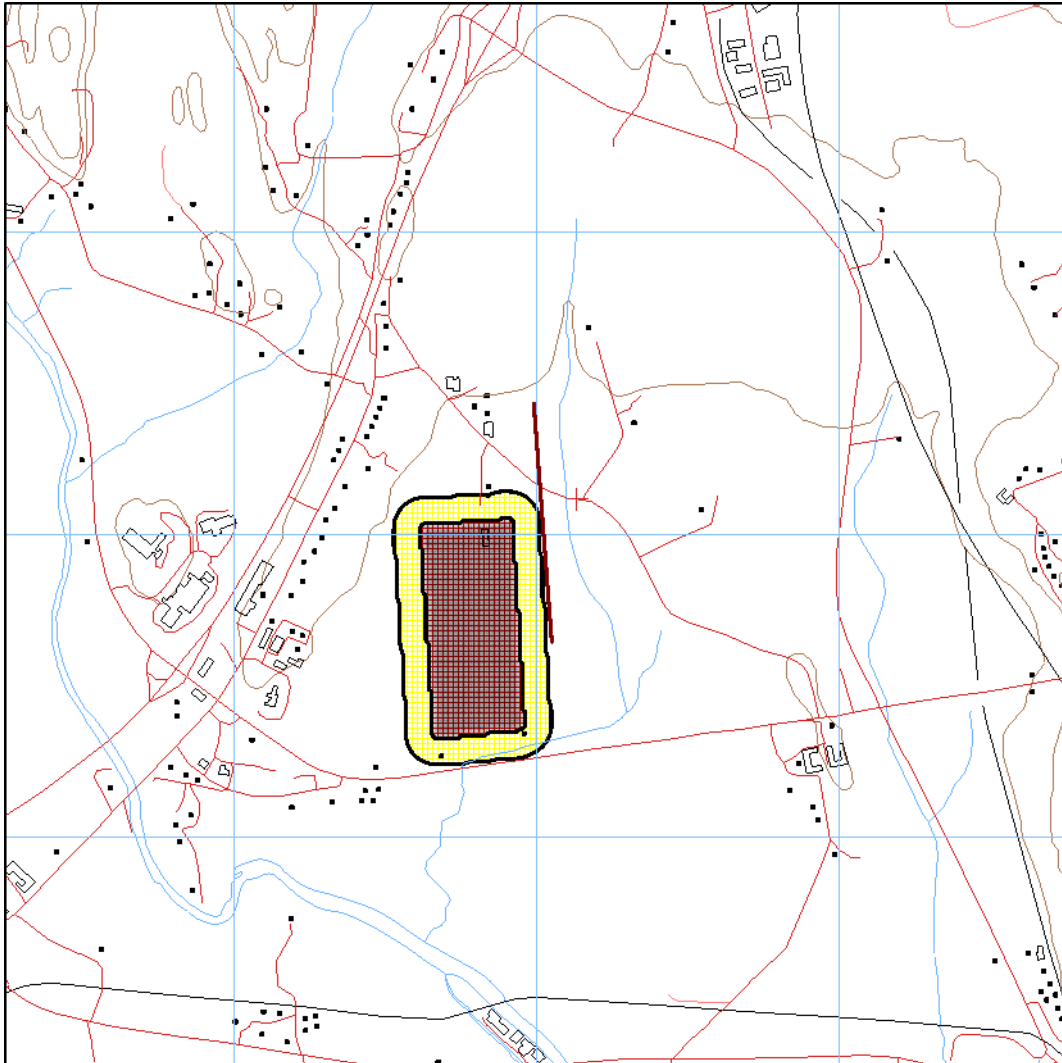
Støysone	Areal (da)
Gul	601,6
Rød	86,9

## 9.2 Støysoner for modellflyvirksomheten

Det er  $L_{den}$  på 45 dB eller  $L_{5AF}$  60 dB som danner yttergrensen for gul sone for motorsportbaner, jfr. **Tabell 3-2**. Diskusjonen i foregående kapitler om støyen fra denne virksomheten viste at  $L_{den}$  ikke vil gi utslag ut over aktivitetsområdet. Som illustrasjon på dette vises første figur med  $L_{den}$  30 dBA for aktiviteten, altså 15 dB lavere enn grenseverdien. Dernest vises støysonekartet for aktiviteten som er basert på grenseverdiene  $L_{5AF}$  60 og 70 dBA for henholdsvis gul og rød sone.



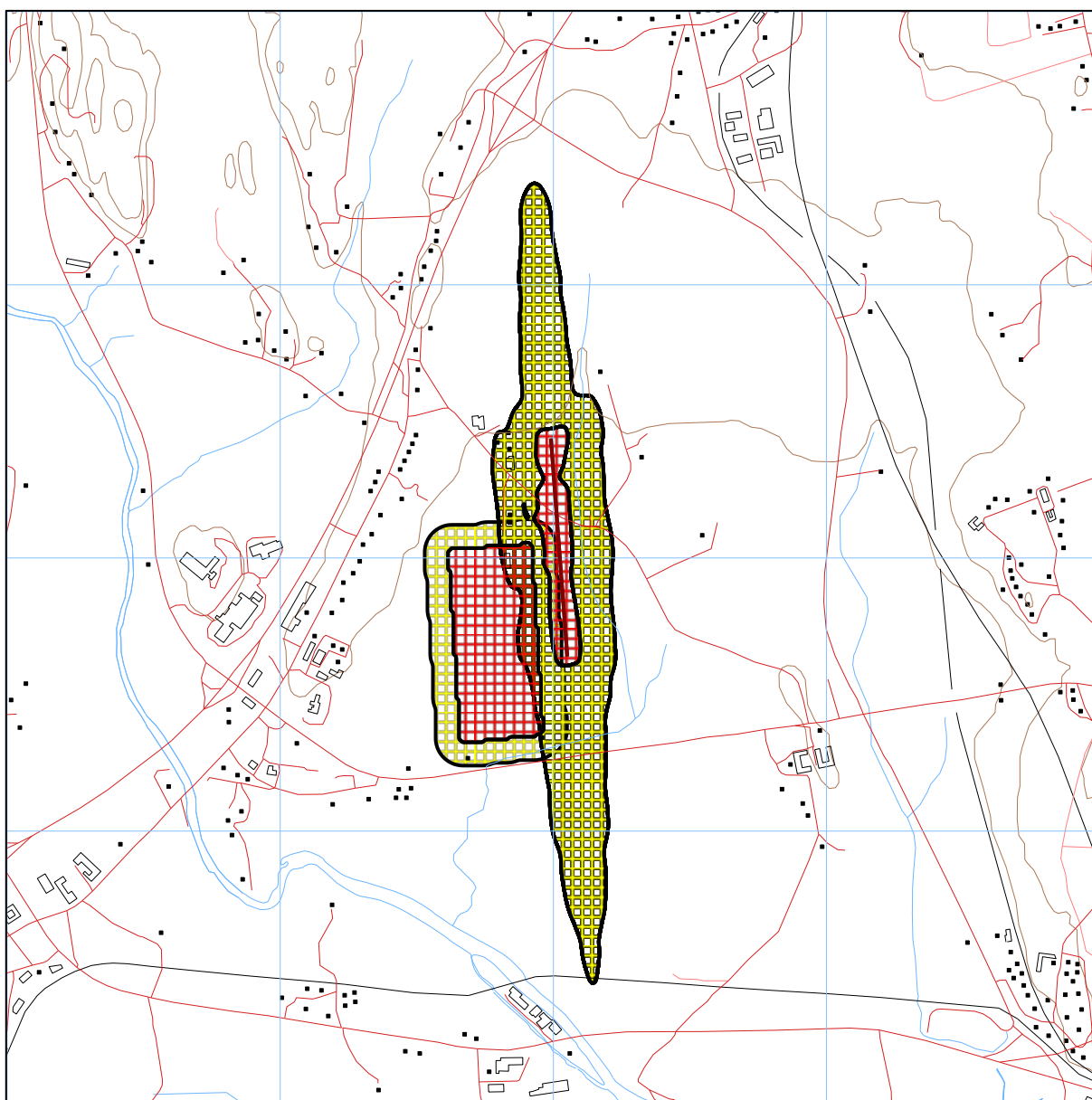
**Figur 9-4.  $L_{den}$  30 dBA for modellflyvirksomheten. M 1:25 000.**



**Figur 9-5. Støysonekart for modellflyvirksomheten basert på koter for  $L_{5AF}$  på 60 og 70 dBA.  
M 1:25 000.**

### 9.3 Støysoner for samlet virksomhet

I og med at det er to forskjellige måleenheter som dimensjonerer støysonekartene for de to virksomhetene vil det kun være en union av støygrensene som danner det totale støysonekartet. Bidraget på ekvivalentnivå fra modellflyaktiviteten er som vist svært mye lavere enn for flytrafikken. "Sumstøy" betraktning på denne basis gir derfor ikke annet enn det samme resultat som flyvirksomheten alene.



**Figur 9-6. Samlet støysonekart for hele virksomheten på Tønsberg flyplass Jarlsberg. M 1:25 000.**

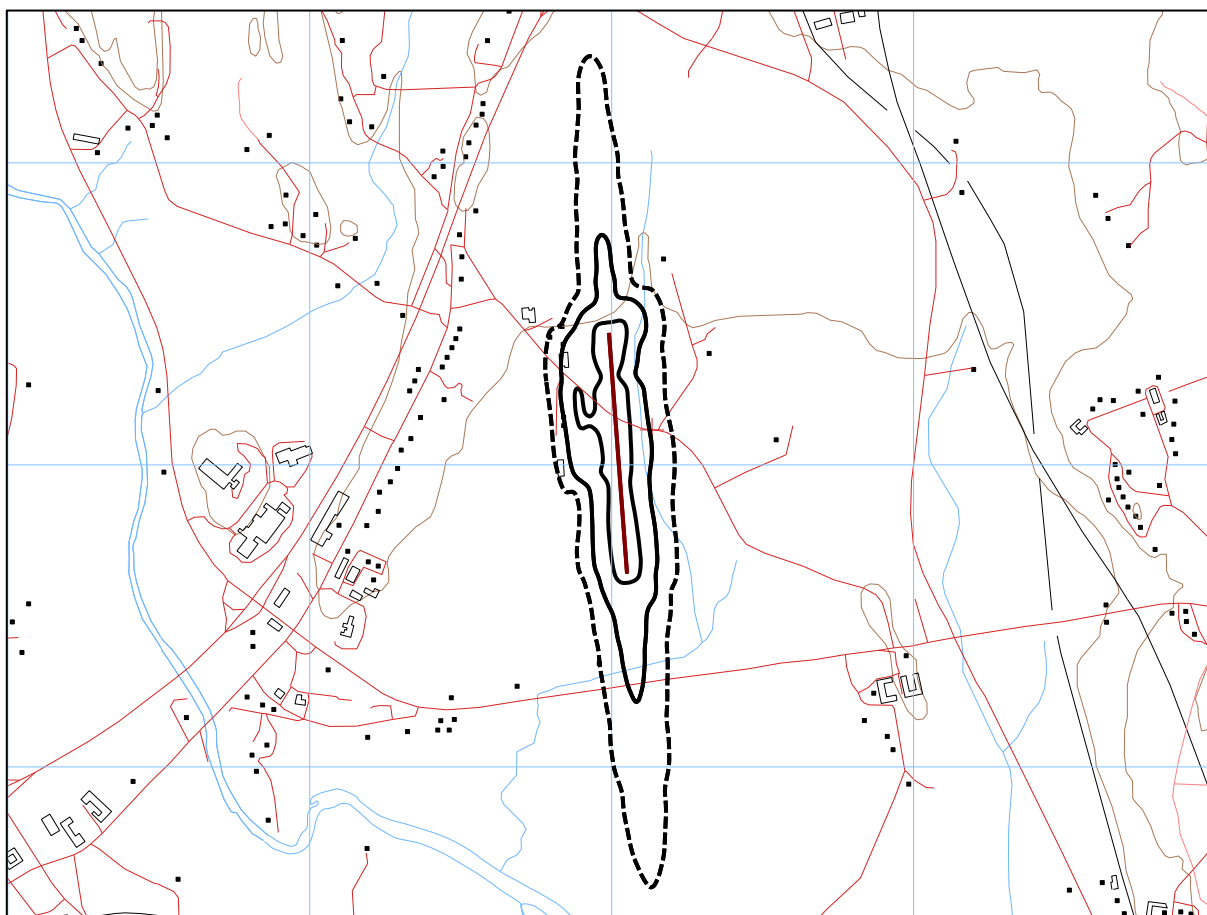
## 10 RESULTATER RELATERT TIL FORURENSINGSFORSKRIFTEN

I dette kapittel vises beregninger relatert til forurensningsforskriften normalt i form av kotekart og tabeller med antall berørte støyømfintlige bygninger og antall bosatte. Antall bygninger beregnes først. Deretter, ut fra et fylkesjustert, gjennomsnittlig antall personer bosatt pr boligtype, anslås antall berørte personer.

I forhold til krav om kartlegging av innendørs støynivå henvises til bakgrunnsbeskrivelse i kapittel 4. Beregningene med NORTIM gjelder bare for utendørs støynivå i frittfelt, men kan omsettes til innendørs nivå for de dårligste støyisolerte boliger, som likevel har standard utførelse, ved hjelp av Tabell 4-1.

Jamført med tabellen korresponderer kartleggingsgrense i henhold til forurensningsforskriften med et utendørs nivå på  $L_{Aeq,24h}$  på 53 dBA for propellfly.

I den følgende figur vises 3 kurver for  $L_{Aeq,24h}$ . Den midterste er kartleggingsgrensen for flystøy alene, den ytterste er kartleggingsgrense for flystøy og annen støy som er like sterk, mens den innerste er en tentativ tiltaksgrense. Innenfor den innerste må man normalt kunne forvente at bolighus som ikke allerede er gjort tiltak på, kan ha behov for det.



**Figur 10-1. Kartleggingsgrenser i henhold til forurensningsforskriften for prognosesituasjonen. Kotene viser  $L_{Aeq,24h}$  50 (stiplet), 53 og 60 dBA. Målestokk 1:15 000.**

Innenfor beregningsområdet er det gjort punktregninger på alle bygninger som er definert som støyømfintlige i forskriften. Denne viser at det ikke er slike bygninger innenfor de viste grenser.



## 11 VURDERING AV RESULTATER

Støysonekartet som er beregnet her må oversendes (av oppdragsgiver) til Tønsberg kommune slik at kommunens plankart kan oppdateres med de nye støysonene. Dette kartet erstatter eventuelt tidligere støysonekart som var beregnet i henhold til retningslinje T-22/84 fra 1984, forløperen til T-1277 fra 1997, som igjen ble erstattet av T-1442 i 2005, revidert i 2012. Revisjon av retningslinjene medførte endringer både i måleenheter, beregningsgrunnlag og grenseverdier. Alt dette medfører endringer i forhold til tidligere beregninger:

- Yttergrensen til gul sone defineres nå av  $L_{den}$  på 52 dB(A), mens sone I i T-22/84 var bestemt av EFN 55 dB(A), tilsvarende  $L_{den}$  på om lag 54dB(A).  $L_{den}$  på 52 dB(A) ville derfor dekket et større område enn sone I dersom beregningsgrunnlaget hadde vært identisk med forrige beregning.
- Det skal tas hensyn til støy under oppstart og nedkjøling.
- Beregningsmodellen er også justert og det tas hensyn til topografi.
- Beregningshøyden i mottakerpunktet er justert fra 1.5 meter til 4 meter. Det gir ca. 0,5 - 1 dB økning i beregnet nivå.

Støysonekartet er knyttet opp mot plan- og bygningsloven og skal benyttes i forbindelse med plansaker og byggesøknader i området. I forhold til naboer er det beregningene relatert til forurensningsforskriften som gjelder

De to antakelsene som er lagt til grunn for beregning av støy fra modellfly er svært løse anslag. De representerer derfor en usikkerhet som ligger inne i resultatene. Det er vanskelig å estimere størrelsen på denne usikkerheten så lenge vi ikke har mer konkrete erfaringer / målinger av støy fra modellfly. Om anslagene er riktige, viser beregningene i Figur 9-5 at grensen for rød sone (T-1442) ligger tilnærmet midt på grensen for det geografiske bruksområdet. Grensen for gul sone ligger ca. 100 meter utenfor bruksområdet.

Det er ikke sjekket ut om det ligger bygninger med støyømfintlig bruksformål innenfor støysonene for modellflyvirksomheten, men i forhold til naboer er det det ekvivalente støynivået som teller og dette er så lavt at virksomheten ikke utløser kartleggingsplikt.

## 12 LITTERATUR

- [1] B. Griefahn, "MODELS TO DETERMINE CRITICAL LOADS FOR NOCTURNAL NOISE," in *Proceedings of the 6th International Congress on Noise as a Public Health Problem*, Nice, Frankrike, juli 1993.
- [2] T. Gjestland, "VIRKNINGER AV FLYSTØY PÅ MENNESKER," ELAB-rapport STF44 A82032, Trondheim, april 1982.
- [3] Flystøykommisjonen, "STØYBEGRENSNING VED BODØ FLYPLASS," Rapportnr. TA-581, Oslo, mars 1983.
- [4] T. Gjestland, *et al.*, "RESPONSE TO NOISE AROUND OSLO AIRPORT FORNEBU," ELAB-RUNIT Report STF40 A90189, Trondheim, november 1990.
- [5] T. Gjestland, *et al.*, "RESPONSE TO NOISE AROUND VÆRNES AND BODØ AIRPORTS.," SINTEF DELAB Report STF40 A94095, Trondheim, august 1994.
- [6] A. Krokstad, *et al.*, "FLYSTØY; FORSLAG TIL MÅLEENHETER, BEREGNINGSMETODE OG SONEINDELING," ELAB-rapport STF44 A81046, revidert utgave, Trondheim, mars 1982.
- [7] Miljøverndepartementet, "RETNINGSLINJE FOR BEHANDLING AV STØY I AREALPLANLEGGING," Retningslinje T-1442, Oslo, juli 2012.
- [8] Statens Forurensningstilsyn, "VEILEDER TIL MILJØVERNDEPARTEMENTETS RETNINGSLINJE FOR BEHANDLING AV STØY I AREALPLANLEGGING (STØYRETNINGSLINJEN)," Publikasjon TA-2115/2005, Oslo, august 2005.
- [9] H. Olsen, *et al.*, "TOPOGRAPHY INFLUENCE ON AIRCRAFT NOISE PROPAGATION, AS IMPLEMENTED IN THE NORWEGIAN PREDICTION MODEL – NORTIM," SINTEF DELAB Report STF40 A95038, Trondheim, april 1995.
- [10] R. T. Randeberg, *et al.*, "NORTIM VERSION 3.3. USER INTERFACE DOCUMENTATION," Report SINTEF A1683, Trondheim, juni 2007.
- [11] I. L. N. Granøien, *et al.*, "CORRECTIVE MEASURES FOR THE AIRCRAFT NOISE MODELS NORTIM AND GMTIM: 1) DEVELOPMENT OF NEW ALGORITHMS FOR GROUND ATTENUATION AND ENGINE INSTALLATION EFFECTS. 2) NEW NOISE DATA FOR TWO AIRCRAFT FAMILIES," SINTEF Report STF40 A02065, Trondheim, desember 2002.
- [12] B. Plovsing and J. Kragh, "COMPREHENSIVE OUTDOOR SOUND PROPAGATION MODEL," Nord2000 DELTA Report, Lyngby, desember 2000.
- [13] S. Å. Storeheier, *et al.*, "AIRCRAFT NOISE MEASUREMENTS AT GARDERMOEN AIRPORT, 2001. Part 1: SUMMARY OF RESULTS," SINTEF Report STF40 A02032, Trondheim, mars 2002.
- [14] G. Fleming, *et al.*, "INTEGRATED NOISE MODEL (INM) VERSION 6.0 TECHNICAL MANUAL," U.S. Department of Transportation, Washington DC, juni 2001.

- [15] W. R. Lundberg, "BASEOPS DEFAULT PROFILES FOR TRANSIENT MILITARY AIRCRAFT," AAMRL-TR-90-028, Harry G. Armstrong, Aerospace Medical Research Laboratory, Wright-Patterson AFB, Ohio, februar 1990.
- [16] Miljøverndepartementet, "FORSKRIFT OM BEGRENSNING AV FORURENSNING (FORURENSNINGSFORSKRIFTEN)," Forskrift FOR-2004-06-01-931 (Del 2, kapittel 5), Oslo, juni 2004.
- [17] A. Brekke, "NYE RETNINGSLINJER FOR FLYSTØY. KONSEKVENSER VEDRØRENDE STØYISOLERING AV BOLIGER I STØYSONE I OG II," Norges byggforskningsinstitutt rapport 7939, revidert utgave, Oslo, juni 1998.
- [18] K. H. Liasjø, "MØTE OM KARTLEGGING AV FLYSTØY I HENHOLD TIL FORSKRIFTEN TIL FORURENSNINGSLOVEN," Referat fra møte i SFT, Oslo, juni 1999.



Teknologi for et bedre samfunn

[www.sintef.no](http://www.sintef.no)