



SINTEF

Rapport

Støyberegning for Bergen lufthavn Flesland

Situasjon etter 2040 med to rullebaner

Forfatter

Karen Brastad Evensen

Dato – rapportnummer – gradering

2021-03-18 – 2021:00321 – Åpen

Oppdragsgiver

Avinor AS

A light blue rectangular redaction box covering the name of the client.

Rapport

Støyberegning for Bergen lufthavn Flesland

Situasjon etter 2040 med to rullebaner

EMNEORD:

Flystøy, Støyberegning,
ENBR

VERSJON

1

DATO

2021-03-18

FORFATTER(E)

Karen Brastad Evensen
Rolf Tore Randeberg, Idar L. N. Granøien

OPPDRAKSGIVER(E)

Avinor AS

OPPDRAKSGIVERS REFERANSE

Michael J. Newman

PROSJEKTNUMMER

102024645

ANTALL SIDER OG VEDLEGG

53

SAMMENDRAG

Avinor har gitt SINTEF i oppdrag å foreta en støykartlegging av Bergen lufthavn Flesland etter Miljøverndepartementets retningslinje T-1442/2016. Det er gjort beregninger for en situasjon i 2040 hvor det er to rullebaner i bruk. Grunnlaget for beregningene er oppdatert trafikkjournal fra 2019, dokumentasjon av flygemønster for jet- og turbopropfly, samt flygemønster for småfly og helikopter fra forrige beregning i 2018.

For 2040 situasjonen ligger 247 bygninger med støyfølsomt bruksformål innenfor rød støysone og 4074 bygninger innenfor gul støysone.

UTARBEIDET AV

Karen Brastad Evensen

SIGNATUR

KONTROLLERT AV

Herold Olsen

SIGNATUR

GODKJENT AV

Odd Are Svensen

SIGNATUR

RAPPORTNUMMER

2021:00321

ISBN

978-82-14-06464-3

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	4
2	Generelt om flystøy	5
2.1	Akustiske størrelser.....	5
2.2	Flystøyens egenskaper og virkninger.....	5
2.2.1	Søvnforstyrrelser som følge av flystøy.....	5
2.2.2	Generell plage av flystøy.....	6
3	Miljøverndepartementets retningslinje	8
3.1	Måleenheter.....	8
3.2	Støysoner til arealplanlegging.....	8
3.2.1	Definisjon av støysoner.....	8
3.2.2	Utarbeidelse av støysonkart og implementering i kommunale planer.....	9
3.2.3	Kartlegging av stille områder.....	9
3.3	Beregningsmetode.....	9
3.3.1	Dimensjonering av trafikkgrunnlaget.....	9
3.3.2	Beregningsprogrammet NORTIM.....	9
4	Kartlegging i henhold til forskrift til forurensingsloven	11
4.1	Innendørs støy.....	11
4.1.1	Beregning med normtall for fasadedempning.....	11
4.1.2	Beregning med frekvensspekter.....	11
4.2	Strategisk støykartlegging.....	12
5	Omgivelser	13
6	Flyaktiviteten ved Bergen lufthavn, Flesland	15
6.1	Dagens trafikk.....	15
7	Traséer og profiler	18
7.1	Flygetraséer for jetfly på dag.....	19
7.2	Flygetraséer for turboprop/ el.fly på dag.....	23
7.3	Flygetraséer for jetfly på natt.....	27
7.4	Flygetraséer for turboprop/ el.fly på natt.....	29
7.5	Småfly og helikopter.....	31
8	Beregningsparametre	41
8.1	Beregningsenheter.....	41
8.2	Beregning i enkeltpunkt.....	41
8.3	NORTIM beregningskontroll.....	41
9	Resultater relatert til retningslinje T-1442/2016	42



9.1	Støysonekart for 2040-situasjon	42
9.2	Kartlegging av stille områder	43
10	Resultater relatert til forurensningsloven.....	44
10.1	Kartlegging av innendørs støynivå	44
10.2	Kartlegging av utendørs støynivå.....	45
11	Støyplage og søvnforstyrrelser.....	50
12	Litteratur.....	51
A	Substitutter.....	53

1 Innledning

Avinor har gitt SINTEF i oppdrag å foreta en støyberegning for Bergen lufthavn, Flesland, for en situasjon etter 2040 der det har blitt innført to rullebaner. Trafikkgrunnlaget er loggført trafikk for 2019.

Flygemønster i beregningene er utformet basert på dokumentasjon oversendt fra Avinor; underlag for operativt konsept [1], prosedyrekart, navigasjonspunkter, korrigerte destinasjonsgrupper; samt forrige beregning fra 2018 [2]. Beregningen tar hensyn til både trafikkvekst og utskiftning av flytyper fram mot situasjonen i 2040.

Michael J. Newman og Marius Mobråten har vært kontaktpersoner hos Avinor. Prosjektet er utført ved SINTEF Digital med Rolf Tore Randeberg som prosjektleder og Karen Evensen som prosjektmedarbeider. Prosjektansvarlig i SINTEF Digital har vært Erik Swendgaard.

Denne rapporten har et standard format med gjennomgang av grunnlagsmateriale for regelverket i Norge, presentasjon av beregningsprogrammet, beskrivelse av datagrunnlaget 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. Relevante måleenheter presenteres først.

2.1 Akustiske størrelser

L_{ASmaks} Det A-veide maksimumsnivået for en støyhendelse (f.eks. en landing) målt med tidskonstant "slow", 1 sek. I flystøysammenheng benyttes ofte den forenklete skrivemåten L_{maks} eller L_{max} , idet A-veiging og 1 sek integrasjonstid er underforstått.

L_{pA} Momentant A-veid lydtryknivå

L_{den} Tidsveid ekvivalentnivå med 5 dB tillegg for kveld (19–23) og 10 dB tillegg for natt (23–07). Størrelsen skal normalt beregnes som et gjennomsnitt for hele året. Dette er hovedindeksen i det norske støyregelverket, og indeksen som anbefales av EU for å beskrive vanlig samfunnsstøy. I løpende tekst benyttes også skrivemåten DENL.

L_{dn} Tidsveid ekvivalentnivå med 10 dB tillegg for natt (22–07). Brukes internasjonalt på samme måte som DENL. I løpende tekst benyttes også skrivemåten DNL.

L_{Aeq} A-veid ekvivalentnivå. Korrekt skrivemåte i henhold til ISO er L_{pAT} , der T angir midlingstiden, f.eks. døgn. I løpende tekst benyttes ofte L_{AEQ} eller bare LEQ. Andre brukte varianter av denne er L_{day} , $L_{evening}$, L_{night} eller tilsvarende norske døgnbenevnelser, der disse er definert gjennom periodene for L_{den} .

MFNT Statistisk representativt maksimum flystøynivå for en døgnperiode T. Denne benyttes for nattperioden (23-07). Krav til hyppighet er at maksimumsnivået må opptre minimum tre ganger per uke.

2.2 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 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 på bakgrunnsstøyen. Flystøy har også et betydelig innslag av lavfrekvente komponenter som gjør at den lett trenger inn i bygninger.

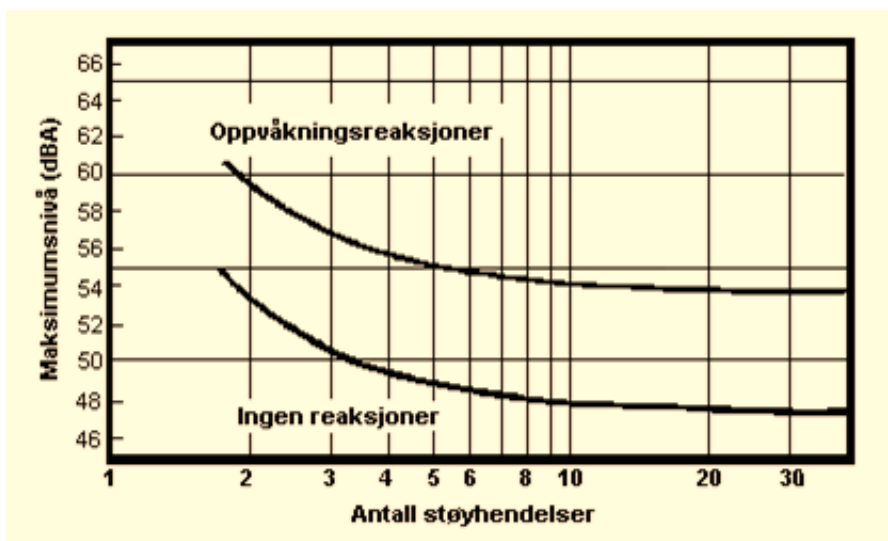
De to viktigste typer ulemper forbundet med flystøy er forstyrrelse av søvn eller hvile og generell irritasjon eller plage. Det er viktig å merke seg at fare for hørselsskader med få unntak begrenser seg til de personer som jobber nær flyene på bakken.

2.2.1 Søvnforstyrrelser som følge av flystøy

Det har vært bred internasjonal enighet om at **vekking** som følge av flystøy kan medføre en risiko for helsevirkninger på lang sikt, se litteraturlisten ref. [3, 4]. Det er **ikke** samme enighet på hvorvidt **endring av søvnstadium** (søvn dybde) har noen negativ effekt alene, dersom dette ikke medfører vekking.

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. søvnstadiumsændring. Sammenheng mellom maksimum innendørs støynivå og antall hendelser [3].

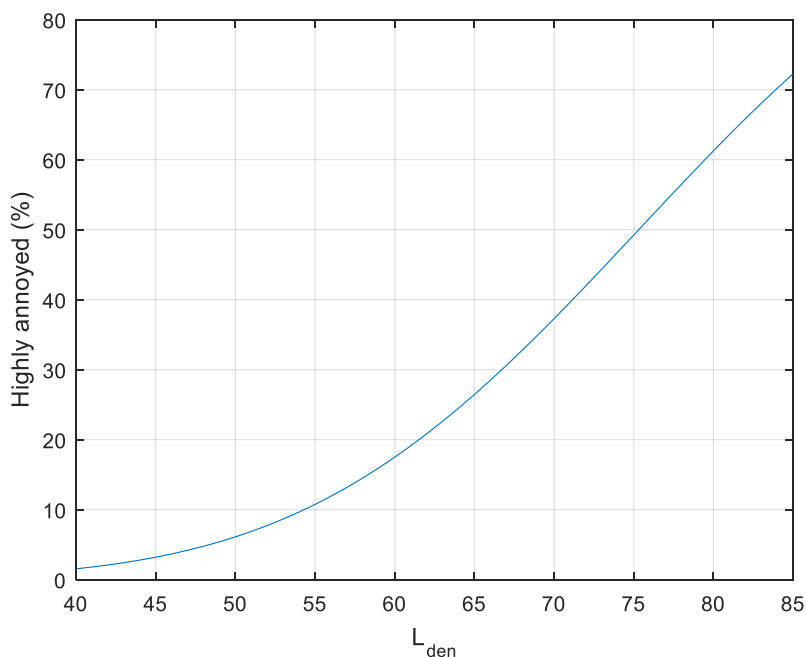
Figuren viser at man tåler høyere støynivå uten å vekkes dersom støynivået opptrer sjelden. Når det blir mer enn ca. 15 støyhendelser i søvnperioden er ikke antallet så kritisk lenger. Da er det 10 % sjanse for vekking dersom nivåene overstiger 53 dBA i soverommet.

2.2.2 Generell plage av flystøy

Generell støypilg kan betraktes som en sammenfatning av de *ulemper* 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 TV/radio og musikk. Kartlegging av folks reaksjoner gjøres normalt gjennom spørreundersøkelser og man søker å finne resultater som er representative for gjennomsnittet av befolkningsgrupper. Slike undersøkelser har vært gjennomført i stor skala både internasjonalt og i Norge.

Sammenfatning av slike undersøkelser er også foretatt flere ganger og den mest omfattende og den som oftest refereres til er publisert av Miedema og Oudshorn, ref. [4]. Den vanligste parameteren som man rapporterer er hvor stor andel av befolkningen som sier seg svært plaget (highly annoyed) som funksjon av ekvivalent støynivå. Både L_{den} og L_{dn} er slike nivåstørrelser hvor det i tillegg gjøres en vektning av når på døgnet støyhendelsen forekommer. Figur 2-2 viser andel sterkt plaget som funksjon av L_{den} slik den er sammenfattet i [4].

Undersøkelsene rundt 1990 i Norge [5, 6] ble foretatt rundt Fornebu, Bodø og Værnes og inngår som en del av bakgrunns materialet i undersøkelsen til Miedema og Oudshorn. Resultatene herfra skiller seg ikke vesentlig ut fra middelkurven.



Figur 2-2. Middelkurve for prosentvis antall personer sterkt plaget av flystøy som funksjon av ekvivalentnivå utendørs [4].

Senere undersøkelser i Norge [7] viser at for fire av fem undersøkte flyplasser så er reaksjonene lavere enn kurven i Figur 2-2, mens én av de fem viser sterkere reaksjoner. De fire med lavere respons er Bodø, Sola, Tromsø og Værnes, mens reaksjonene rundt Gardermoen skiller seg ut i motsatt retning. Årsaken til høyere respons her er antatt å være todelt; dels et vedvarende konfliktnivå mellom flyplass og naboer rundt Gardermoen, dels at tettere trafikk medfører færre stille perioder hvor man får tatt seg inn igjen.

3 Miljøverndepartementets retningslinje

Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging (T-1442) ble fastsatt av Klima- og miljødepartementet i januar 2005. Retningslinjen ble revidert i 2012 og oppdatert i 2016 [8]. Før 2005 var retningslinjen basert på måleenheter utviklet i Norge i starten av 1980-tallet. T-1442 må kunne sies å representere en tilpasning til EU sitt direktiv fra 2001 siden den legger L_{den} til grunn for beregning av ekvivalentnivå. Den har likevel definert et statistisk representativt maksimumsnivå som er ment benyttet for vurdering av støy på natt. For flystøy er denne betegnet L_{5AS} .

3.1 Måleenheter

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 hendelsen forekommer. På kveld legges det til 5 dB til den reelle støyen og på natt adderes 10 dB. Et tillegg på 5 dB på ekvivalentnivået tilsvarer at ett fly på kveld teller som drøyt tre på dagtid, mens ett fly på natt teller som ti på dag. T-1442/2016 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.

Maksimumsnivået L_{5AS} er i [8] 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 måleenheten 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 prosentdel, vil man derfor ikke uten videre vite hvor mange hendelser dette representerer.

Retningslinje T-1442/2016 definerer 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-1442/2016 [8], er det angitt at L_{5AS} beregnes som MFN_{23-07} .

3.2 Støysoner til arealplanlegging

T-1442/2016 definerer to 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 ble definert slik at det i ytterkant av gul sone kan forventes at inntil 10 % av en gjennomsnitts befolkning vil føle seg svært 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 Tabell 3-1. Det fremgår at hver sone defineres med to 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.

Tabell 3-1. Kriterier for soneinndeling. Ytre grense i dB, frittfeltsverdier.

	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

3.2.2 Utarbeidelse av støysonekart 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 sine arealplaner. 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.

3.2.3 Kartlegging av stille områder

Kartlegging av stille områder er omtalt i et eget kapittel i retningslinjen. Kommunene anbefales å synliggjøre avgrensede områder som er viktige for rekreasjonsaktivitet i sine arealplaner som grønne soner. I tettbebyggelse defineres stille områder som eksempelvis parker, kirkegårder, skog som har et støynivå som er under L_{den} på 50 dBA. Utenfor tettbebyggd strøk settes nivågrensen til 40 dBA.

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. Skulle beregningene vært erstattet med målinger, så måtte det 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

Veilederen til T-1442/2016 legger seg opp til reglene fra EU direktiv 2002/49/EC [9] om at det skal benyttes et årsmiddel av trafikken. Det betyr at støysoner skal representere et middeldøgn for hele året. Dersom trafikken er sterkt sesongpreget (turisttrafikk) brukes gjennomsnitt av de tre måneder som har mest trafikk. Militære øvelser som forekommer minst annethvert år, skal inngå i trafikkgrunnlaget.

3.3.2 Beregningsprogrammet NORTIM

Fra 1995 beregnes flystøy i Norge med det norskutviklede dataprogrammet NORTIM [10, 11] eller spesialutgaver av dette (REGTIM og RADTIM). Programmene er utviklet av SINTEF for de norske

luftfartsmyndighetene. Det unike med NORTIM er at det tar hensyn til topografiens påvirkning av lydubredelse, samt lydubredelse over akustisk reflekterende flater.

NORTIM beregner i en og samme operasjon de aktuelle måleenheter som er foreskrevet i retningslinjen L_{den} og MFN_{23-07} (som erstatning for L_{5AS}). Andre støymål som beregnes er blant annet ekvivalentnivået, L_{Aeq} , for hvert døgnsegment i det dimensjonerende middeldøgn. Beregningsresultatene fremkommer i tabellariske oversikter og/eller 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 [12] ble tatt i bruk. Årsaken var at flyparken har andre karakteristika enn den 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 [13], mens direktivitet er basert på måleserier på Gardermoen i 2001 [14] 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 [12].

Beregningsprogrammet inneholder en database for over 300 ulike flytyper. Databasen er importert fra internasjonalt tilgjengelige kilder, i hovedsak fra USA, AEDT [15] og NOISEMAP [16] og med korrigerede støydata for to flyfamilier [12]. I tillegg benyttes data fra målinger foretatt av OSL for de to mest benyttede offshore helikoptre [17] og data fra fabrikken for det nye redningshelikopteret [18].

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.

4 Kartlegging i henhold til forskrift til forurensingsloven

Forskrift om grenseverdier for lokal luftforurensning og støy ble første gang gitt ved kongelig resolusjon 30. mai 1997, med virkning fra 1. juli samme år. Forskriften er hjemlet i forurensningsloven og omtales som forurensningsforskriften. Den ble revidert sist gang i 2004 [19].

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 én støytype dominerer. Dersom flere likeverdige kilder er til stede, senkes kartleggingsgrensen for hver støykilde med 3 dB til 32 dBA.

4.1.1 Beregning med normtall for fasadedempning

Flystøy beregnes primært 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. Ettersom frekvensinnhold er forskjellig fra flytype til flytype, vil støy fra disse ha ulik støydemping gjennom en fasade. Basert på Norges Byggforskningsinstitutt's utredning om fasadeisolasjon [20], som er revidert av Brekke og Strand [21], er det valgt forskjellige normtall for fasadeisolasjon avhengig av hvilke flytyper som er støymessig dominant på hver flyplass. Grenseverdi for kartlegging baseres på hustyper ført opp i 1970 eller senere. Tabell 4-1 viser grenseverdiene for beregnet utendørs døgnekvivalent nivå ($L_{Aeq,24h}$) og er hentet fra M-128 [8], veilederen til T-1442/2016.

Tabell 4-1. Kartleggingsgrenser i henhold til forurensningsloven.

Flyplasstype	Støymessig dominerende flytype	Minimum fasadeisolasjon i vanlig bebyggelse	Kartleggingsgrense relativt til frittfeltsnivå
Regionale flyplasser	Propellfly	22 dBA	57 dBA (35+22)
Stamruteplasser med mil jagerfly	Eldre jetfly og jagerfly	27 dBA	62 dBA (35+27)
Stamruteplasser	Støysvake jetfly	27 dBA	62 dBA (35+27)
Offshoretransport	Sikorsky S-92	20 dBA	55 dBA (35+20)
Annen anvendelse i Norge	Andre typer helikoptre	23 dBA	58 dBA (35+23)

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.

4.1.2 Beregning med frekvensspekter

I enkelte tilfeller med blandet trafikk med ulikt frekvensinnhold kan metoden beskrevet i forrige avsnitt være noe upresis. Det er derfor utviklet en forbedret metode hvor det beregnes et anslag av *innendørs støynivå*, som kan sammenholdes direkte med kartleggingsgrensene og den tentative tiltaksgrensen. Metoden tar hensyn til frekvensinnholdet i hver enkelt flygning. Effektene av kunstige og naturlige skjermer beregnes for hver enkelt frekvens. Ved beregning av innendørs nivå benyttes to ulike reduksjonsspekter for fasaden, for Hustype II og IV i ref. [21]. Førstnevnte representerer hus bygget rundt 1970-1980 med isolert tak og kaldt loft, og benyttes i de aller fleste tilfeller. Hustype IV representerer boligblokker, og benyttes for

bygningstyper hvor vegger typisk er murt eller støpt. På grunn av disse forenklingene vil det beregnede innendørsnivået *ikke* kunne erstatte en faglig utredning som tar hensyn til den aktuelle bygningskonstruksjonen i hvert enkelt tilfelle.

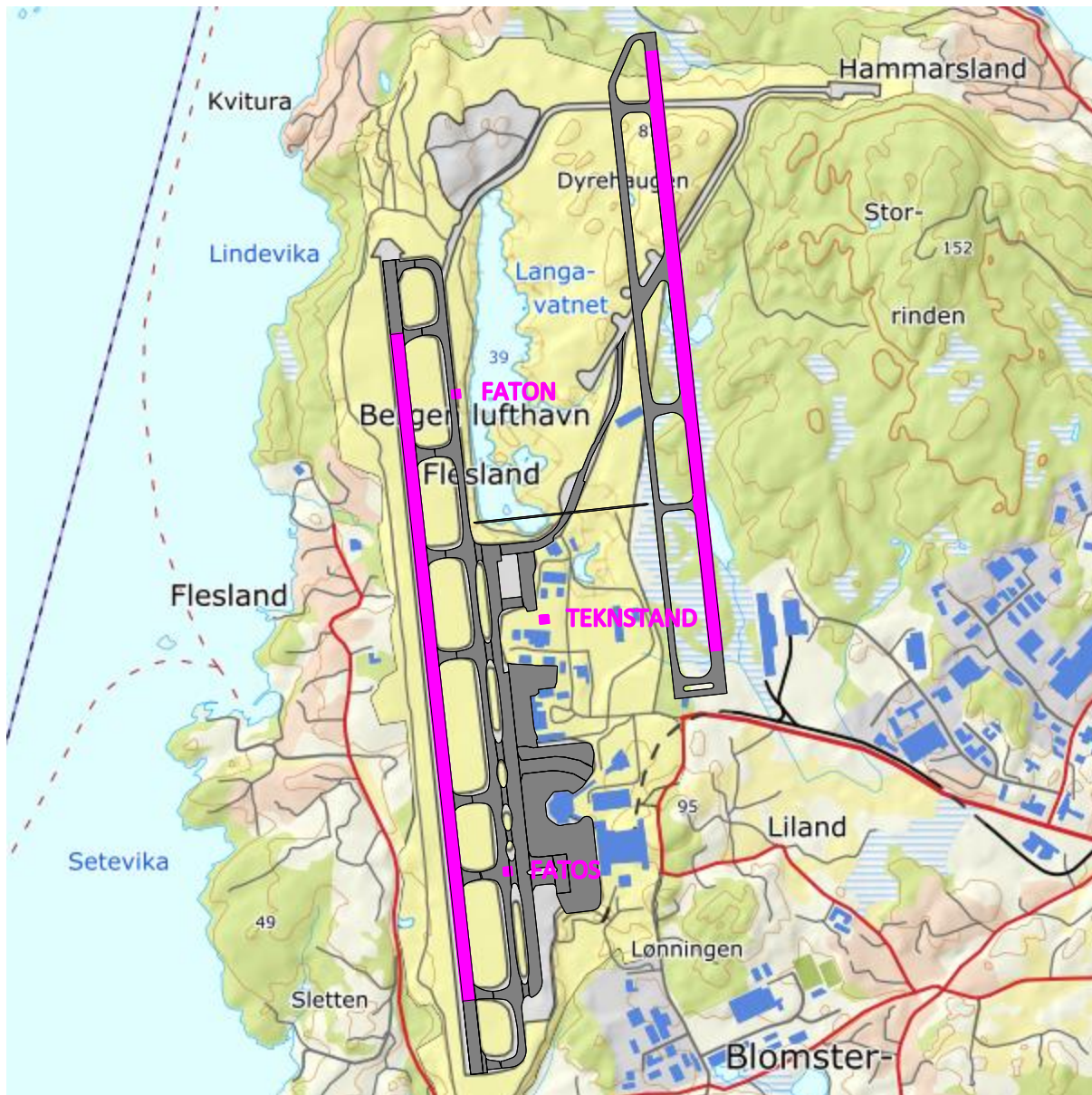
4.2 Strategisk støykartlegging

Strategisk støykartlegging gjennomføres for å tilfredsstille EU direktiv 2002/49/EC [9], 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, samt opptelling av antall boliger og andre bygninger med støyømfintlig bruksområde innenfor intervaller av støy nivå for både L_{den} og L_{night} .

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

5 Omgivelser

Digitalt kartgrunnlag og topografi er hentet fra Kartverket sine gratistjenester [22]. Topografien er representert med en punkttetthet på 10×10 meter. I figuren under er rullebanene slik de inngår i beregningene markert med rosa.



**Figur 5-1. Bergen lufthavn Flesland med omgivelser. Rullebaner (terskel til terskel) er markert i rosa.
M 1:25 000**

Tabell 5-1 viser koordinater for de rullebaner som inngår i støyberegningen. Rullebane 17R/35L er dagens rullebane og 17L/35R er den planlagte nye rullebanen. 17TLOF/35TLOF er deler av dagens rullebane som brukes til avganger med offshore helikopter. Tilsvarende brukes FATON/FATS (på taksebane Y) for landing. TEKNSTAND brukes for andre helikopterbevegelser.

Alle kartkoordinater er gitt i UTM/EUREF Zone 32. Rullebanene legges inn som akustisk harde flater.

Tabell 5-1. Koordinater for rullebaner.

Navn	Fra øst	Fra nord	Til øst	Til nord	Retning	Lengde
17L	291802	6692329	292038	6690142	174	2200
17R	290871	6691298	291135	6688862	174	2450
17TLOF	290993	6690119	291162	6688529	174	1599
35L	291135	6688862	290871	6691298	354	2450
35R	292038	6690142	291802	6692329	354	2200
35TLOF	291055	6689587	290896	6691085	354	1506
FATON	291074	6691077	291103	6691080	85	30
FATOS	291262	6689332	291292	6689335	85	30
TEKNSTAND	291427	6690256	291394	6690253	265	33

Det ble gjort enkelte terrengkorreksjoner ved forrige beregning i 2018. Disse er blitt gjenbrukt ved denne beregningen.

6 Flyaktiviteten ved Bergen lufthavn, Flesland

6.1 Dagens trafikk

Ifølge retningslinje T-1442 skal det benyttes trafikk for et helt år som grunnlag for beregningen av støysoner. Avinor har oversendt digital journal for all trafikk ved Flesland lufthavn i 2019. For beregningene for situasjonen etter 2040 har Avinor også oversendt forventet antall operasjoner for innland-, utland- og offshore- trafikk med tilhørende skaleringsfaktorer i forhold til trafikken i 2019.

Det er brukt en skaleringsfaktor på 1,18 for innenlands flyvninger og 2,5 for utenlandsflyvninger. Skaleringene er kun gjort for ruteflyging, ikke regelbundet trafikk, fraktflyging, posisjonsflyging og teknisk retur. For helikopter er det antatt 8000 bevegelser i 2040, som gir en skaleringsfaktor på 0,56 relativt trafikken i 2019. Det antas ingen skalering for annen type flyging. Tabellene under oppsummerer trafikkmengdene etter skalering.

Tabell 6-1. Antall flybevegelser i 2040 for avganger (TO), landinger (LA) og touch-and-go (TG).

Operasjon	Antall
TO	65271
LA	65215
TG	247

Tabell 6-2. Antall bevegelser per type flygning i 2040.

FLT Kode	FLT Beskrivelse	Antall
1	Ruteflyging	105627
2	Ikke regelbundet trafikk	5414
3	Fraktflyging	1154
4	Kontinentalsokkelflyging (m/helikopter)	8004
5	Annen kommersiell helikopterflyging	2332
6	Annen kommersiell flyging	362
9		2
11	Ettersøkning- og redningstjeneste	22
12	Ambulanseflyging	1107
13	Skole- og instruksjonsflyging	1587
14	Posisjonsflyging	1724
15	Teknisk retur flyging	576
16	Kontrollflyginger	24
17	Allmenn flyging	2613
21	Militær flyging	157
22	Ambulanseflyging med militært luftfartøy	6
24	Militær posisjonsflyging	6
25	Militær testflyging	2
26	Militær kontrollflyging	6
27	Søk- og redningstjeneste med militært luftfartøy	2
28	Luftfartøy som deltar i militærøvelser	4
29	Militær treningsflyging	2
	Totalt:	130733

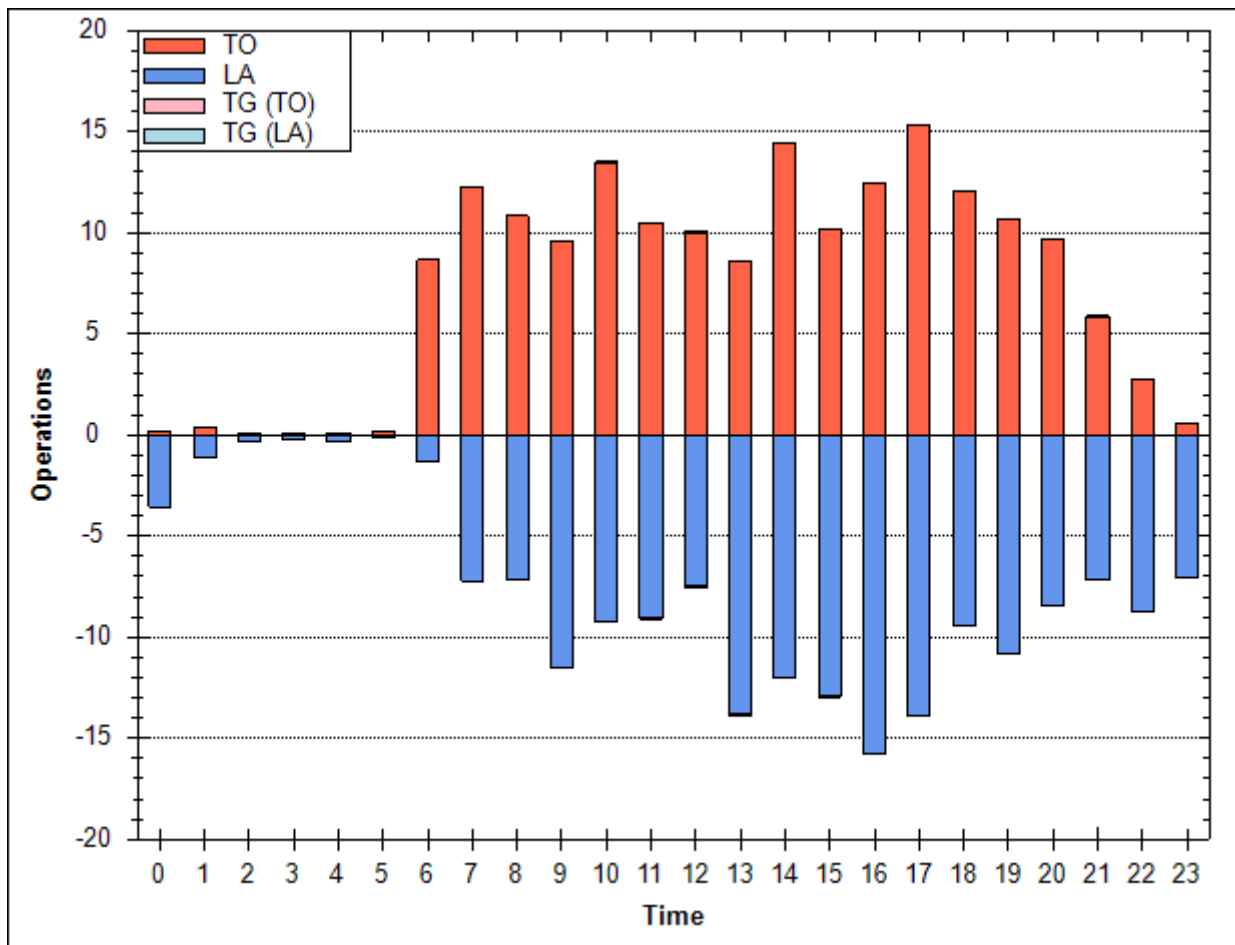
Det er lagt inn taxi-bevegelser før hver avgang og etter hver landing. For offshore helikopter er det etter landing lagt inn 4 minutter taxi inn og 4 minutter nedkjøling. Tilsvarende er det lagt inn 4 minutter taxi ut etter 4,7 minutter oppvarming før avgang. Sistnevnte tall er en middelværdi som inkluderer at helikoptrene står med motor i gang 5 minutter ekstra (totalt 9 minutter) ifm. motorvask for de første fire avganger på ukedager. For andre helikopter er det forutsatt 2 minutter oppvarming og 3 minutter nedkjøling.

I journalen fra Avinor er det benyttet koding av flytypenavn etter ICAO dokument 8643, <https://www.icao.int/publications/DOC8643/Pages/default.aspx>. I databasen til beregningsprogrammet har flytypene andre betegnelser, og en del av preprosesseringen er å oversette typenavn til navn som finnes i databasen. I tilfellene hvor flytypen ikke finnes i databasen, benyttes substitutter etter en godkjent liste. For mindre fly benyttes samlebetegnelsene, GASEPF og GASEPV, for én-motors småfly med stempelmotor og propell, henholdsvis med fast og variabel pitch. COMSEP benyttes når pitchen ikke er kjent. BEC58P benyttes på samme måte som en samlebetegnelse på små to-motors propellfly med stempelmotor. For helikopter som ikke har egne data er det benyttet betegnelsene LHEL, MHEL og THEL for henholdsvis lett, middels og tungt helikopter. Disse tre representeres ved data som foreligger for Bo105, SA365 og SK61. En oversikt over substituttene som er brukt er gitt i Appendiks 12.

En liste over flytyper som inngår i beregningene etter substituering er vist i Tabell 6-3. Figur 6-1 viser trafikkfordelingen over et gjennomsnittsdøgn.

Tabell 6-3. Antall bevegelser per type fly i 2040.

Flytype	Antall	Flytype	Antall	Flytype	Antall
7373B2	30	CNA441	88	GASEPV	674
737400	592	CNA500	147	GIV	36
737500	46	CNA510	12	GV	6650
7378MAX	38056	CNA525C	29	HS748A	8
737MAX	13520	CNA560E	40	IA1125	17
74720B	10	CNA560XL	150	L188	7
747400	2	CNA680	254	LEAR35	237
757300	10	CNA750	5	LHEL	314
757PW	630	COMSEP	25	MD83	4
767300	31	CRJ9-LR	5	MHEL	1388
A319	1851	CVR580	10	MU3001	32
A320-270N	7906	DC8QN	9	PA28	794
A321NEO	5370	DHC6	1755	PA31	65
A330-301	10	DHC8	6144	S92	8672
A330-343	4	DHC830	21023	SA330	227
A340	12	E3A	3	SA350	610
AW101	15	EC130	10	SABR80	47
B206L	1	EC135	26	SF340	206
BAE146	25	EMB120	525	THEL	19
BEC58P	91	EMB145	234	Totalt:	130736
C130	3	EMB14L	24		
C130HP	34	EMB170	90		
CIT3	34	EMB175	30		
CL600	581	EMB190	2596		
CL601	52	EMB190E2	5824		
CNA172	1794	EMB195	157		
CNA206	25	FAL20	120		
CNA208	24	GASEPF	635		



Figur 6-1. Antall bevegelser per time for et gjennomsnittsdøgn i 2040.

I tillegg til endring i trafikk tall er det forutsatt utskifting i flyparken som gitt i Tabell 6-4 [23].

Tabell 6-4. Utskifting av flytyper fram mot 2040.

I journal (2019)	Substitutt (2040)
B738	737MAX
B737	737MAX, justert med -0,1 dB for landinger, -0,7 dB for avganger
A319	A319, justert med -2,1 dB for landinger, -3,3 dB for avganger
A320	A320NEO, justert med -0,2 dB for landinger, -0,7 dB for avganger
A321	A321NEO, justert med -0,2 dB for landinger, -0,7 dB for avganger
S61	AW101
EMB190	EMB190, justert med -1,1 dB for landinger, -6,7 dB for avganger

For situasjonen etter 2040 er det sannsynlig at el-fly har blitt innført, men på nåværende tidspunkt finnes det ikke data for disse flytypene. Dagens turbopropfly benyttes derfor for Widerøetrafikken også i 2040. Dersom el-fly har blitt innført per da, vil dette kunne bety et noe lavere støynivå.

7 Traséer og profiler

For jet- og turbopropfly skilles det mellom prosedyrer på dagtid og på natt. På dagtid benyttes både østre og vestre rullebane. På natt benyttes kun vestre rullebane. Andre flytyper antas å benytte vestre bane hele døgnet. Fordelingen mellom rullebanene er gjengitt i Tabell 7-1. For landinger er det antatt at kurvet innflyging (RNP) benyttes i 80% av tilfellene ved landing på bane 17, og 60% av tilfellene på bane 35.

Tabell 7-1. Rullebanefordeling for jet- og turbopropfly.

Dag				
Landinger	17L		35 R	
	RNP	ILS	RNP	ILS
	48.2 %	12.1 %	23.8 %	15.9 %
Avganger	17R		35L	
	60 %		40 %	
Natt				
Landinger	17 R		35L	
	RNP	ILS	RNP	ILS
	48.2 %	12.1 %	23.8 %	15.9 %
Avganger	17 R		35L	
	60 %		40 %	

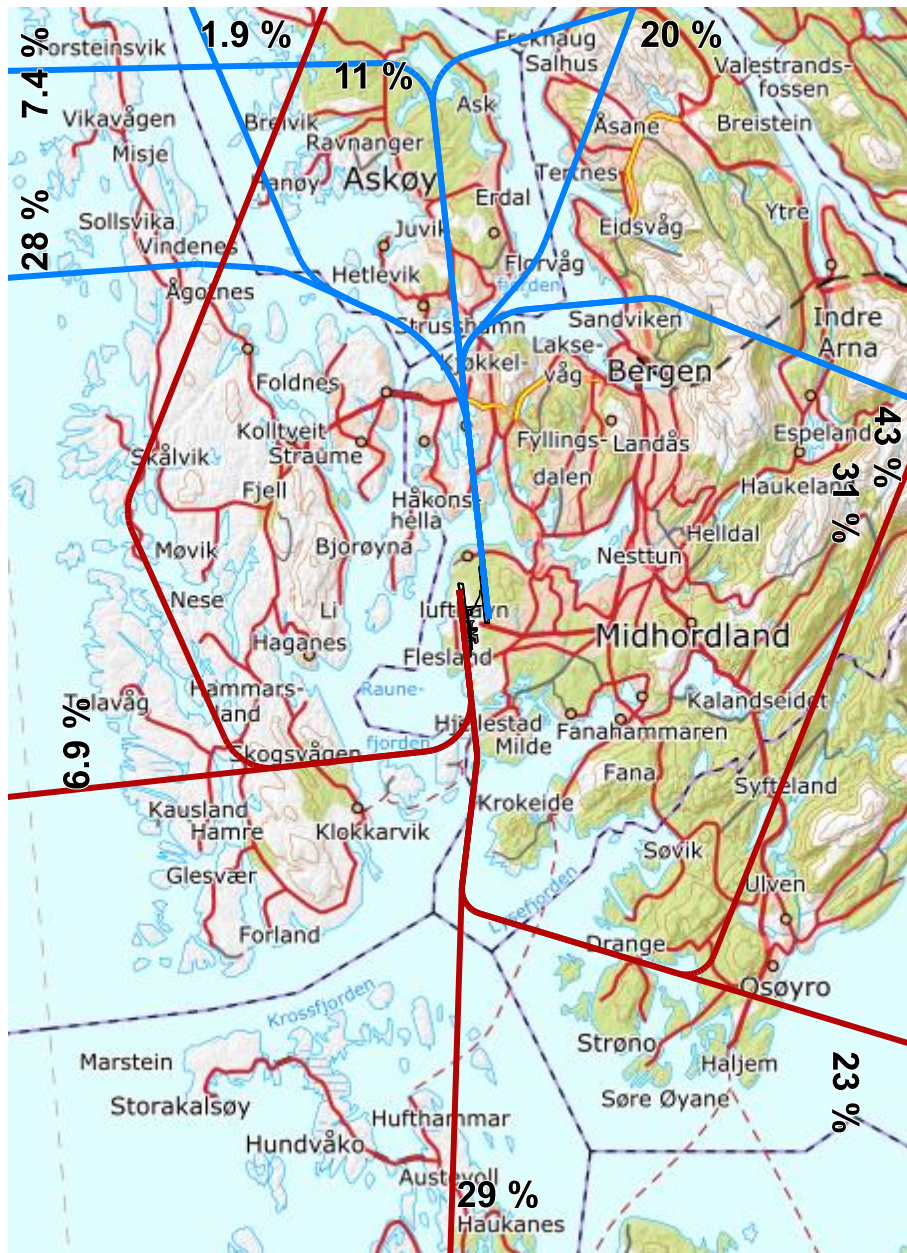
For turboprop/el.fly brukes samme fordeling, men egne low-performance SID brukes ved avgang.

For småfly benyttes samme fordeling som ved forrige beregning. Dette innebærer en fordeling på 60:40 mellom RWY 17R og 35L.

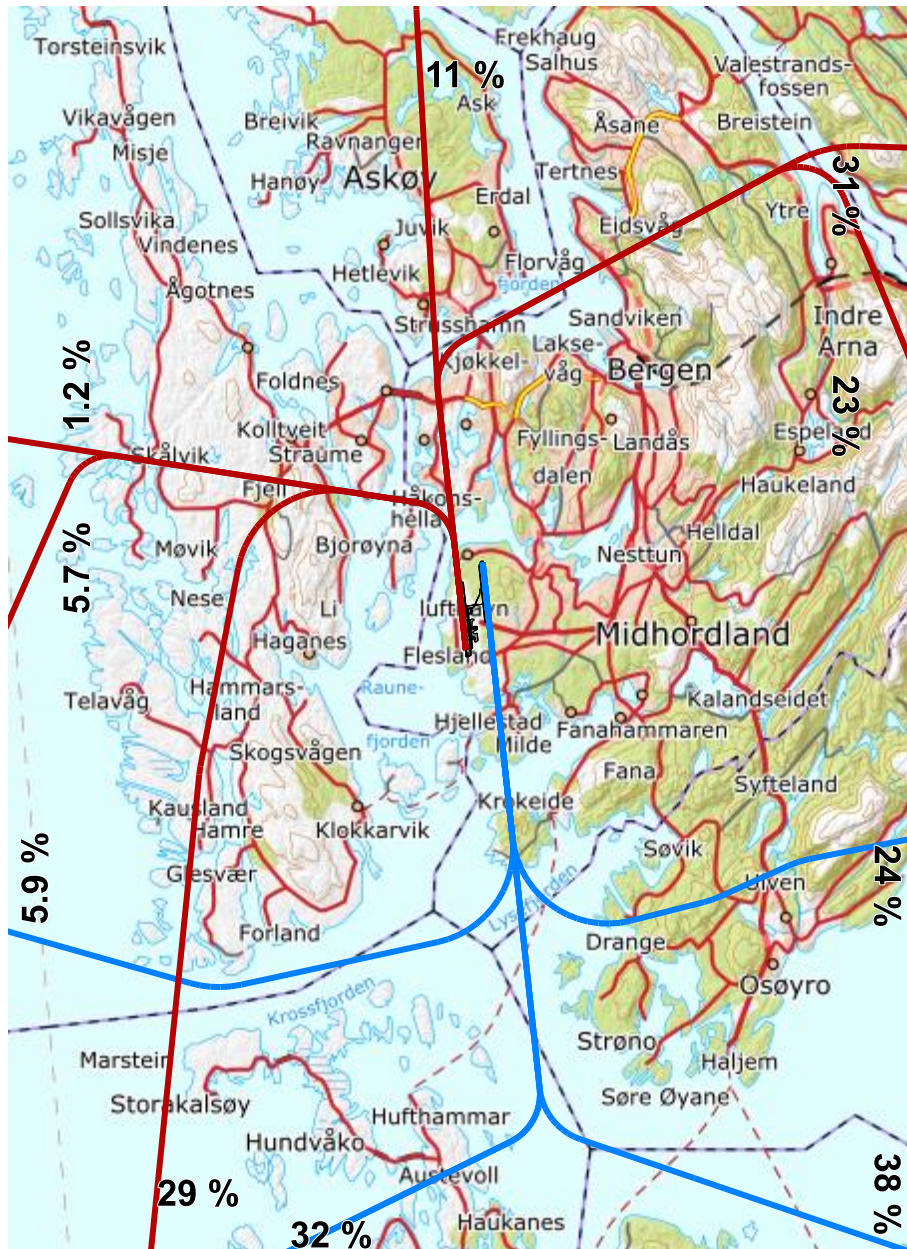
For offshore helikopter benyttes en fordeling 60:40 mellom FATON/FATOS for landing og 60:40 mellom 17TLOF og 35TLOF for avgang.

Flygemønster har blitt satt basert på dokumentasjon fra Avinor: underlagsrapport [1], prosedyrekart, navigasjonspunkter og korrigerte destinasjonsgrupper. For helikopter og småfly er det benyttet samme flygemønster som ved forrige beregning [2].

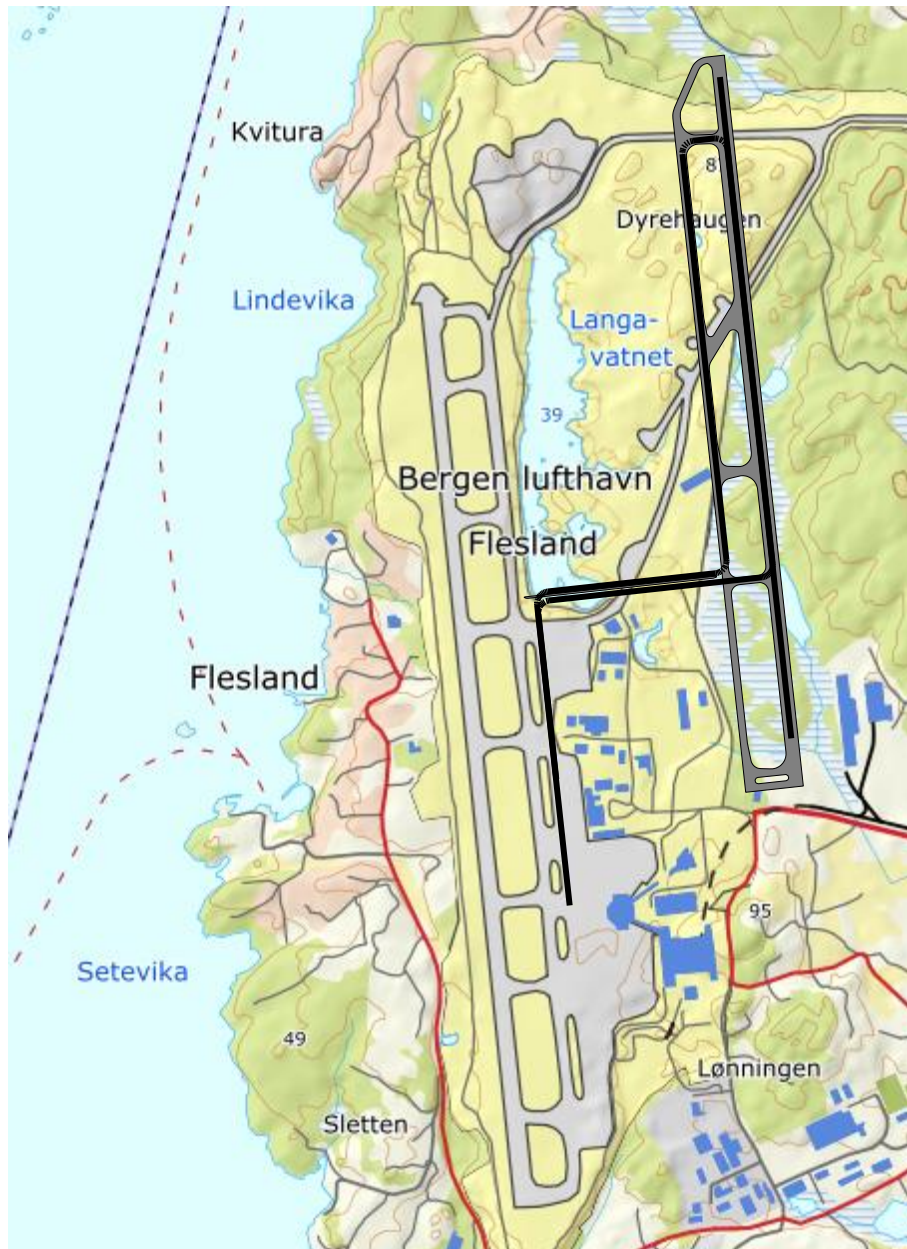
7.1 Flygetraséer for jetfly på dag



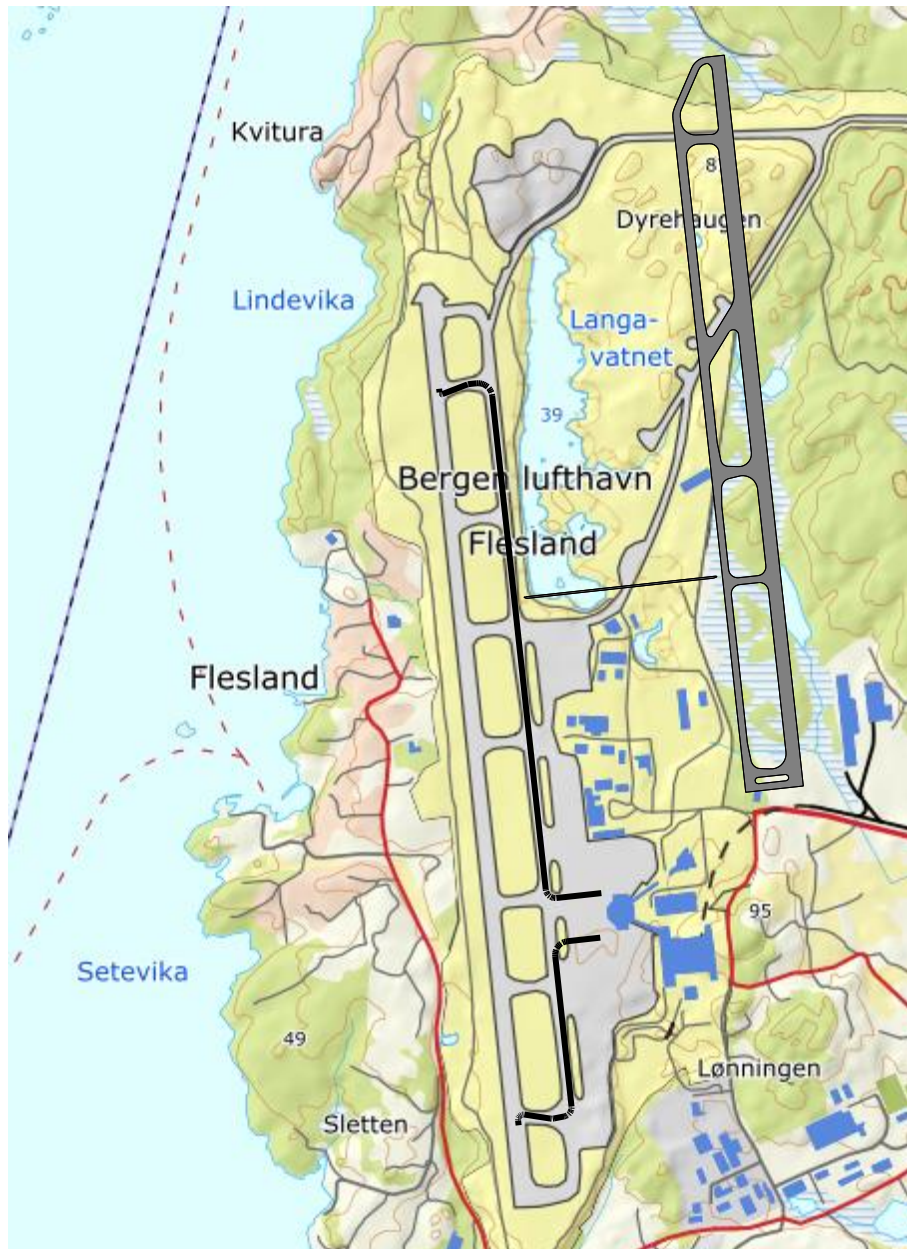
Figur 7-1. Traséer for landing (blå) og avgang (rød) for jetfly på dagtid på bane 17. M 1:300 000.



Figur 7-2. Traséer for landing (blå) og avgang (rød) for jetfly på dagtid på bane 35. M 1:300 000.

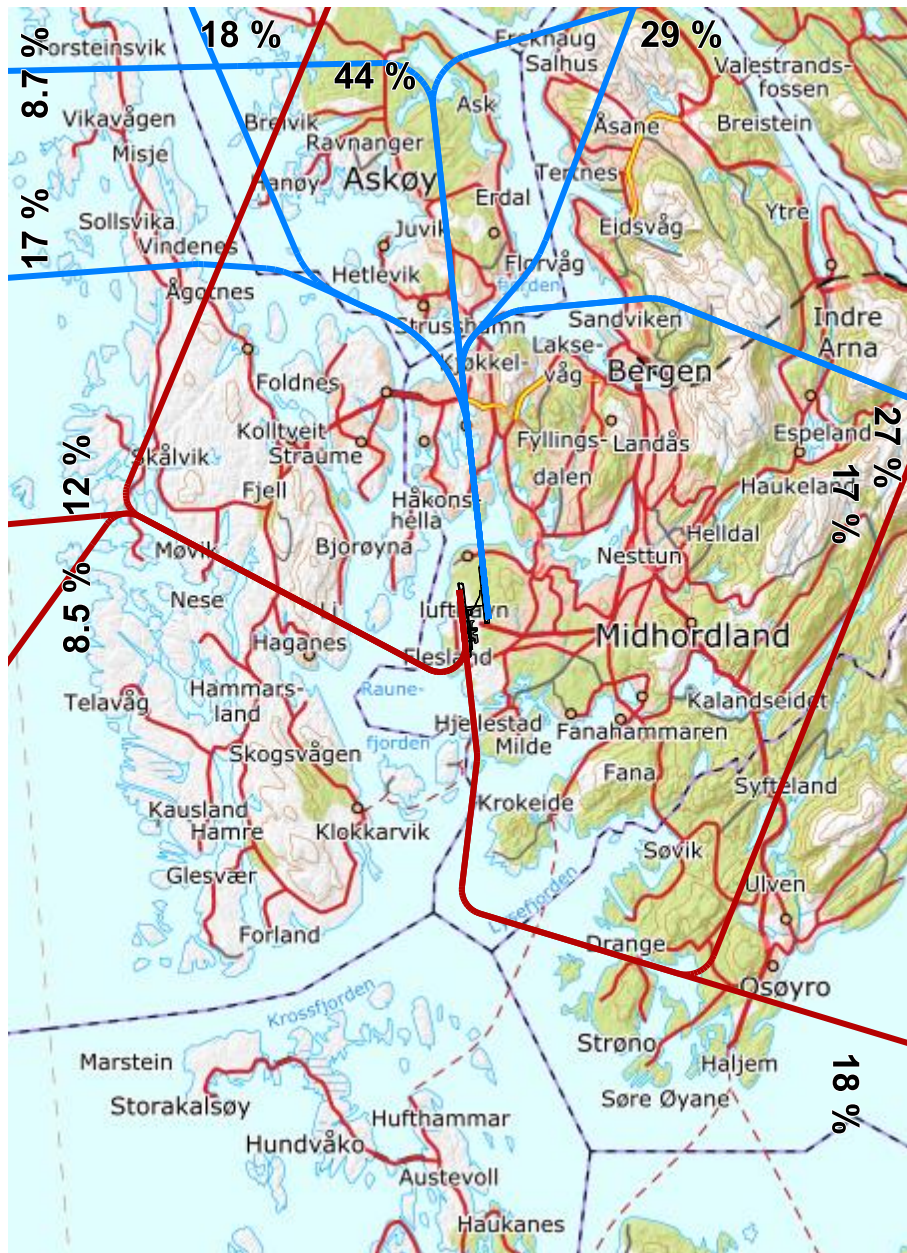


Figur 7-3. Taksetraséer for jet på dagtid ved landing på rullebane 17L/35R. M 1:25 000.

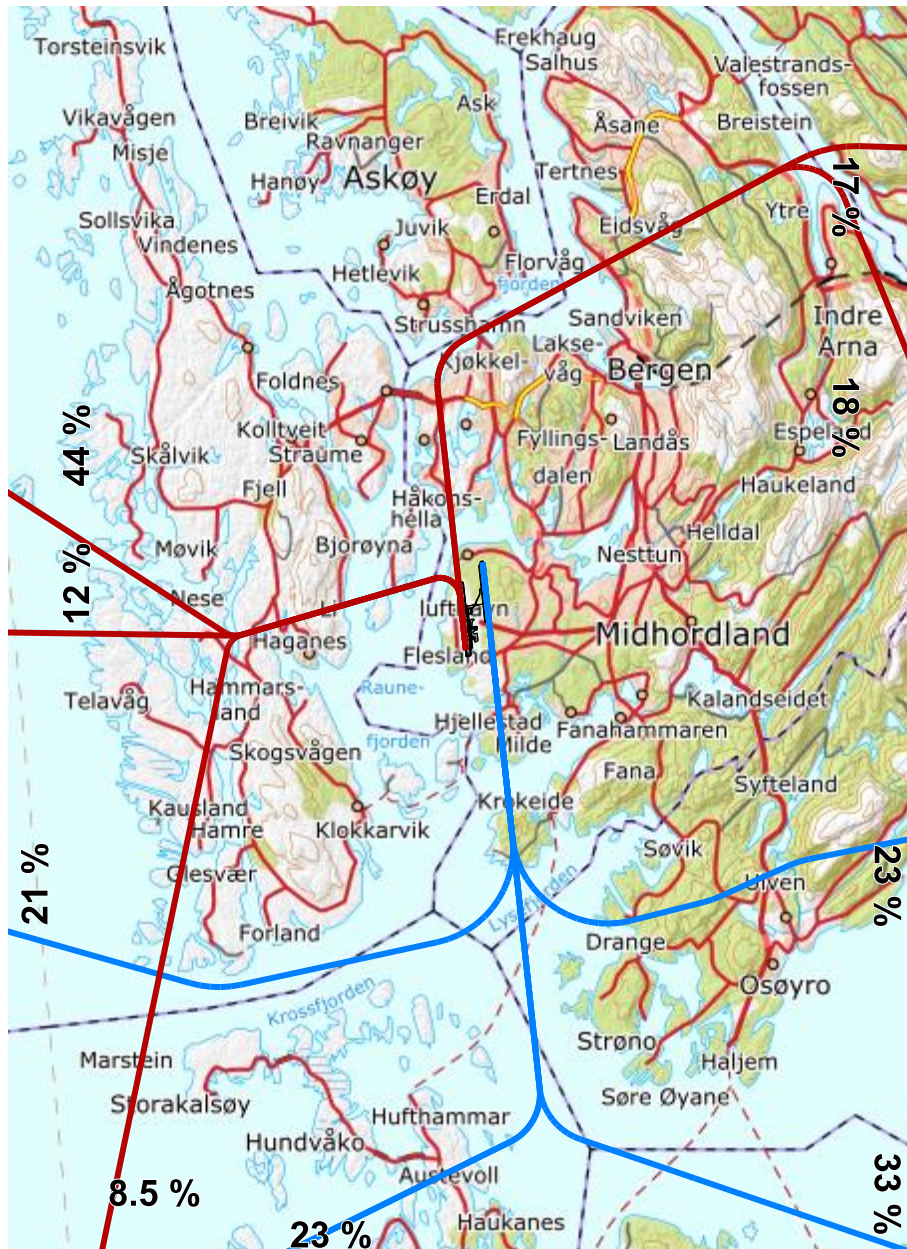


Figur 7-4. Taksetraséer for jet på dagtid ved avgang på rullebane 17R/35L. M 1:25 000.

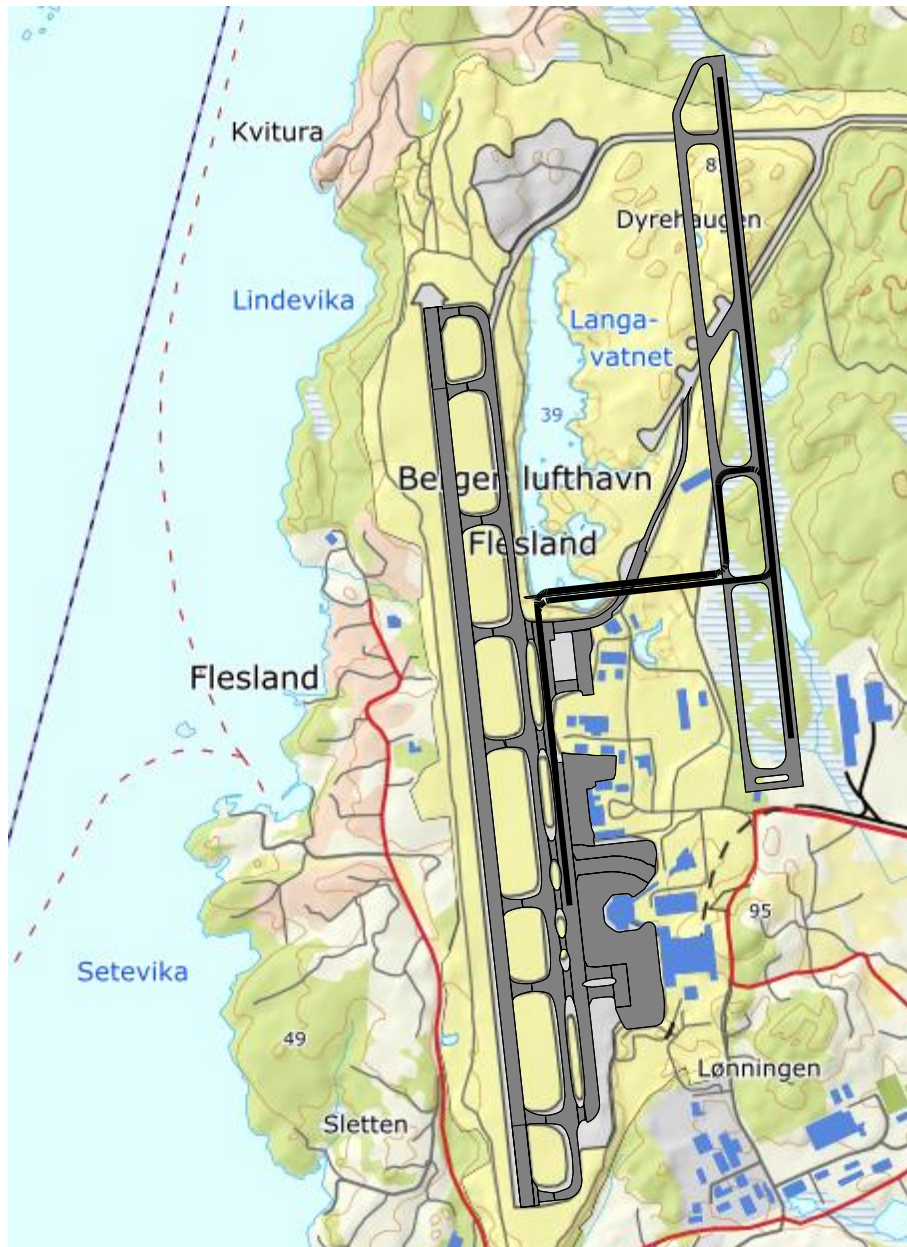
7.2 Flygetraséer for turboprop/ el.fly på dag



Figur 7-5. Traséer for landing (blå) og avgang (rød) for turboprop/el.fly på dagtid på bane 17.
M 1:300 000.



Figur 7-6. Traséer for landing (blå) og avgang (rød) for turboprop/el.fly på dagtid på bane 35. M 1:300 000.

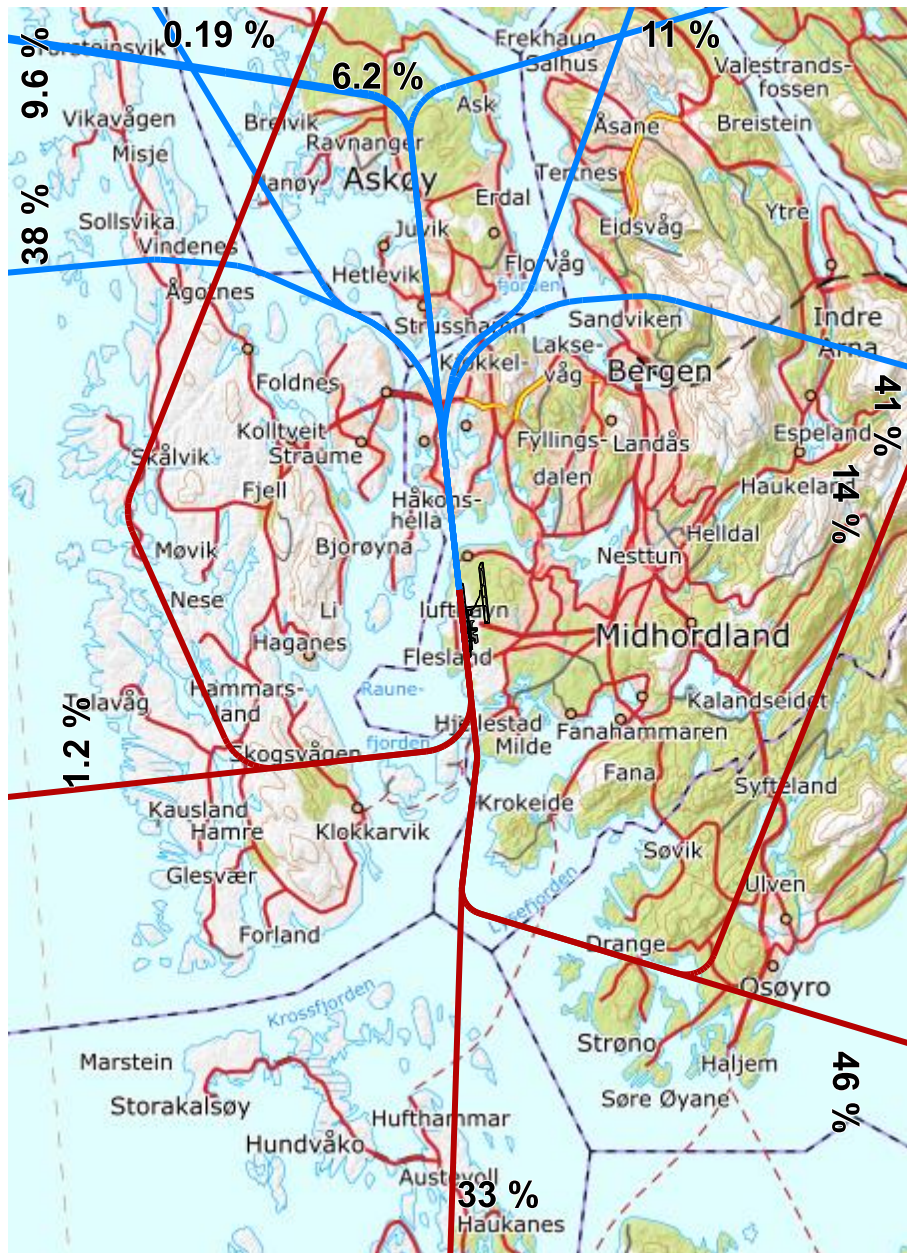


Figur 7-7. Taksetraséer for turboprop/el.fly på dagtid ved landing på bane 17L/35R. M 1:25 000.

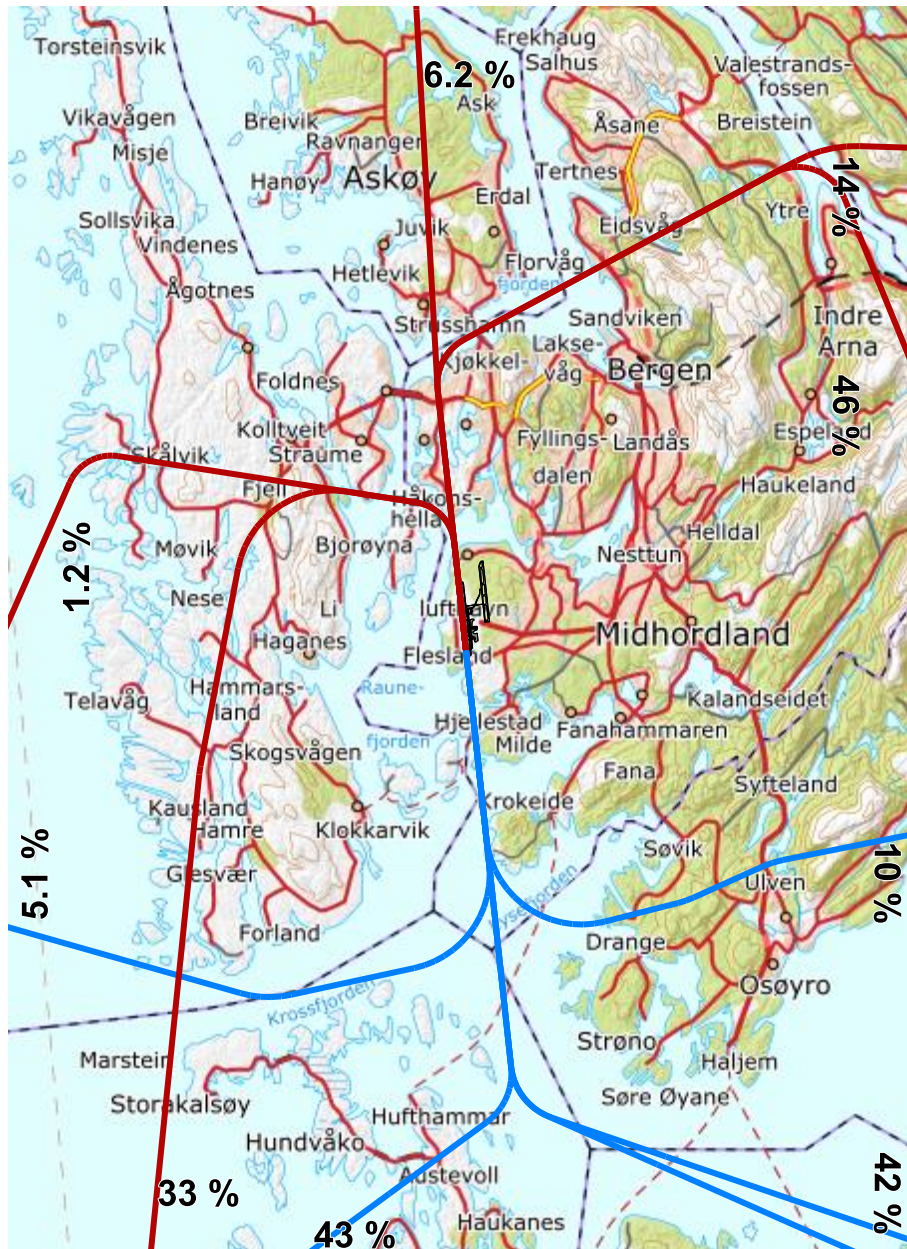


Figur 7-8. Taksetraséer for turboprop/elfly på dagtid ved avgang på bane 17R/35L. M 1:25 000.

7.3 Flygetraséer for jetfly på natt

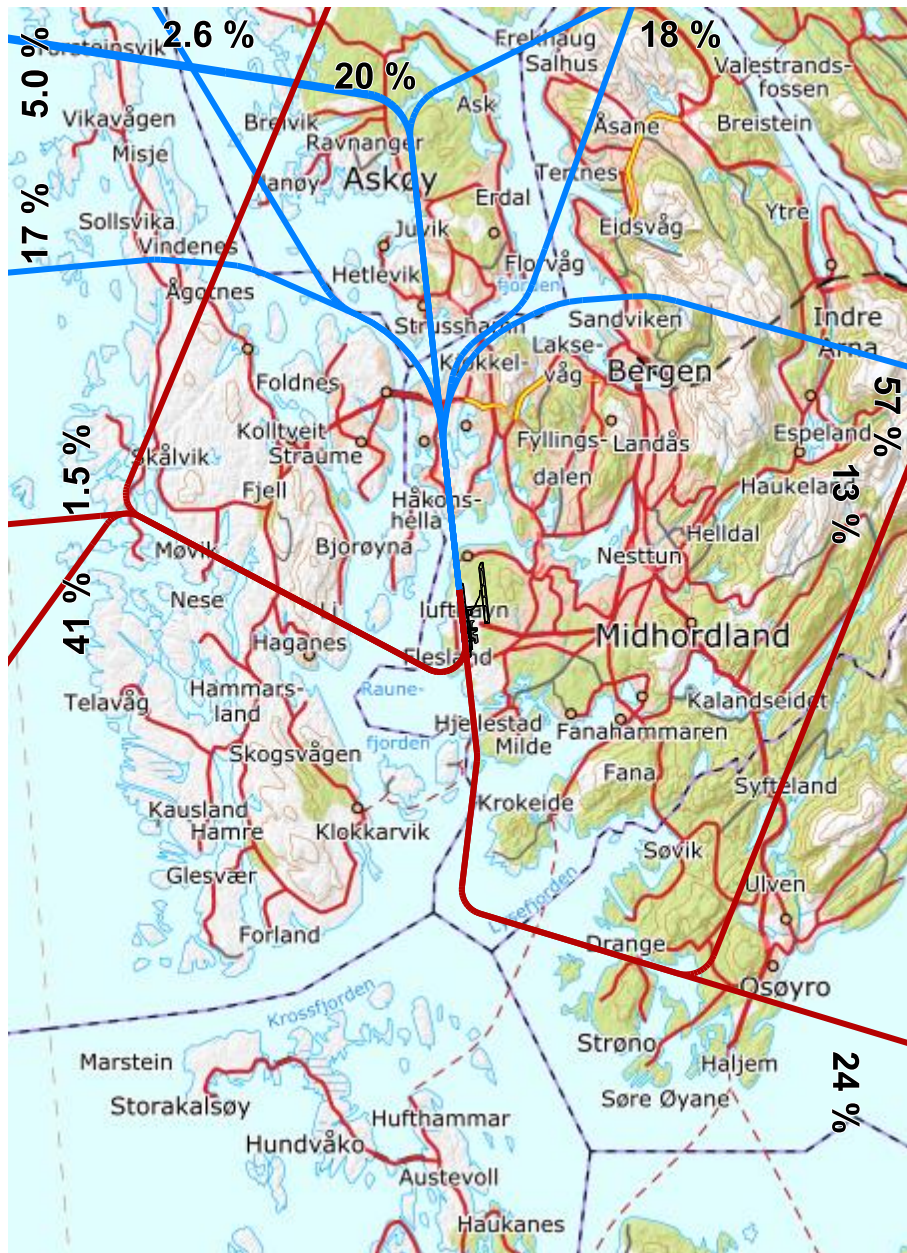


Figur 7-9. Traséer for landing (blå) og avgang (rød) for jetfly på natt på bane 17. M 1:300 000.

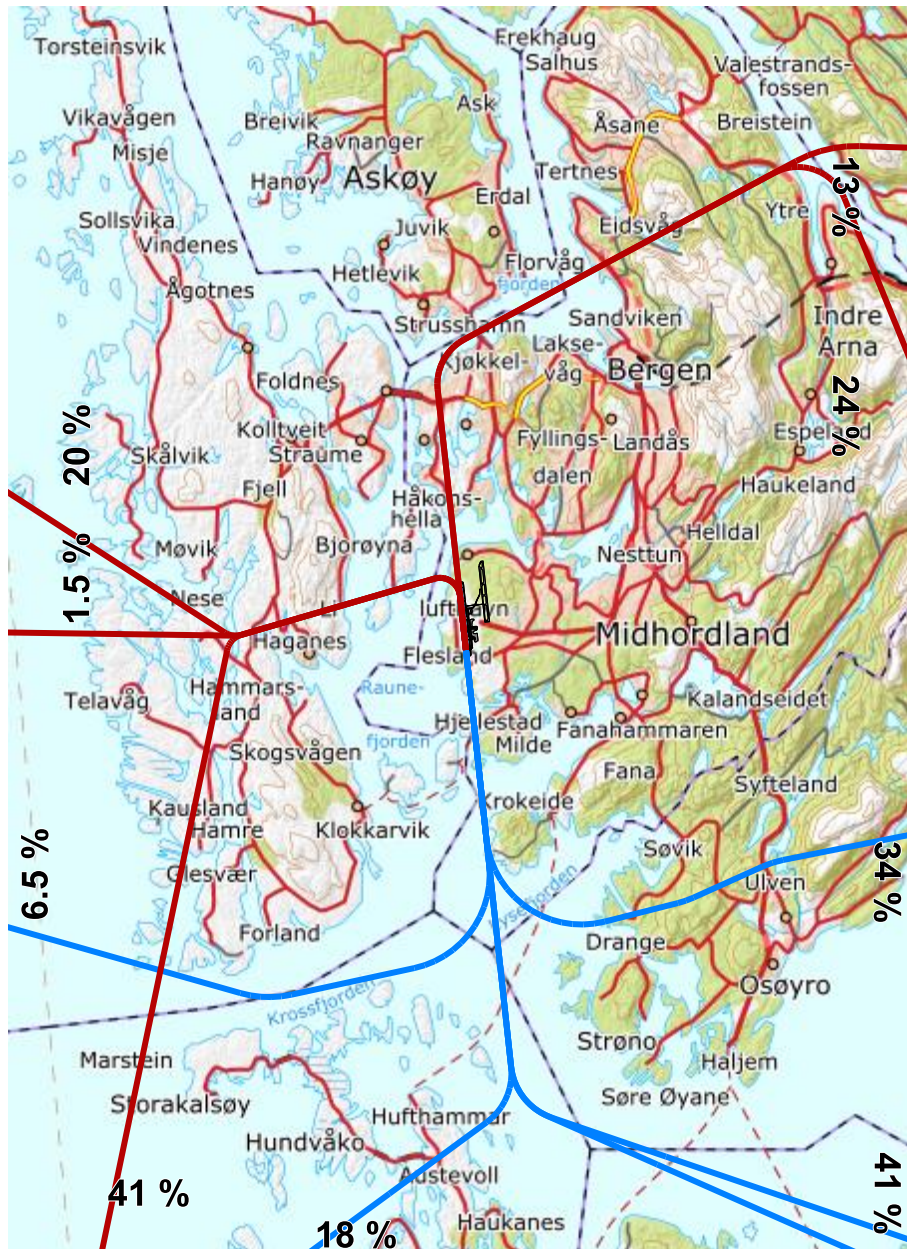


Figur 7-10. Traséer for landing (blå) og avgang (rød) for jettfly på natt på bane 35. M 1:300 000.

7.4 Flygetraséer for turboprop/ el.fly på natt



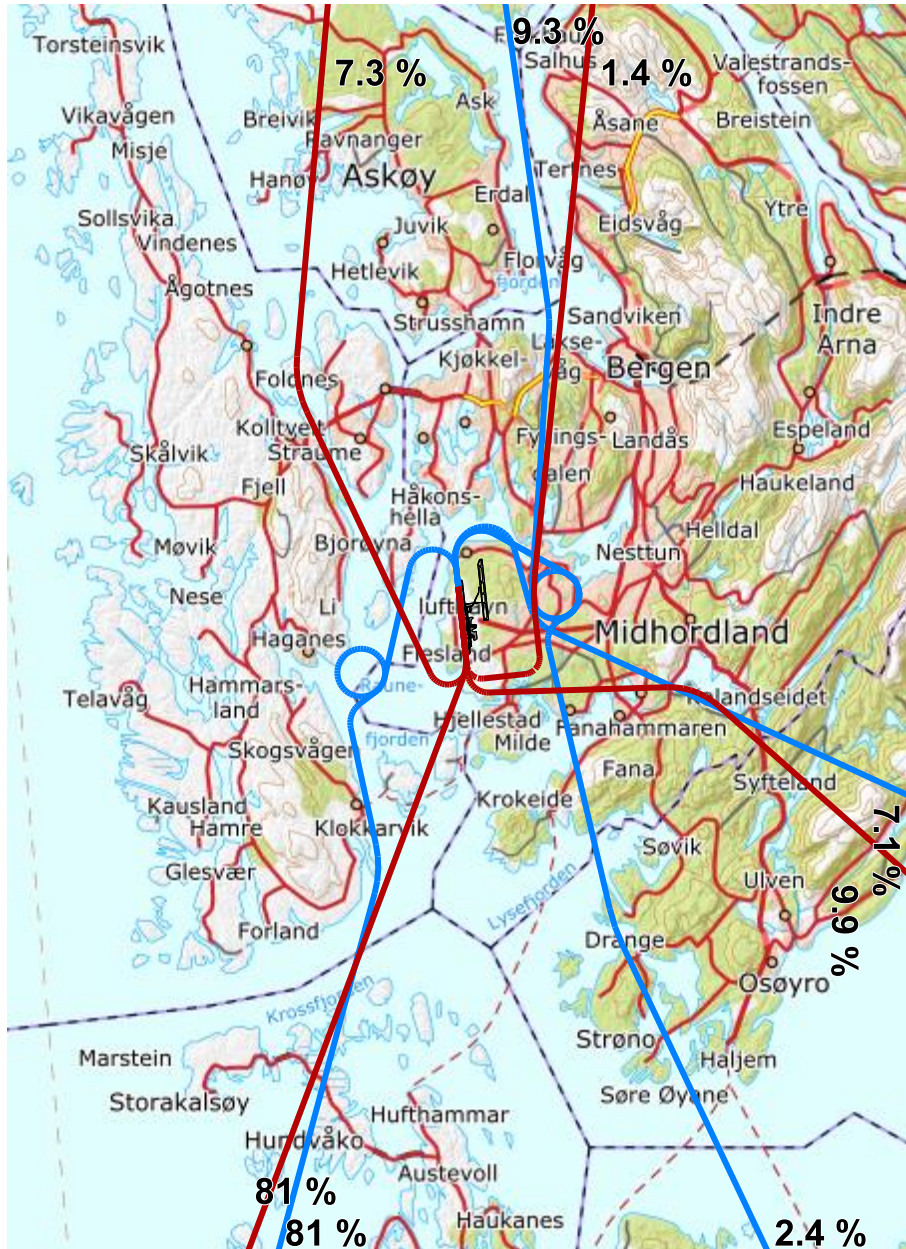
Figur 7-11. Traséer for landing (blå) og avgang (rød) for turboprop/el.fly på natt på bane 17.
M 1:300 000.



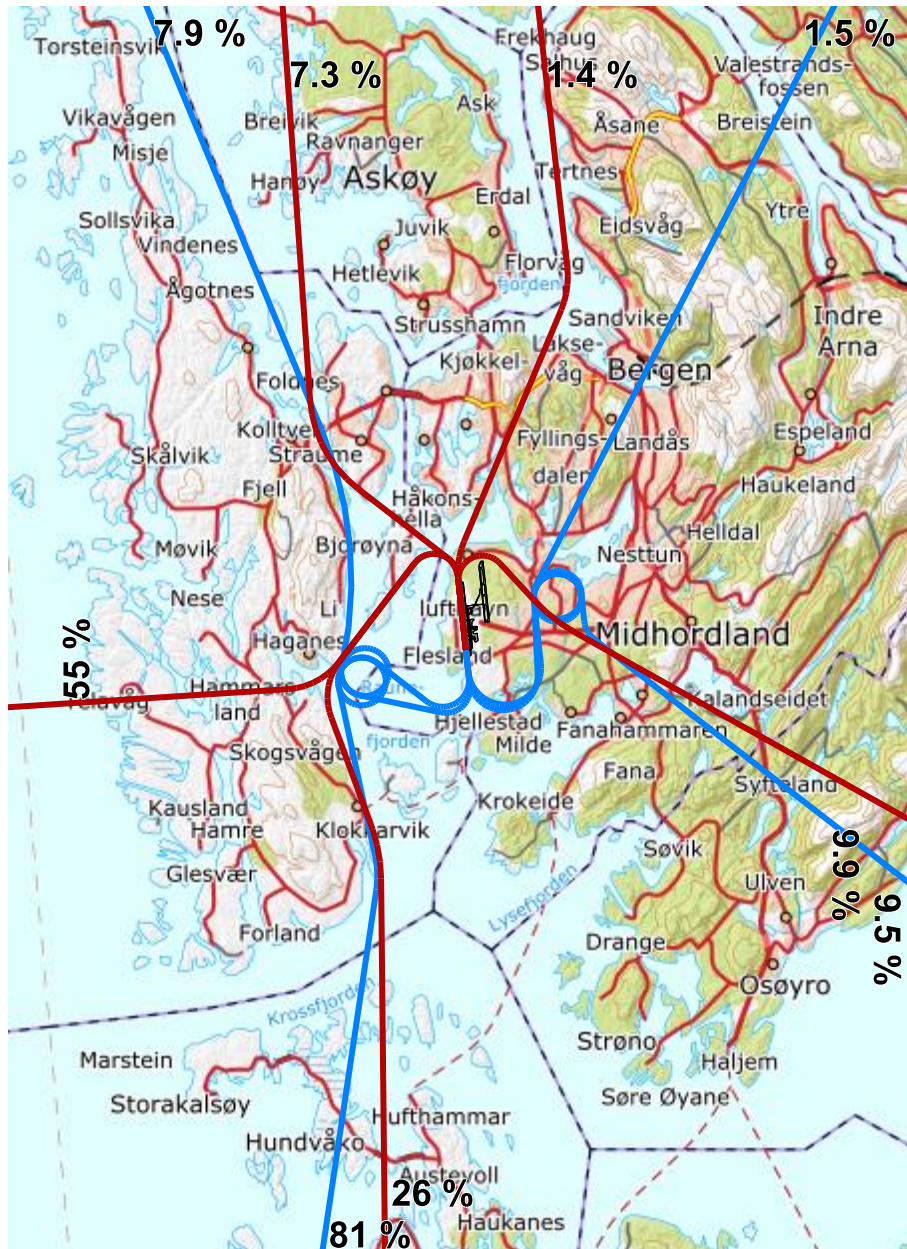
Figur 7-12. Traséer for landing (blå) og avgang (rød) for turboprop/el.fly på natt på bane 35.
 M 1:300 000.

7.5 Småfly og helikopter

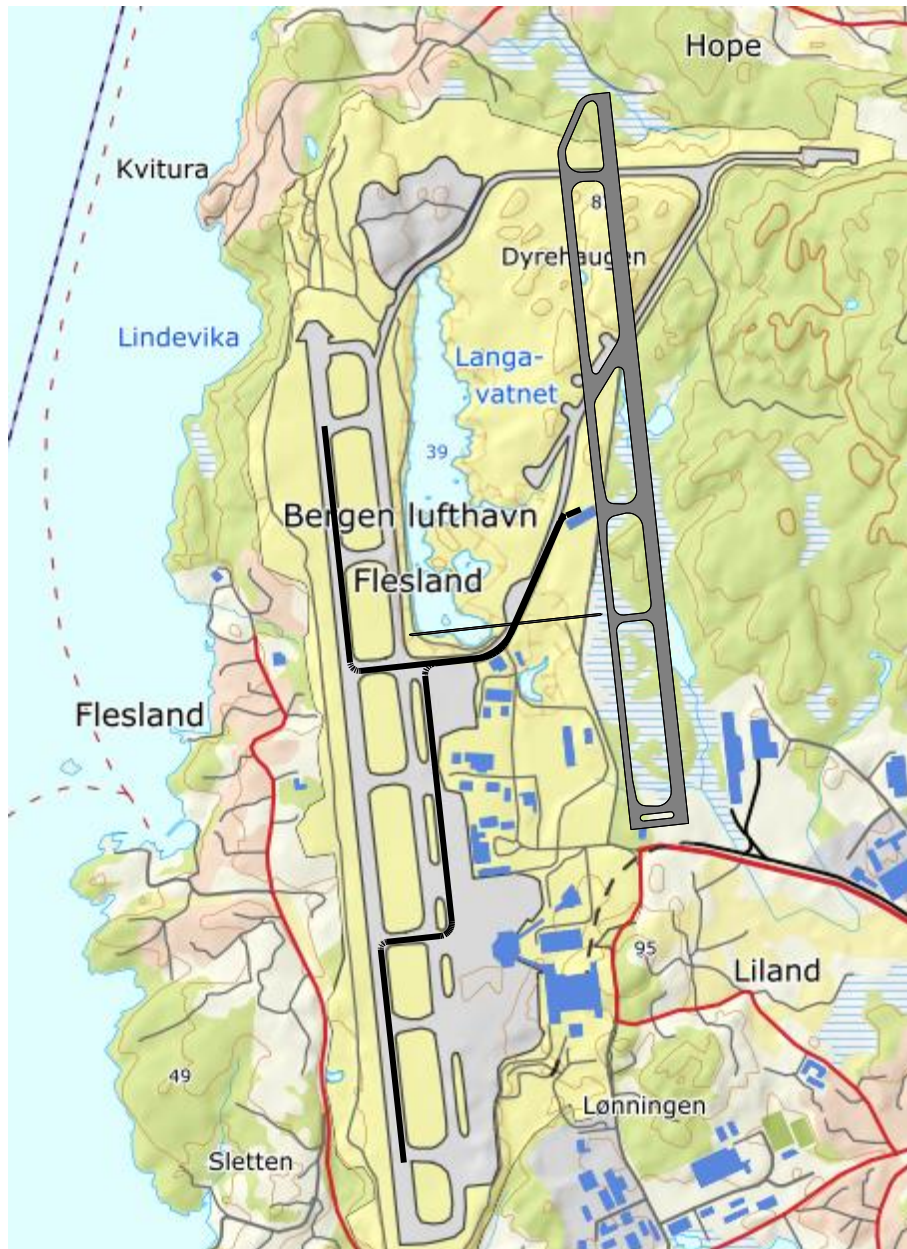
For småfly, helikopter og offshore-helikopter er prosedyrer og traséer de samme som ble brukt ved forrige beregning i 2018 [2]. For disse flykategoriene benyttes samme traséer og fordeling på dag og natt.



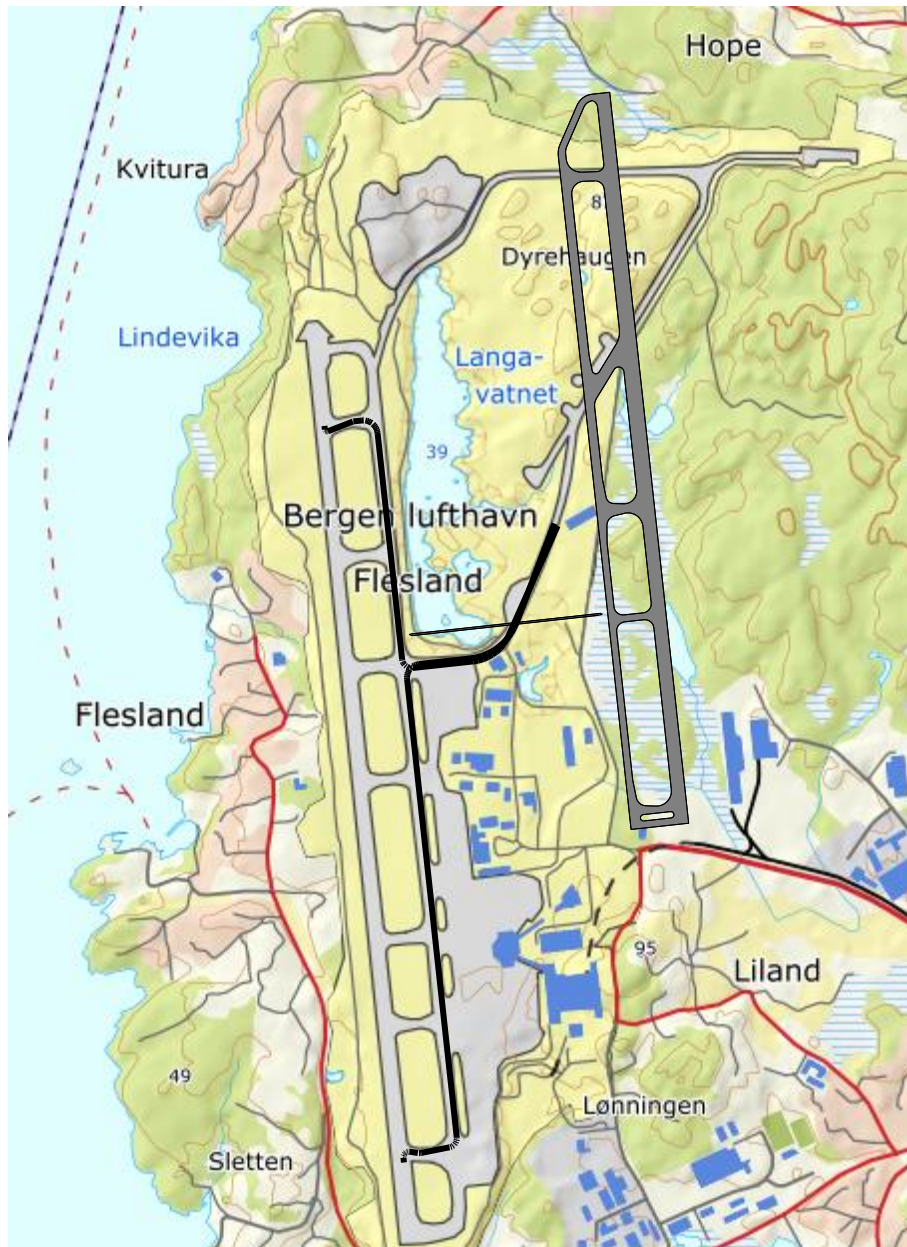
Figur 7-13. Traséer for landing (blå) og avgang (rød) for småfly på dagtid på bane 17. M 1:300 000.



Figur 7-14. Traséer for landing (blå) og avgang (rød) for småfly på bane 35. M 1:300 000.



Figur 7-15. Taksetraséer for småfly (GA) ved landing. M 1:25 000.



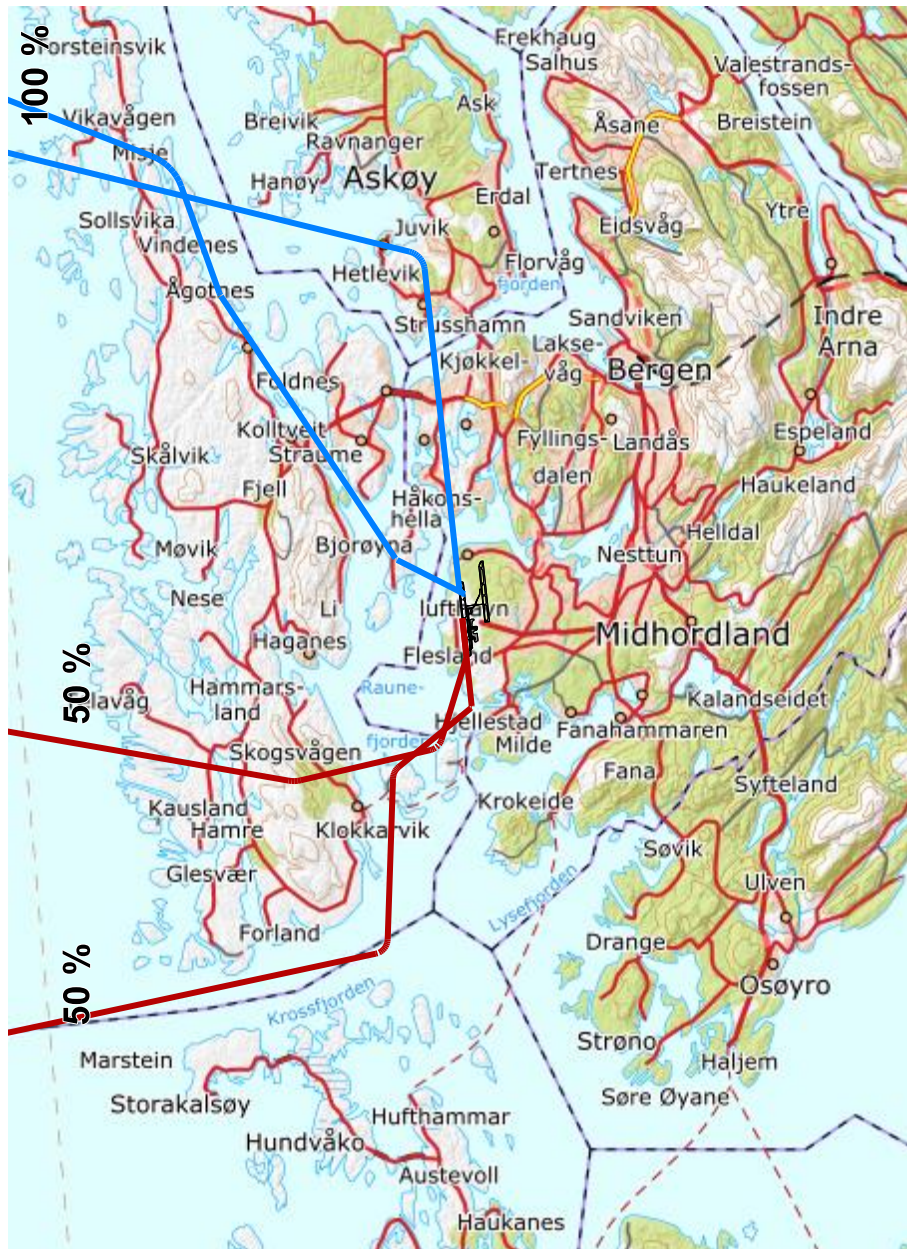
Figur 7-16. Taksetraséer for småfly (GA) ved avgang. M 1:25 000.



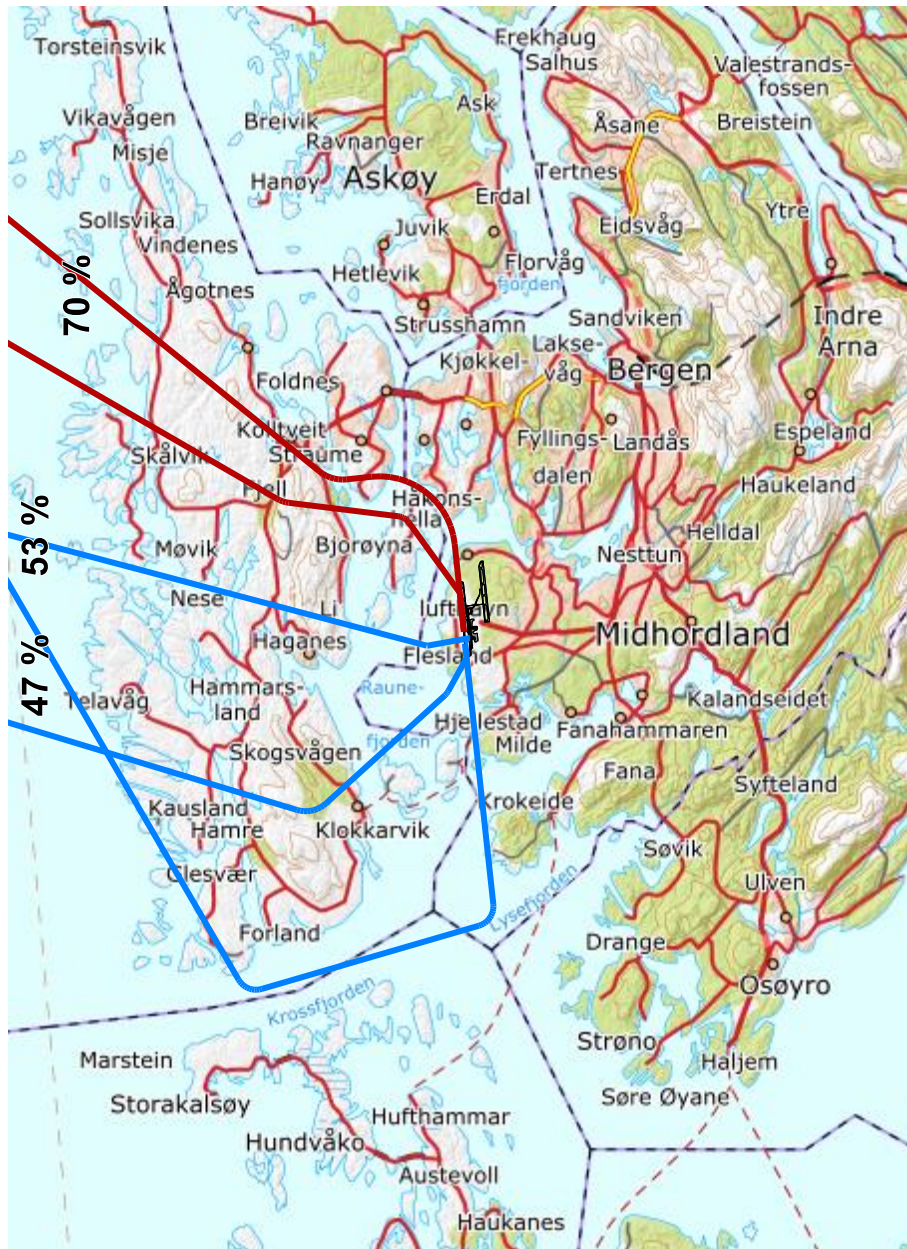
Figur 7-17. Traséer for landing for helikopter på rullebane TEKNSTAND. M 1:300 000.



Figur 7-18. Traséer for avgang for helikopter på rullebane TEKNSTAND. M 1:300 000.



Figur 7-19. Traséer for landing (blå) og avgang (rød) for offshore helikopter (mot sør). M 1:300 000.



Figur 7-20. Traséer for landing (blå) og avgang (rød) for offshore helikopter (mot nord). M 1:300 000.



Figur 7-21. Taksetraséer for offshore helikopter ved landing. M 1:25 000.



Figur 7-22. Taksetraséer for offshore helikopter ved avgang. M 1:25 000.

8 Beregningsparametre

8.1 Beregningsenheter

Det beregnes for alle enheter som er relatert til retningslinje T-1442 og forurensingsforskriften.

8.2 Beregning i enkeltpunkt

Det gjøres punktberegninger i koordinatpunktene for alle støyømfintlige bygninger innenfor beregningsområdet. Bygningsdata fra Norges Eiendommer er importert per 2021-03-05.

8.3 NORTIM beregningskontroll

Grunnlagsberegningene for T-1442 og kartlegging etter forurensningsforskriften foretas med en oppløsning på 256 fot (78 meter) mellom hvert punkt med mottakerhøyde 4 meter over bakken. For alle beregningene tas det hensyn til topografien.

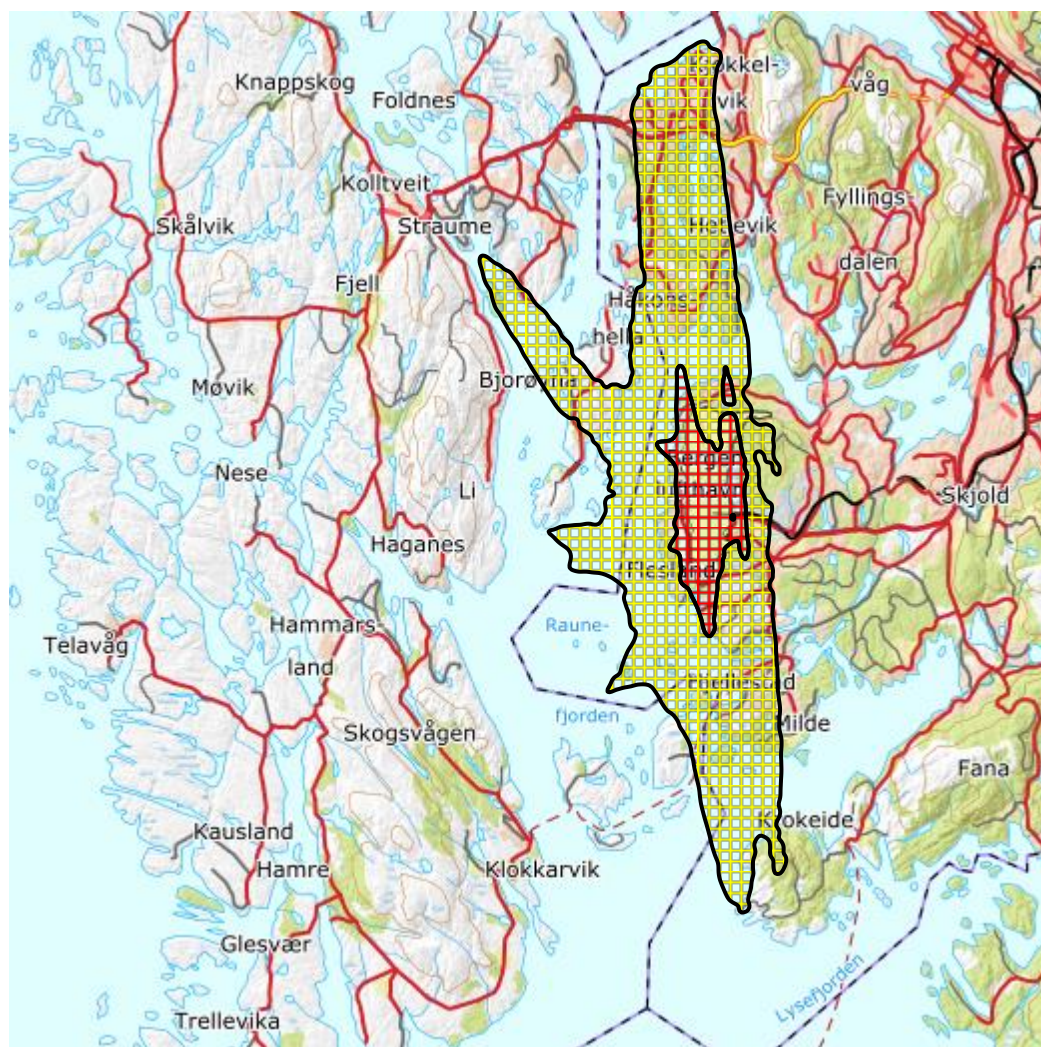
9 Resultater relatert til retningslinje T-1442/2016

9.1 Støysonekart for 2040-situasjon

Støysonekart for situasjonen etter 2040 er vist i Figur 9-1. Beregningene som er gjort inneholder også resultater for andre enheter for støynivå. Disse foreligger på SOSI filformat og leveres oppdragsgiver på elektronisk form. De er ikke vist her av plasshensyn og ut fra ønske om å begrense omfanget av resultatfigurer. Tabell 9-1 viser støysonenes areal for 2040. Tabell 9-2 viser antall bosatte og bygninger med støyfølsomt bruksformål innenfor gul og rød støysone.

Tabell 9-1. Totalt areal i støysoner for situasjonen etter 2040.

Støysone	Areal 2040
Rød	6,5 km ²
Gul	49,3 km ²



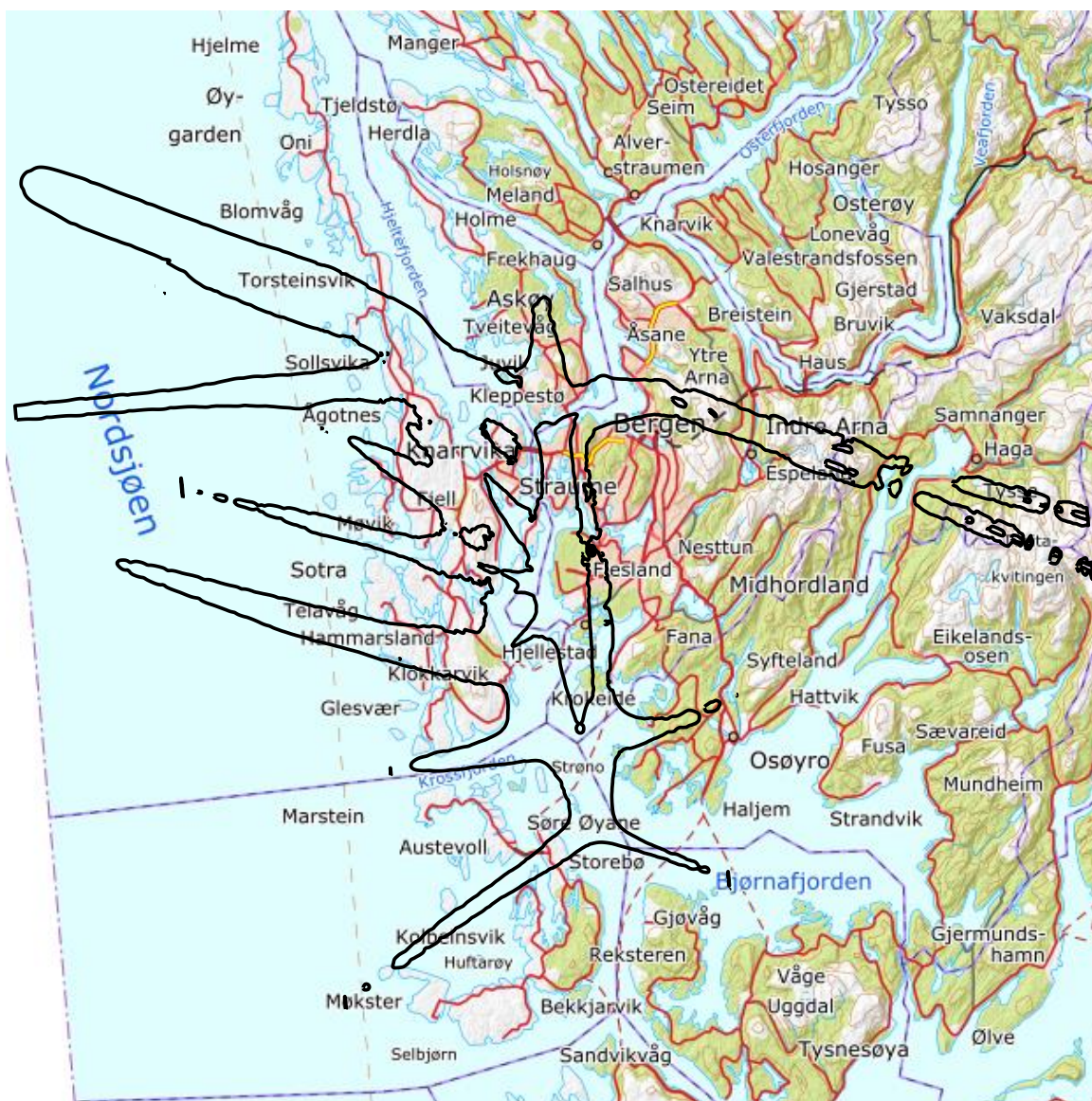
Figur 9-1. Rød og gul støysone for Bergen lufthavn Flestrand for 2040. M 1:175 000.

Tabell 9-2. Antall bosatte, boliger, skoler, helseinstitusjoner og fritidsboliger innenfor rød og gul støysone for 2040 situasjonen.

Lden	Antall personer	Antall boliger	Antall skolebygg	Antall helsebygg	Antall fritidsbygg
50,0 – 52,0	6480	1394	23	4	233
52,0 – 62,0	12510	3622	34	0	418
62,0 →	671	220	2	0	25

9.2 Kartlegging av stille områder

Som grunnlag for å kunne definere stille soner som definert i retningslinje T-1442 har SINTEF utarbeidet kart som viser grensene for Lden 40 og 50 dBA for 2040-situasjonen.



Figur 9-2. Lden 40 og 50 dBA for 2040 situasjonen. Området for Lden 40 mot vest har blitt kuttet av beregningstekniske årsaker. M 1:500 000.

10 Resultater relatert til forurensningsloven

I dette kapitlet vises beregningsresultater relatert til Forurensningsloven i form av kart over kartleggings- og tiltaksgrenser, tabeller med antall berørte støyømfintlige bygninger og andre relaterte resultater.

10.1 Kartlegging av innendørs støynivå

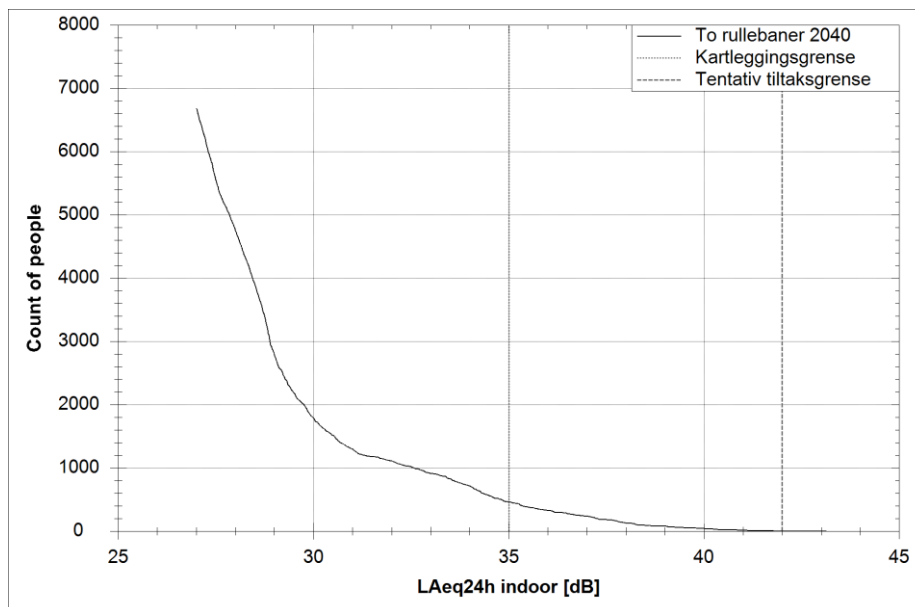
Kartlegging av innendørs støynivå gjøres iht. Forurensningsforskriften [19], Del 2, kapittel 5, avsnitt II, som beskriver et innendørsnivå lik 35 dBA som kartleggingsgrense og 42 dBA som tentativ tiltaksgrense. I tilfeller hvor det er andre støykilder som bidrar like mye som flytrafikken (som f.eks. en veg), skal kartleggingsgrensen flyttes 3 dB lenger ut, altså til 32 dBA.

For Bergen lufthavn, Flesland har innendørs støynivå blitt beregnet med utgangspunkt i en oppdatert forståelse av dominerende flytype. Utendørs støynivå $L_{Aeq,24h}$ har blitt beregnet separat for hver av de tre flykategoriene: Jet, offshore-helikopter, samt kombinasjonen propellfly og andre helikopter. Basert på dette er det blitt beregnet innendørs $L_{Aeq,24h}$ ved å anta fasadeisolasjon på henholdsvis 27, 20 og 22¹ dB for de tre gruppene (jf. Tabell 4-1). Samlet innendørs $L_{Aeq,24h}$ nivå har så blitt beregnet ved effektsummering av bidraget fra de tre gruppene.

Tabell 10-1 viser antall bosatte, boliger, skoler, helsebygninger og fritidsboliger med døgnet innendørs ekvivalentnivå over de ulike grensene for 2040 situasjonen.

Tabell 10-1. Antall bosatte, boliger, skoler, helseinstitusjoner og fritidsboliger innenfor kartleggingsnivå for 2040 situasjonen.

$L_{Aeq,24h}$ (innendørs)	Antall personer	Antall boliger	Antall skolebygg	Antall helsebygg	Antall fritidsbygg
32,0 – 35,0	650	216	4	0	50
35,0 – 42,0	457	147	1	0	15
42,0 →	5	2	0	0	1



Figur 10-1. Kumulativ fordeling av antall bosatte personer utsatt for støy som funksjon av innendørs L_{eq24h} -nivå, samt kartleggingsgrense (35 dB) og tiltaksgrense (42 dB).

¹ For enkelhets skyld er det benyttet samme, konservative fasadeisolasjon 22 dB for propellfly og helikopter.

Figur 10-1 viser kumulativ fordeling av antall bosatte personer utsatt for støy som funksjon av $L_{Aeq,24h}$ -nivå for 2040-situasjonen. For et gitt støynivå langs x-aksen viser y-aksen antall bosatte personer med dette støynivået eller høyere.

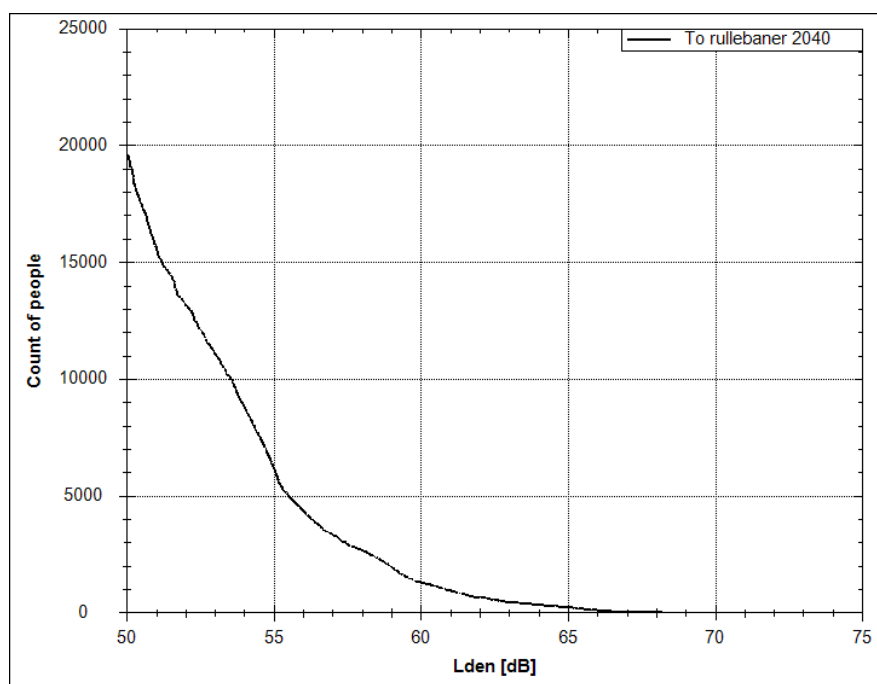
10.2 Kartlegging av utendørs støynivå

Strategisk støykartlegging gjennomføres i henhold til forurensningsforskriften, ref. [19], Del 2, kapittel 5, avsnitt III og vedlegg 2 til del 2.

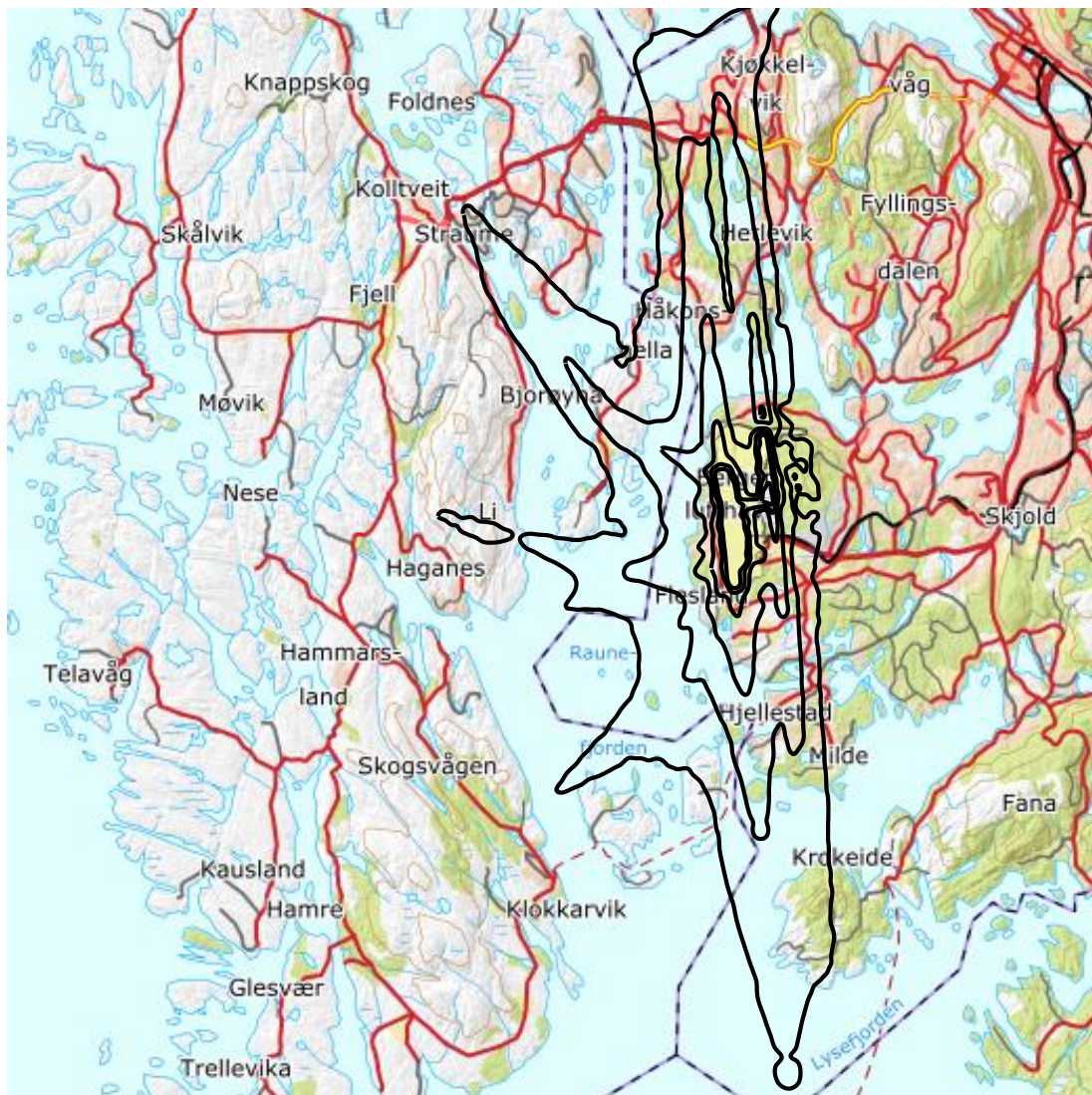
Tabell 10-2 viser antall bosatte, boliger, skoler, helsebygninger og fritidsboliger med L_{den} over 50 dBA for 2040 situasjonen. Figur 10-2 viser kumulativ fordeling av antall bosatte personer som funksjon av L_{den} -nivå. Figur 10-3 viser konturer for L_{den} 50, 55, 60, 65, 70 og 75 dBA.

Tabell 10-2. Antall bosatte personer og bygninger som funksjon av L_{den} -nivå for situasjon i 2040.

L_{den}	Antall personer	Antall boliger	Antall skolebygg	Antall helsebygg	Antall fritidsbygg
50,0 – 55,0	13466	3289	44	4	449
55,0 – 60,0	4888	1518	11	0	186
60,0 – 65,0	1058	348	4	0	36
65,0 – 70,0	246	80	0	0	5
70,0 – 75,0	3	1	0	0	0
75,0 →	0	0	0	0	0



Figur 10-2. Kumulativ fordeling av antall bosatte personer utsatt for støy som funksjon av L_{den} -nivå.

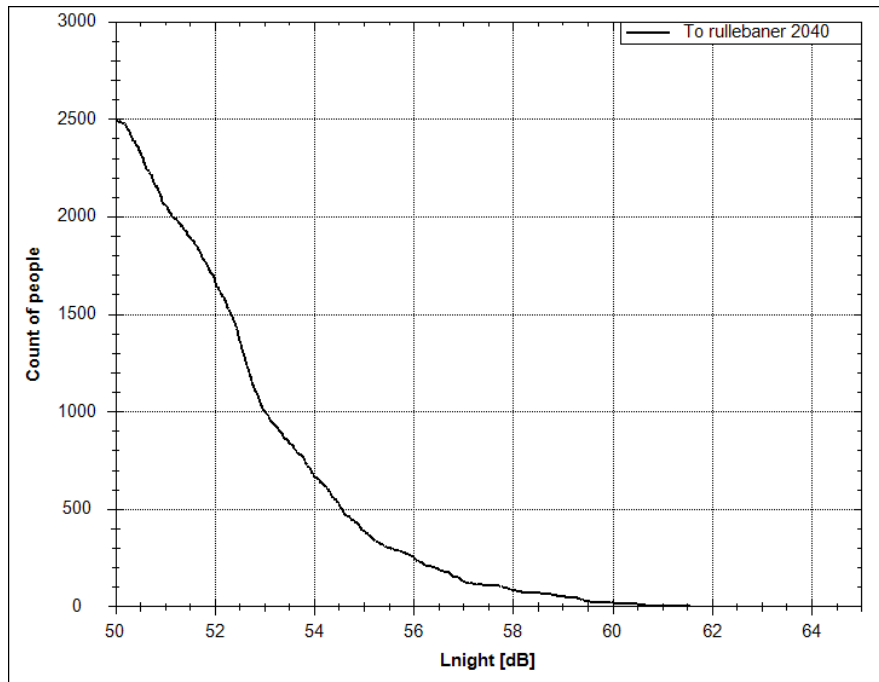


Figur 10-3. L_{den} for 2040 situasjonen i 5 dB trinn fra 50 dBA. M 1:175 000.

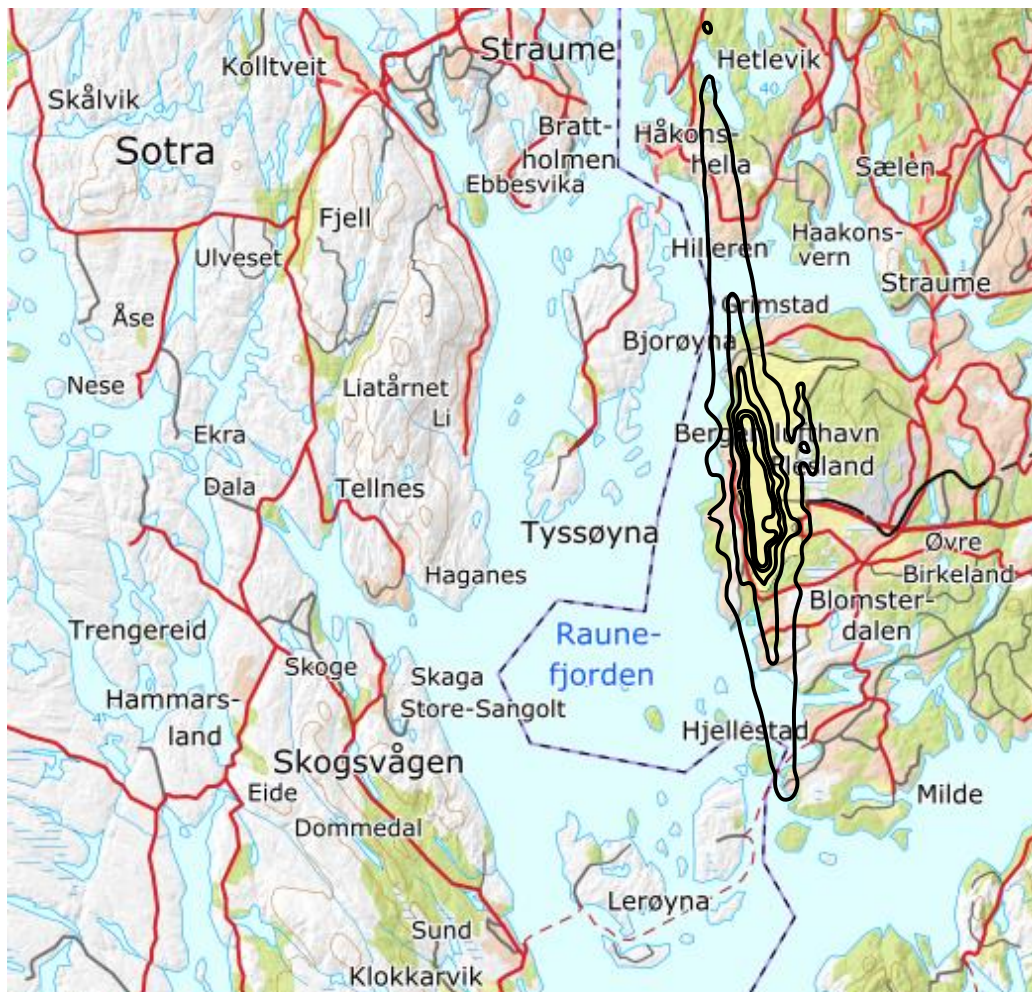
Tabell 10-3 viser antall bosatte, boliger, skoler, helsebygninger og fritidsboliger med L_{night} over 50 dBA for situasjon i 2040. Figur 10-4 viser den kumulative fordelinger av antall bosatte personer som funksjon av L_{night} -nivå. Figur 10-5 viser konturer for L_{night} 50, 55, 60, 65 og 70 dBA for situasjon i 2040.

Tabell 10-3. Antall bosatte personer og bygninger som funksjon av L_{night} -nivå for situasjon i 2040.

L_{night}	Antall personer	Antall boliger	Antall skolebygg	Antall helsebygg	Antall fritidsbygg
50,0 – 55,0	2112	679	5	0	56
55,0 – 60,0	370	122	0	0	12
60,0 – 65,0	19	7	0	0	2
65,0 – 70,0	0	0	0	0	0
70,0 →	0	0	0	0	0



Figur 10-4. Kumulativ fordeling av antall bosatte personer utsatt for støy som funksjon av L_{night} -nivå.

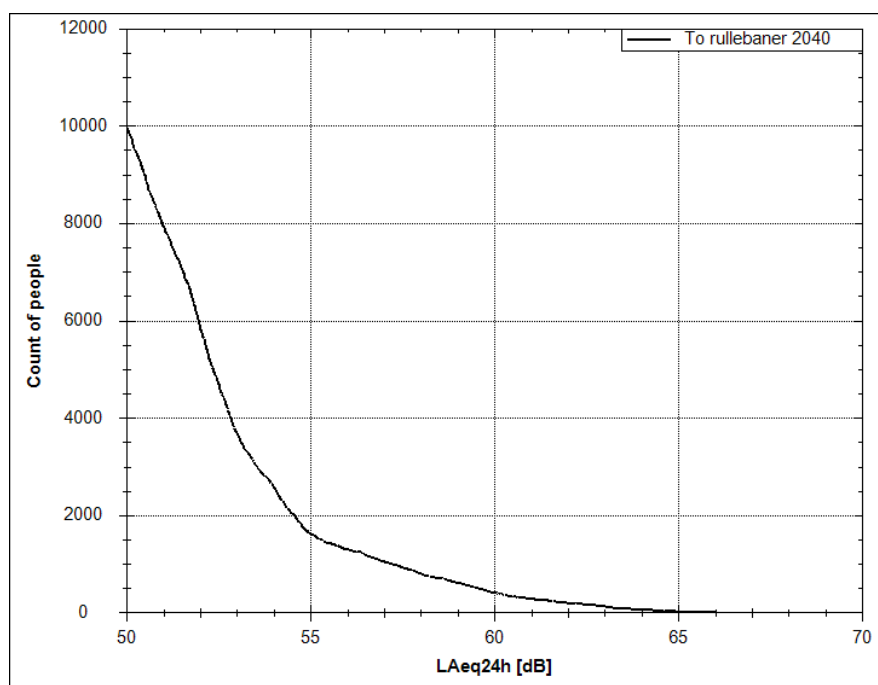


Figur 10-5. L_{night} for situasjonen i 2040 i 5 dB trinn fra 50 dBA. M 1:125 000.

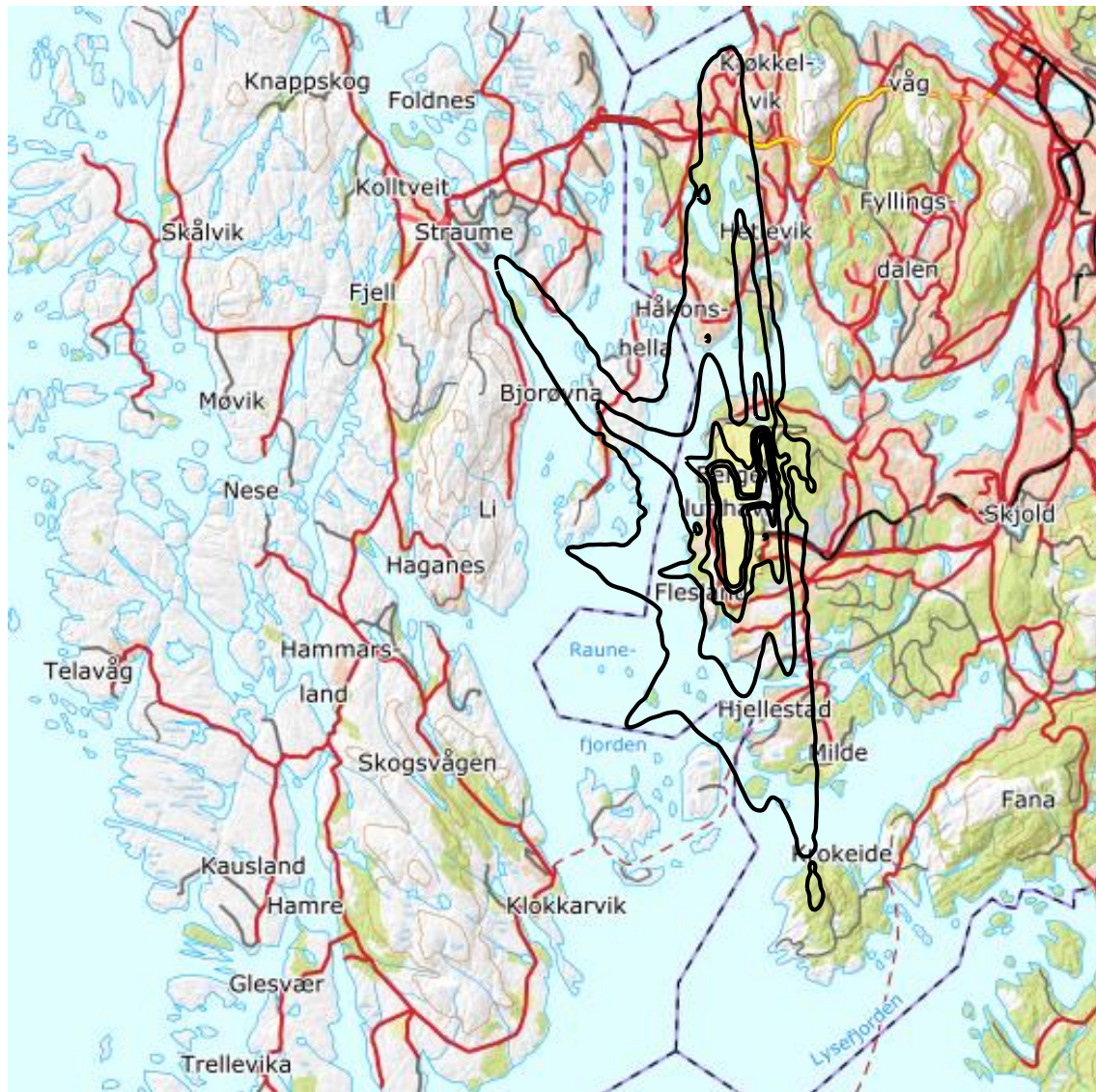
Tabell 10-4 viser antall bosatte, boliger, skoler, helsebygninger og fritidsboliger med $L_{Aeq,24h}$ over 50 dBA for 2040 situasjonen. Figur 10-6 viser kumulative fordelinger av antall bosatte personer som funksjon av $L_{Aeq,24h}$ -nivå. Figur 10-7 viser konturer for $L_{Aeq,24h}$ 50, 55, 60, 65 og 70 dBA for situasjon i 2040.

Tabell 10-4. Antall bosatte personer og bygninger som funksjon av $L_{Aeq,24h}$ -nivå for situasjon i 2040.

$L_{Aeq,24h}$	Antall personer	Antall boliger	Antall skolebygg	Antall helsebygg	Antall fritidsbygg
50,0 – 55,0	8348	2576	21	0	305
55,0 – 60,0	1212	391	6	0	76
60,0 – 65,0	380	125	1	0	11
65,0 – 70,0	33	12	0	0	2
70,0 →	0	0	0	0	0



Figur 10-6. Kumulativ fordeling av antall bosatte personer utsatt for støy som funksjon av $L_{Aeq,24h}$ -nivå.



Figur 10-7. $L_{Aeq,24h}$ for situasjon i 2040 i 5 dB trinn fra 50 dBA. M 1:175 000.

11 Støyplage og søvnforstyrrelser

For vurderingen av skadelige effekter grunnet støy har det i henhold til en endring [24] i Annex III i EU-direktiv 2002/49/EC [9] blitt beregnet antall bosatte som opplever høy støyplage (HA) og høy søvnforstyrrelse (HSD) som funksjon av henholdsvis L_{den} - og L_{night} -nivå. Befolkningens eksponering skal vurderes uavhengig for hver støykilde. I Tabell 11-1 og Tabell 11-2 gis derfor HA og HSD for de ulike flykategoriene:

- Hoff: Offshore helikopter
- Jet: Jetfly
- Prop: Propellfly og andre helikopter
- Alle: Samlet for alle typer fly

Tabell 11-1. Antall bosatte personer som opplever høy støyplage (HA) som funksjon av L_{den} -nivå for de ulike flykategoriene for 2040 situasjonen.

L_{den}	HA Alle	HA Hoff	HA Jet	HA Prop
55,0 – 60,0	1476	70	1259	26
60,0 – 65,0	418	4	374	0
65,0 – 70,0	118	0	78	0
70,0 – 75,0	2	0	0	0
75,0 →	0	0	0	0
Totalt:	4955	360	4260	112

Tabell 11-2. Antall bosatte personer som opplever høy søvnforstyrrelse (HSD) som funksjon av L_{night} -nivå for de ulike flykategoriene for 2040 situasjonen.

L_{night}	HSD Alle	HSD Hoff	HSD Jet	HSD Prop
50,0 – 55,0	474	0	467	3
55,0 – 60,0	103	0	89	0
60,0 – 65,0	6	0	6	0
65,0 – 70,0	0	0	0	0
70,0 – 75,0	0	0	0	0
75,0 →	0	0	0	0
Totalt:	583	0	562	3

12 Litteratur

1. *Underlag til operativt konsept 2 RWY ENBR*. 2020, Avinor.
2. Rolf Tore Randeberg, J.B., Idar Ludvig Nilsen Granøien, *Støykartlegging for Bergen lufthavn, Flesland*. 2018.
3. Griefahn, B. *MODELS TO DETERMINE CRITICAL LOADS FOR NOCTURNAL NOISE*. in *Proceedings of the 6th International Congress on Noise as a Public Health Problem*. juli 1993. Nice, Frankrike.
4. Miedama, H.M.E. and C.G. Oudshorn, *Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals*. *Environmental health perspectives*, 2001. **109**(4): p. 409-416.
5. Gjestland, T., et al., *RESPONSE TO NOISE AROUND OSLO AIRPORT FORNEBU*. november 1990, ELAB-RUNIT Report STF40 A90189: Trondheim, .
6. Gjestland, T., K.H. Liasjø, and I.L.N. Granøien, *RESPONSE TO NOISE AROUND VÆRNES AND BODØ AIRPORTS*. august 1994, SINTEF DELAB Report STF40 A94095: Trondheim, .
7. Gelderblom, F., T. Gjestland, and I.L.N. Granøien, *UNDERSØKELSE AV STØYPLAGE VED NORSKE FLYPLASSER*. 2016: Trondheim.
8. Klima- og Miljødepartementet, *Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging*. desember 2016, Retningslinje T-1442/2016: Oslo.
9. *DIRECTIVE 2002/49/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise*, EC, Editor. 2002.
10. Olsen, H., K.H. Liasjø, and I.L.N. Granøien, *TOPOGRAPHY INFLUENCE ON AIRCRAFT NOISE PROPAGATION, AS IMPLEMENTED IN THE NORWEGIAN PREDICTION MODEL – NORTIM*. april 1995, SINTEF DELAB Report STF40 A95038: Trondheim, .
11. Randeberg, R.T., H. Olsen, and I.L.N. Granøien, *NORTIM VERSION 3.3. USER INTERFACE DOCUMENTATION*. juni 2007, Report SINTEF A1683: Trondheim, .
12. Granøien, I.L.N., R.T. Randeberg, and H. Olsen, *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*. desember 2002, SINTEF Report STF40 A02065: Trondheim, .
13. Plovsing, B. and J. Kragh, *COMPREHENSIVE OUTDOOR SOUND PROPAGATION MODEL*. desember 2000, Nord2000 DELTA Report: Lyngby, .
14. Storeheier, S.Å., et al., *AIRCRAFT NOISE MEASUREMENTS AT GARDERMOEN AIRPORT, 2001. Part 1: SUMMARY OF RESULTS*. mars 2002, SINTEF Report STF40 A02032: Trondheim, .
15. Koopmann, J., et al., *Aviation Environmental Design Tool (AEDT) 2b User Guide*. 2015, U.S. Department of Transportation, Volpe National Transportation Systems Center: Washington DC, USA.
16. Lundberg, W.R., *BASEOPS DEFAULT PROFILES FOR TRANSIENT MILITARY AIRCRAFT*. februar 1990, AAMRL-TR-90-028, Harry G. Armstrong, Aerospace Medical Research Laboratory, Wright-Patterson AFB: Ohio, .
17. OSL, *Noise Measurements on EC 225 and S 92 helicopters for development of NPD-data*. August 2015.
18. AgustaWestland, *AW101-612 External Noise Data for NAW SARH Environmental Impact Studies*. p. 30.
19. Miljøverndepartementet, *FORSKRIFT OM BEGRENSNING AV FORURENSNING (FORURENSNINGSFORSKRIFTEN)*. juni 2004, Forskrift FOR-2004-06-01-931 (Del 2, kapittel 5): Oslo, .
20. Brekke, A., *NYE RETNINGSLINJER FOR FLYSTØY. KONSEKVENSER VEDRØRENDE STØYISOLERING AV BOLIGER I STØYSONE I OG II*. juni 1998, Norges byggforskningsinstitutt rapport 7939, revidert utgave: Oslo, .
21. Brekke, A., *ISOLERING MOT STØY FRÅ HELIKOPTER OG ULIKE FLYTYPER. ENTALLSVERDIER FOR STØYISOLERING FOR ULIKE BOLIGTYPER*. oktober 2013, Notat fra Brekke og Strand til OSL AS, Aku 01 C, .



22. Statkart. *Digital terrengmodell 10 m UTM 33 og N50 kart* © Kartverket Available from: <http://www.statkart.no/Kart/Gratis-kartdata/>.
23. *Noise Modelling for the Airports Commission: Imminent/Future Aircraft Modelling Assumptions and Aircraft Allocation*. Dec 2014, UK/CAA Environmental Research and Consultancy Department.
24. *Directive 2020/367/EC amending Annex III to Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council as regards the establishment of assessment methods for harmful effects of environmental noise*, EC, Editor. 2020.

A Substitutter

Tabellen nedenfor gjengir substituttene brukt i beregningene.

Flytype	Substitutt
A124	74720B
A169	MHEL
A20N	A320-270N
A21N	A321NEO
A318	A319
A319	A319
A320	A320-270N
A321	A321NEO
A332	A330-301
A333	A330-343
A343	A340
A400	C130
AC90	CNA441
AEST	BEC58P
AN12	L188
AN26	CVR580
AN28	DHC6
AS32	SA330
AS50	SA350
ASTR	IA1125
AT43	DHC830
AT45	DHC830
AT72	HS748A
AT75	DHC8
B06	B206L
B350	DHC6
B38M	7378MAX
B407	LHEL
B429	LHEL
B461	BAE146
B462	BAE146
B463	BAE146
B733	7373B2
B734	737400
B735	737500
B736	737MAX
B737	737MAX
B738	7378MAX
B739	7378MAX
B744	747400
B752	757PW
B753	757300

Flytype	Substitutt
B763	767300
BCS1	737500
BE20	DHC6
BE30	DHC6
BE33	GASEPV
BE35	GASEPV
BE40	LEAR35
BE58	BEC58P
BE9L	CNA441
BK17	MHEL
BL8	GASEPF
BN2P	BEC58P
C130	C130HP
C150	CNA172
C152	CNA172
C172	CNA172
C175	CNA172
C177	CNA172
C180	CNA172
C182	CNA172
C206	CNA206
C208	CNA208
C210	CNA206
C25A	CNA500
C25B	CNA525C
C25C	CNA525C
C30J	C130HP
C337	BEC58P
C340	BEC58P
C414	BEC58P
C510	CNA510
C525	CNA500
C550	MU3001
C560	CNA560E
C56X	CNA560XL
C650	CIT3
C680	CNA680
C68A	CNA680
C750	CNA750
C77R	GASEPF
CH7A	GASEPF
CL30	CL600

Flytype	Substitutt
CL35	CL600
CL60	CL600
CN35	HS748A
COZY	GASEPF
CRJ1	CL600
CRJ2	CL601
CRJ9	GV
CRJX	CRJ9-LR
DA40	GASEPV
DA42	BEC58P
DA62	BEC58P
DDDD	COMSEP
DH8A	DHC8
DH8B	DHC8
DH8C	DHC830
DH8D	DHC830
DIMO	GASEPV
DR10	COMSEP
DR40	GASEPF
DV20	GASEPV
E120	EMB120
E121	DHC6
E135	CL600
E145	EMB145
E170	EMB170
E190	EMB190
E195	EMB195
E290	EMB190E2
E35L	EMB14L
E3TF	E3A
E50P	CNA510
E550	CNA500
E55P	CNA560XL
E75L	EMB175
EA50	CNA500
EC20	LHEL
EC30	EC130
EC35	EC135
EC45	EC135
EH10	AW101
F2TH	FAL20
F406	CNA441



Flytype	Substitutt
F900	FAL20
FA20	FAL20
FA7X	GV
FA8X	FAL20
FDCT	GASEPV
G150	CNA560XL
G280	EMB145
GA5C	CNA560E
GALX	GIV
GL5T	GV
GL7T	CNA560E
GLEX	SABR80
GLF4	GIV
GLF5	GV
GLF6	GV
H25B	LEAR35
HDJT	CNA525C
IL76	DC8QN
J328	CL600
JS32	DHC6
LJ31	LEAR35
LJ35	LEAR35
LJ40	CNA560E
LJ45	LEAR35
LJ55	LEAR35

Flytype	Substitutt
LJ60	LEAR35
LNC2	GASEPF
M20T	GASEPV
MCR1	COMSEP
MD83	MD83
MU2	DHC6
P180	SF340
P28A	PA28
P28R	GASEPV
P3	L188
P46T	GASEPV
PA18	GASEPF
PA31	PA31
PA34	BEC58P
PA46	GASEPV
PAY3	CNA441
PC12	GASEPV
PRM1	CNA500
R44	LHEL
R66	LHEL
RF5	GASEPF
RJ85	BAE146
RV4	GASEPF
RV6	GASEPF
S22T	COMSEP

Flytype	Substitutt
S61	THEL
S92	S92
SB20	SF340
SB91	GASEPF
SF34	SF340
SF50	COMSEP
SIRA	COMSEP
SR20	GASEPV
SR22	GASEPV
ST75	COMSEP
SUBA	GASEPF
SW3	DHC6
SW4	DHC6
T240	COMSEP
TB20	GASEPF
TBM7	GASEPV
TBM8	CNA208
TOBA	GASEPV
TRIN	GASEPF
ULAC	GASEPF
WT9	GASEPV
YK50	GASEPV
ZZZZ	COMSEP
AA5	GASEPF