

RESULTAT AV BULLERBERÄKNINGAR INKL. METODBESKRIVNING

Revisionsförteckning

Rev	Datum	Upprättad av	Information
01.00	2012-10-04	Martin Wall	
01.10	2013-01-25	Martin Wall	

Källförteckning

ANOMS – Swedavias flygvägsuppföljningssystem

TRISS – Swedavias faktureringsystem

Prognos av trafikfall år 2038 – Swedavia Flygmarknad

AIP – 2010 års flygvägar

GREEN CLIMB - ASSESSMENT OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY
AIRCRAFT DEPARTURE PROCEDURES AT GÖTEBORG LANDVETTER
AIRPORT, SWEDEN - Dr. Deborah Mitchell

SAMMANFATTNING

Föreliggande utredning är en bilaga till Miljökonsekvensbeskrivningen för Göteborg Landvetter Airports ansökan om nytt miljötillstånd. Utredningen har gjorts med avseende på framtida förändringar av flygbullerexponeringen runt Göteborg Landvetter Airport. Trafikalternativen är: nuläget som avser 2010 års trafik (cirka 61 000 flygrörelser), tillståndsgiven trafikvolym (80 000 flygrörelser), tillståndsgiven trafikvolym under 2038 års förhållanden (80 000 flygrörelser), regionalt nav år 2015 (100 000 flygrörelser) och sökt trafikvolym (120 000 flygrörelser baserat på förhållandena år 2038).

Flygbullerberäkningarna följer det kvalitetssäkringsdokument som är framtaget i oktober 2011 av Naturvårdsverket, Transportstyrelsen och Försvarmakten. Bullerkurvorna är framtagna med hjälp av beräkningsverktyget INM 7.0c vars underliggande teori överensstämmer med den metodbeskrivning som redovisas i ECAC dokument 29.

Några alternativa utformningar för vissa flygvägar har undersökts. Effekten av RNP-AR procedurer (kurvad inflygning), justering av P-RNAV STAR bana 21, förändring av SID LABAN 21 och förändring av SID VADIN 21 har utretts. Ett eventuellt införande av RNP-AR procedurer för sökt trafikvolym väntas inte leda till någon förändring av antalet bullerexponerade personer över gällande riktvärden jämfört med om sådana procedurer inte införs. Justering av P-RNAV STAR bana 21 väntas inte kunna påverka någon bullerkurva. De utredda alternativen, förändring av SID VADIN 21 och förändringen av SID LABAN 21 leder inte till en större skillnad i antalet bullerexponerade personer.

Beräkningarna för sökt trafikvolym tyder på att antalet bullerexponerade personer för FBN 55 dB(A) kan komma att öka från ca 410 till ca 590 stycken jämfört med nuläget. Antalet bullerexponerade personer för L_{night} 45 dB(A) kan öka från ca 450 till ca 690 personer. Överlag antas det användas något tystare flygplanstyper i framtiden men på grund av den generella ökningen av trafik kommer det ändå bli något fler bullerexponerade personer. Antalet bullerexponerade personer för den maximala ljudnivån 70 dB(A) förekommande minst tre gånger per årsmedeldygn är ca 1 400 både för nuläget och för sökt trafikvolym.

Innehåll

1	INLEDNING	6
1.1	Bakgrund	6
1.2	Allmänt om flygbuller	6
1.3	Riktvärden	7
2	ORDLISTA	8
2.1	Förkortningar	8
2.2	Storheter	9
2.3	Övriga förklaringar	10
3	METODOLOGI.....	11
3.1	Beräkningsverktyg	11
3.2	Förändringar i beräkningsmiljön	12
3.2.1	Beräkningsverktyg	12
3.2.2	Topografi.....	12
3.3	Beräkningsmetod 3:e högsta maximala ljudnivå, 150 nätter per år	13
3.4	Verifikation av bullerberäkningsverktyg.....	14
3.4.1	Känslighetsanalys av prognos	14
3.5	Flygbullermätningar	15
3.5.1	Exempel på andra beräkningsverktyg	18
3.6	Flygvägar.....	19
3.6.1	Behandling av spridning	19
3.7	Utredda justerade flygvägar	22
3.7.1	RNP AR Procedurer - Kurvade inflygningar	22
3.7.2	Justering P-RNAV STAR bana 21.....	23
3.7.3	Möjlighet att lämna SID vid maximal ljudnivå 70 dB(A) på mark	23
3.7.4	Alternativ SID VADIN bana 21.....	24
3.7.5	Alternativ SID LABAN bana 21.....	25
3.8	Gruppering av flygplansflottan för beräkningar	26
3.8.1	Grupp 1: Propellerflygplan	28
3.8.2	Grupp 2: 0 – 29 ton	29
3.8.3	Grupp 3: 30 – 49 ton	30
3.8.4	Grupp 4: 50 – 119 ton	31
3.8.5	Grupp 5: 120 – 249 ton	32
3.8.6	Grupp 6: > 250 ton.....	33
3.8.7	Grupp 7: MD80.....	34
3.9	Banfördelning – 03/21.....	34
3.10	Trafikvariationer under året.....	35
3.11	Stage Length.....	36
4	TRAFIKFALL	38
4.1	Nuläge	38
4.2	Nollalternativ.....	38
4.2.1	Nollalternativ 1	38
4.2.2	Nollalternativ 2	40
4.3	Scenario Regionalt nav.....	40
4.4	Sökt trafikvolym.....	42
4.5	Scenario Organisk tillväxt	42

5	RESULTAT.....	43
5.1	Bullerexponerade boende, skolor och vårdbyggnader	43
5.2	Diskussion om antalet bullerexponerade boende, skolor, vårdbyggnader och fastigheter	46
6	JÄMFÖRELSE R MELLAN TRAFIKFALL	47
6.1	Jämförelse mellan sökt trafikvolym, nuläge och nollalternativ 1.....	47
6.1.1	Sammanfattning	47
6.1.2	Kartor	49
6.2	Jämförelse mellan sökt trafikvolym, nollalternativ 1 och nollalternativ 2	52
6.2.1	Sammanfattning	52
6.2.2	Kartor	53
6.3	Jämförelse mellan sökt trafikvolym, nollalternativ 1 och regionalt nav	56
6.3.1	Sammanfattning	56
6.3.2	Kartor	57
6.4	Alternativ SID VADIN bana 21	60
6.5	Jämförelser mellan olika dragningar av flygvägar, sökt trafikvolym.....	63
6.5.1	Beräkning av FBN	63
6.5.2	Beräkning av maximal ljudnivå 70 dB(A) minst tre gånger per årsmedeldygn	65
6.6	Justering P-RNAV STAR bana 21	67
6.7	Maximal ljudnivå över 70 dB(A) med olika antal exponeringar per årsmedeldygn för sökt trafikvolym	68
6.8	Tysta områden	70
1	BILAGOR	72
1.1	BILAGA 1: Bullerkurvor	72
1.1.1	Beräkningar av FBN	72
1.1.2	Beräkningar av 3:e högsta ljudnivå under minst 150 nätter per år, 70 dB(A)	77
1.1.3	Beräkningar av L _{night}	79
1.2	BILAGA 2: Detaljerat beräkningsunderlag.....	84
1.2.1	Nuläget.....	85
1.2.2	Nollalternativ 1 - Dagens tillstånd	86
1.2.3	Nollalternativ 2 – 2038	87
1.2.4	Sökt trafikvolym	88
1.2.5	Regionalt nav	89
1.3	BILAGA 3: Mätningar	90

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Göteborg Landvetter Airport söker ett nytt miljötillstånd med en trafikvolym omfattande 120 000 flygrörelser. Sökt verksamhet baseras på en prognos¹ som uppskattar att 120 000 rörelser kan komma att uppnås omkring år 2038, varför den tidpunkten utgör utgångspunkt för bestämning av flygplansflotta och genomförda bullerberäkningar.

Som underlag för den här utredningen ligger ett i huvudsak oförändrat flygvägssystem vid Göteborg Landvetter Airport. Ett antal förslag till ändringar har utretts såsom alternativ till befintliga flygvägar, införande av kurvade inflygningar i begränsad omfattning samt möjlighet att lämna SID² vid en maximal ljudnivå 70 dB(A) på mark.

Beräkningarna har gjorts för att beskriva miljökonsekvenserna med avseende på flygbullerexponering för miljötillståndsansökan på Göteborg Landvetter Airport. För följande trafikfall har flygtrafikbullerberäkningar utförts:

- Nuläge (2010 års utfall)
- Tillståndsgiven trafikvolym (benämns nollalternativ 1)
- Tillståndsgiven trafikvolym vid 2038 års förhållanden (benämns nollalternativ 2)
- Regionalt nav
- Sökt trafikvolym (ca 2038 års trafik)

Analys av vad som orsakar skillnader i bullerkurvorna och bullerexponerade områden för de olika trafikalternativen ingår.

1.2 Allmänt om flygbuller

Buller vid och i nära anslutning till en flygplats alstras i huvudsak från flygtrafikens starter och landningar inklusive motorbromsning medan endast en mindre del alstras av taxning till och från rullbanan, varmkörning samt aktiviteter såsom motorprovning och drift av strömförsörjningsutrustning. Bullret från de aktiviteter som sker på flygplatsens marknivå dämpas delvis av t.ex. byggnader och växtlighet och får inte samma utbredning som buller som alstras i luften.

Buller från flygplan är huvudsakligen av två slag, aerodynamiskt buller och motorbuller. Det aerodynamiska bullret beror på att flygplanskroppen orsakar

¹ Prognosen för sökt trafikfall är framtagen av Swedavia Flygmarknad år 2011

² Standard Instrument Departure är en publicerad flygväg för avgående trafik, avsedd för luftfartygs egennavigering och normalt innefattande såväl utflygningsförfarande från gällande bana som flygväg.

turbulens som kan ge upphov till störande ljud, främst vid inflygning och landning då flyghöjden är låg.

Motorbullret från jetflygplan kommer främst från själva jetstrålen samt från motorns fläkt och turbin. Frekvensinnehållet är också olika för dessa delar. Vid start kan ofta bullret från förbränningen vara högre än turbinbullret. Propellermotorers dominerande bullerkälla är själva propellern. Turbo-propellerflygplan har vanligtvis ställbar stigning på propellerbladen vilket påverkar bullret. Ljudet från en sådan propeller kan därför variera trots att den roterar med konstant varvtal.

Motorbullret är högre vid starten då motorpådraget är högre än vid landningen. Eftersom motorbullret vid starten är högre sprids det också mer i sidled än vid landningen. Vid start är flygplanets stigprofil brantare jämfört med profilen vid inflygning och landning och bullret avtar därmed snabbare en bit ut från flygplatsen jämfört med rakt under ett landande flygplan på samma avstånd från flygplatsen. Olika flygplanstyper har dock olika stigprofiler vilket gör att spridningen av bullret vid start varierar. Stigprofilen, och den resulterande bullerkurvan, är beroende på hur tungt lastat flygplanet är vilket i sin tur är beroende av hur långt det ska flyga. Detta sammanfattas i begreppet stage length som beskrivs i stycke 3.11.

Bullrets omfattning beror på flera saker. Visst buller har med flyg- och flygplatsverksamheten att göra såsom val av bana, start- och landningsprocedur samt flygvägar och flygsätt. Omgivningens topografi och bebyggelse påverkar också tillsammans med lokala väder- och vindförhållanden. Bullerberäkningarna som redovisas i denna rapport baseras på standardatmosfär och tar hänsyn till topografi. Se vidare stycke 3.1.

1.3

Riktvärden

Regeringen angav i infrastrukturpropositionen 1996/97:53 följande långsiktiga riktvärden för flygbuller som normalt inte bör överskridas i nybyggda bostäder eller vid nybyggnation alternativt väsentlig ombyggnad av trafikinfrastruktur.

- Flygbullernivå FBN^3 55 dB(A) utomhus (vid fasad).
- Maximal ljudnivå L_{Amax} 70 dB(A) vid uteplats i anslutning till bostad.
- Ekvivalent ljudnivå L_{Aeq} 30 dB(A) inomhus.
- Maximal ljudnivå L_{Amax} 45 dB(A) inomhus nattetid.

Vid tillämpning av dessa riktvärden i samband med åtgärder i trafikinfrastrukturen anges i propositionen att hänsyn bör tas till vad som är tekniskt möjligt och ekonomiskt rimligt.

³ Se definition i stycke 2.2

I en senare proposition, 2008/09:35 Framtidens transporter och resor, anges att ovan nämnda riktvärden fortsatt gäller och det poängteras att riktvärdena inte är några juridiskt bindande krav utan just riktvärden.

2 ORDLISTA

2.1 Förkortningar

AIP

Aeronautical Information Package innehåller bl.a. en beskrivning av flygvägarna till och från flygplatsen.

ANOMS

Airport Noise & Operations Management System är ett flygvägsuppföljningssystem för att ta fram statistik baserat på flygradarspår länkade med färdplaner.

ECAC

European Civil Aviation Conference är ett samrådsorgan för europeiska luftfartsmyndigheter.

EDMS

Emissions Dispersion Modelling System är en datormodell för beräkning av utsläpp på flygplatser.

FAA

Federal Aviation Administration är den amerikanska luftfartsmyndigheten.

ICAO

International Civil Aviation Organization är ett FN-organ.

INM

Integrated Noise Model version 7.0c är en datoriserad beräkningsmodell som stämmer överens med den metodbeskrivning som redovisas i ECAC dokument 29, version 3 och ICAO Circular 205. Denna metod ska användas i Sverige enligt överenskommelse som finns mellan Naturvårdsverket, Transportstyrelsen och Försvarsmakten.

TRISS

Swedavias faktureringsstatistik

TNIP

Transport Noise Information Package version 2.3b är ett databehandlingsprogram för bullerkurvor utvecklat av det Australiensiska transportdepartementet.

2.2

Storheter

A-vägd ljudnivå

En särskild beräkning av ljudnivån för att hänsyn till örats olika känslighet för ljud av olika frekvenser.

Maximal ljudnivå

Maximal ljudnivå betecknas L_{Amax} och är den högsta ljudnivån vid en enskild flygpassage.

3:e högsta maximala ljudnivå under ett årsmedeldygn

Den maximala ljudnivå över ett visst värde (vanligtvis 70 dB(A)) som förekommer minst tre gånger per årsmedeldygn.

3:e högsta maximala ljudnivå, 150 nätter per år

Den maximala ljudnivå över ett visst värde (vanligtvis 70 dB(A)) som förekommer minst tre gånger per natt och minst 150 nätter per år.

3:e högsta maximala ljudnivå under ett årsmedelnatt

Den maximala ljudnivå över ett visst värde (vanligtvis 70 dB(A)) som förekommer minst tre gånger per årsmedelnatt.

Flygbullernivå FBN

En viktad ekvivalent ljudnivå, där en flygrörelse under kvällen (kl. 18 – 22) ges ett tillägg av 5 dB(A) och en flygrörelse under natten (kl. 22 – 06) ges ett tillägg av 10 dB(A). FBN är en svensk benämning av L_{den} .

Flygbullernivå FBN_{EU}

Beteckningen FBN_{EU} användes under en övergångsperiod när definitionen av flygbullernivå ändrades. I de fall där termen FBN_{EU} används, avses FBN.

Flygbullernivå FBN_{TBU} ⁴

En viktad ekvivalent ljudnivå, där en flygrörelse under kvällen (kl. 19 – 22) räknas som tre daghändelser och en flygrörelse under natten (kl. 22 – 07) räknas som 10 daghändelser.

L_{den}

En viktad ekvivalent ljudnivå, där en flygrörelse under kvällen (kl. 18 – 22) ges ett tillägg av 5 dB(A) och en flygrörelse under natten (kl. 22 – 06) ges ett tillägg av 10 dB(A). (Identisk med Flygbullernivå FBN ovan).

⁴ TBU i FBN_{TBU} står för "trafikbulerutredningen" eftersom begreppet FBN ursprungligen definierades av Trafikbulerutredningen, TBU i delbetänkande "flygbuller SOU 1975:56", som 1980/81 blev föremål för riksdagens godkännande.

Ekvivalent ljudnivå L_{night}

En medelljudnivå för natt kl. 22 – 06 under ett år. Benämningen av L_{night} är i enlighet med Europaparlamentets och Rådets Direktiv 2002/49/EG, Bedömning och hantering av omgivningsbuller.

Ekvivalent ljudnivå L_{Aeq}

L_{Aeq} avses ett medelvärde för A-vägd ljudtrycksnivå. L_{Aeq} definieras som den konstanta ljudnivå som under en given tid ger samma ljudenergi som en under samma tid varierande ljudnivå. $L_{Aeq,dygn}$ är ett energimedelvärde under 24 timmar.

Sound Exposure Level SEL

SEL avser den ljudnivå som skulle ha uppnåtts om hela den ljudenergi som kan mätas in under en överflygning skulle exponeras under 1 sekund.

2.3**Övriga förklaringar****Flygrörelse eller rörelse**

Start eller landning

Färdplan

Meddelande mellan piloten och flygtrafikskontrollen om en flygning som innehåller information om bland annat flygplanstyp, hastighet, flygväg och destinationsflygplats

Nuläge

ca 61 000 flygrörelser, basår 2010

Nollalternativ 1

80 000 rörelser, tillståndsgiven trafikvolym

Nollalternativ 2

80 000 flygrörelser, med utgångspunkten att det uppnås ca år 2038

Sökt trafikvolym

120 000 flygrörelser, prognostiserad framtida trafiksituation ca år 2038

Scenario regionalt nav

100 000 flygrörelser, med utgångspunkten att det uppnås ca år 2015

3 METODOLOGI

3.1 Beräkningsverktyg

Transportstyrelsen, Försvarmakten och Naturvårdsverket har tagit fram ett gemensamt dokument (2011-10-31 version 1.0) redovisandes de principer som ska gälla för kvalitetssäkring av flygbullerberäkningar. I dokumentet anges att det är den gällande versionen av ECAC Doc. 29 ver. 3 som ska vara den metodmässiga utgångspunkten för flygbullerberäkningar. Beräkningarna i denna utredning följer i tillämpliga delar kvalitetssäkringsdokumentet för flygbullerberäkningar. Flygbullerberäkningarna har gjorts med det datoriserade beräkningsprogrammet INM 7.0c⁵ som är konstruerad av FAA⁶. INM tillämpar den beräkningsmetod för flygbuller som tagits fram och dokumenterats av SAE⁷ och Aviation Noise Committee (A-21). INM 7.0c med dess underliggande teori överensstämmer med den metodbeskrivning som redovisats i ECAC⁸ dokument 29 (version 3) och ICAO⁹ Circular 205.

INM 7.0c tillämpar en internationell prestanda- och flygbullerdatas som har godkänts av ECAC. Databasen innehåller för närvarande detaljerad information för omkring 150 olika flygplanstyper vilket ger möjlighet till ett mycket precist beräkningsförfarande.

Alla bullerberäkningar i föreliggande utredning baseras på antagandet att omgivningen har mjuk mark, att standardatmosfär råder och att temperaturen är 15°C samt att det är 8 knops motvind. Dessa meteorologiska data används i beräkningsprogrammet för att beräkna den atmosfäriska absorptionen. En detaljerad topografisk modell av flygplatsens omgivningar nyttjas för att noggrant beräkna avstånd mellan mark och flygplan. I beräkningarna används standardprofiler för start- och landningsprocedurer för respektive flygplanstyp. Endast buller från operationer i luften och på start- och landningsbanan ingår i beräkningarna. Buller från taxning, motorprovkörning och liknande ingår alltså inte.

Swedavias flygvägsuppföljningssystem, ANOMS, har använts för att ta fram indata till INM med trafikutfall för nuläget med banfördelning, flygvägar och flygplanstyp.

Beräkning av de tredje högsta maximala ljudnivåerna från den samlade flygtrafiken vid Göteborg Landvetter Airport har utförts med beräkningsverktyget TNIP. Detta program utgår från bullerdata beräknad med INM och analyserar den maximala ljudnivå som under en förutbestämd tidsperiod förekommer ett visst antal gånger inom ett detaljerat rutnät om 100 m x 100 m. Av beräkningstekniska

⁵ Integrated Noise Model

⁶ Federal Aviation Administration

⁷ Society of Automotive Engineers

⁸ European Civil Aviation Conference

⁹ International Civil Aviation Organization (specialorgan inom FN)

skäl är det storleken på rutnätet som används vilket i vissa fall leder till kurvor som har kantigt utseende (ex. Figur 22).

3.2 Förändringar i beräkningsmiljön

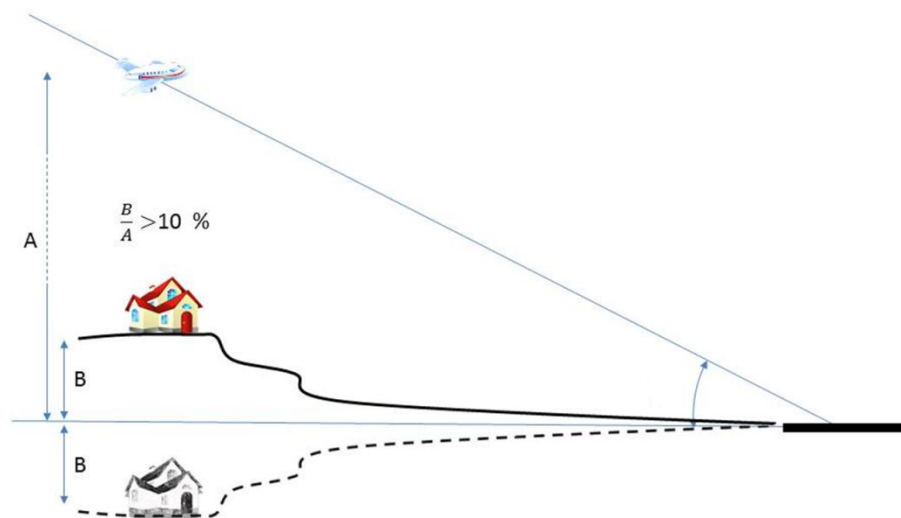
Swedavia strävar efter att hela tiden ligga i framkant vad gäller kunskap och metoder inom bullerberäkning och -mätning. Det leder till att äldre beräkningar och nya beräkningar inte alltid är helt jämförbara. I vissa fall kan det bero på utomstående faktorer, såsom att definitionen av FBN som har ändrats, och i vissa fall beror det på uppdateringar av beräkningsprogrammen.

3.2.1 Beräkningsverktyg

INM:s prestanda- och flygbullerdatas har uppdaterats mellan INM 6 och INM 7. För nästan samtliga Boeingmodeller har det skett en förändring för startbuller och för många Airbusmodeller har det skett en förändring i landningsbullret. Detta får till följd att ett och samma trafikfall kan få en något annorlunda bullerkurva när det beräknas med INM 7.0c jämfört med INM 6.0. Eftersom den tillståndsgivna trafiken ursprungligen var beräknad med INM 6.0 har den räknats om med INM 7.0c för att en jämförelse ska kunna ske mellan den tillståndsgivna trafikvolymen och de nya trafikfallen, se vidare stycke 6.

3.2.2 Topografi

Enligt den aktuella versionen av kvalitetssäkringsdokumentet för flygbullerberäkningar (2011-10-31 version 1.0) skall hänsyn tas till topografiska förhållanden om det för avståndet källa till mottagare finns en variation på mer än 10 procent, vilket skulle motsvara knappt 1 dB, se exempel i Figur 1. Runt Göteborg Landvetter Airport finns det platser där variation av faktisk mark är över 10 procent av avståndet mellan beräknad ljudkälla till mottagare (flyghöjd och mark). Därför behöver beräkningarna ta hänsyn till topografiska höjdskillnader.



Figur 1: Hänsyn till topografi skall tas när avståndet mellan faktisk mark och plan mark är 10 procent eller mer av avståndet mellan ljudkällan (flygplan) och plan mark. Streckad linje illustrerar marknivå under flygplatsens referenshöjd.

Höjddata är uppmätt av Metria med 50 m rutnätspunkter som transformerats till en upplösning om tre bågsekunder och importeras till beräkningsmodellen. Genom att beräkningarna tar hänsyn till topografi fås noggrannare bullerkurvor men det kan också leda till uppdelade bullerkurvor. Exempelvis, om en bullerkurva sträcker sig över en dal kan det bli så att den beräknade ljudnivån i botten av dalen inte når upp till den ljudnivå som ska presenteras men en kulle på andra sidan dalen kan vara tillräckligt nära flygplanen för att området där ska få en beräknad ljudnivå som överskrider den ljudnivå som ska presenteras. I detta fall skulle bullerkurvan sluta vid dalen och sedan skulle det bli ett nytt bullerområde vid höjden, se exempelvis beräkningen för L_{night} 50 dB(A) för nollalternativ 1, Figur 45.

Alla beräkningar som presenteras i denna rapport tar hänsyn till topografi.

3.3

Beräkningsmetod 3:e högsta maximala ljudnivå, 150 nätter per år

För beräkningsfallet 3:e högsta maximala ljudnivå, 150 nätter per år krävs det ett annorlunda tillvägagångssätt än de andra beräkningsfallen som använder hela årets trafik. För att skapa det beräkningsfall som 150 nätter utgör har trafikfördelningen under nätterna åren 2009 till 2011 analyserats uppdelat på flygplansgrupp, bana och typ av rörelse (landning eller start). Rörelserna per natt under dessa tre år analyseras och för varje grupp identifierades 150 nätter med flest rörelser per år. Ett genomsnitt av de tre åren räknades ut och förhållandet mellan antal flygplan under hela året och antalet under de utvalda 150 nätterna ligger sedan till grund för beräkandet av antalet flygplan som antas komma under 150 nätter. För att även nuläget ska vara jämförbart med de andra trafikfallen är också den beräknad enligt metoden ovan. Däremot bara med år 2010 som grund.

Denna metod kan överskatta andelen flygplan som kommer under de 150 bullrigaste nätterna eftersom analysen gjordes individuellt per grupp och typ av rörelse.

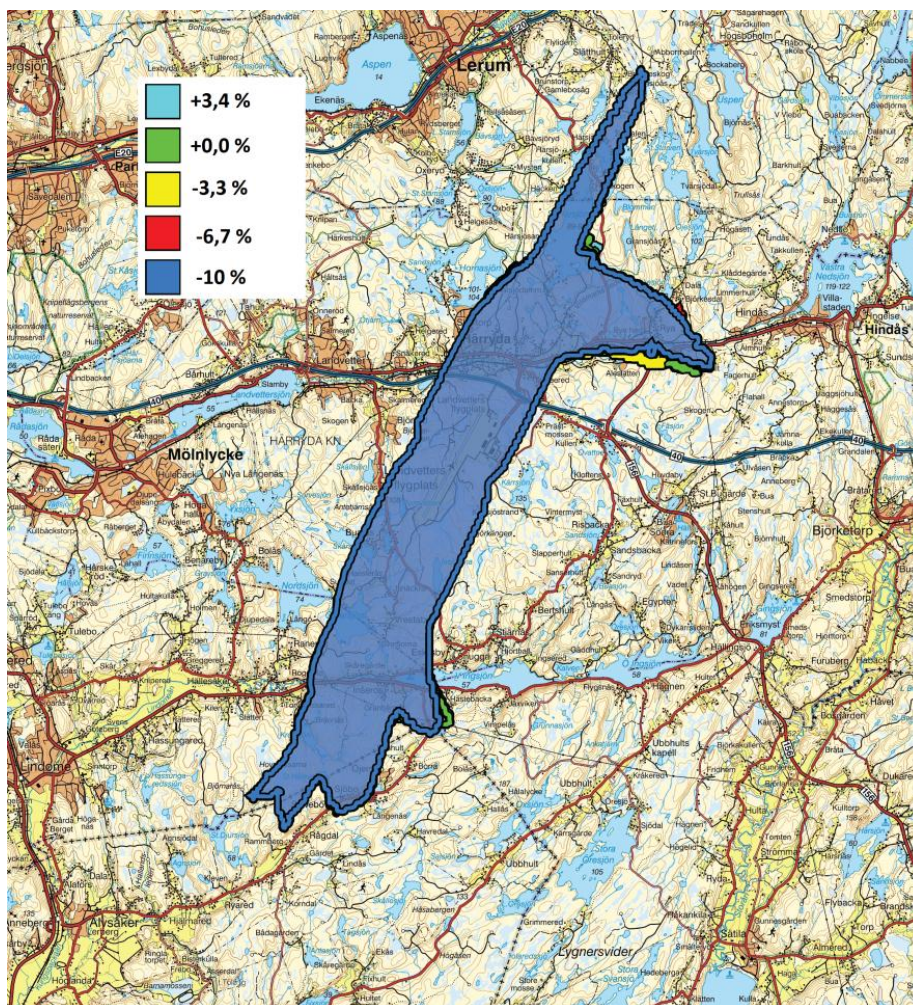
3.4 Verifikation av bullerberäkningsverktyg

3.4.1 Känslighetsanalys av prognos

I de fall där man räknar med ekvivalentnivåer (L_{night}) eller viktade ekvivalentnivåer (FBN) är bullerkurvornas känslighet för en förändring i prognos liten. Ökar antalet flygrörelser på en flygväg kommer nivåerna att öka proportionellt¹⁰ och därmed kurvornas utbredning. Samma enkla förhållande finns inte när man räknar på antalet händelser över en viss nivå. Som exempel kan man ta årsmedeldygnen där det blir ett utfall om det finns minst tre händelser över 70 dB(A). Om det till exempel redan startar tre stycken av en och samma flygplanstyp på samma flygväg under ett medeldygn kommer det inte bli någon skillnad om det ökar till fyra eller åtta. Om det däremot minskar något till att bara starta 2,8 flygplan av den typen under ett medeldygn kan kurvan ändra form. Detta illustreras nedan i Figur 2 där tre händelser över 70 dB(A) under ett årsmedeldygn för sökt trafikvolym visas. Denna bild illustrerar hur bullerkurvan hade sett ut om prognosen hade förändrats +3,4%, 0%, -3,3%, -6,7% och -10%. Varje steg motsvarar ungefär 4 000 rörelser på årsbasis. Eftersom det antas att trafikökningen sker gradvis har det lagts större fokus på att undersöka vad som sker under 120 000 rörelser.

Större delen av kurvan är oförändrad men vissa delar påverkas, särskilt i nordost där kurvan minskar i storlek med mindre trafik. Skillnaderna är små och slutsatsen är att bullerberäkningen för sökt trafikvolym är okänslig för förändringar av trafikmängd.

¹⁰ Observera att summeringen av nivåer för beräkning av ekvivalentnivå sker logaritmiskt och att en dubbling av antalet rörelser därför endast leder till en ökning med 3 dB.



Figur 2: Känslighetsanalys för sökt trafikvolym (120 000 rörelser), beräkningsfall: 3 ggr över 70 dB(A), årsmedeldygn.

3.5

Flygbullermätningar

På uppdrag av Göteborg Landvetter Airport har det genomförts bullermätningar under 2006, 2007, 2009 och 2011. Syftet med mätningarna var att kontrollera hur aktuella bullerberäkningar stämmer överens med den uppmätta bullerexponeringen. Se Figur 3 för mätplatser under dessa år.



Figur 3: Placering av mätutrustning under bullermätningar år 2006,2007,2009 och 2011.

År 2006 utfördes mätningar av WSP Sverige AB (WSP) på två platser, Prästgårde och Vrestaby, se Figur 3 under perioden 22 november - 21 december 2006. Totalt 975 registreringar sammanställdes och medelvärden för respektive flygplanstyp och grupp har i enlighet med ISO 3891¹¹ sammanställts när registreringar har skett för tre händelser och däröver.

WSP slutsatser är att skillnaden relativt beräknat värde för mätplats Prästgårde (norr om flygplatsen) respektive Vrestaby (söder om flygplatsen) är inom ± 4 dB(A) om man studerar medel av maximal ljudnivå för respektive flygplansgrupp samt den flygplanstyp som representerar varje flygplansgrupp. Ett undantag är landning norrifrån av grupp Boeing 747-200 där beräknat värde är ca 8 dB(A) högre än vad som uppmätts. En trolig orsak till avvikelse kan vara att det vid mätning av denna grupp endast förekom en passage av typen Boeing 747-200, övriga passager var av andra typer inom gruppen Boeing 747-200 (framförallt de mindre bullrande flygplanstyperna Boeing B747-400 och Airbus A300). Om man endast analyserar de flygplanstyper och grupper som har fler än 20 registreringar erhålls en avvikelse mellan beräknade och uppmätta nivåer inom ± 3 dB(A).

¹¹ ISO 3891: Acoustics -- Procedure for describing aircraft noise heard on the ground

Beräkningsnoggrannheten för aktuella flygbullerberäkningar anges också till ± 3 dB(A). Resultaten visar därmed god överensstämmelse mellan beräkningar och mätningar.

År 2007 utfördes mätningar av WSP på två platser, Härskogen och Grantjärn, se Figur 3, under perioden 24 september - 26 november 2007. Totalt 1605 registreringar sammanställdes och medelvärden för respektive flygplanstyp och grupp har sammanställts enligt samma kriterier som ovan.

WSP slutsatser är att differensen mellan mätningar och beräkningar för mätplats Härskogen (norr flygplatsen) är inom ± 4 dB(A), respektive Grantjärn (syd flygplatsen) ± 3 dB(A), om man studerar medel av maximal ljudnivå för respektive flygplansgrupp samt flygplanstyp representerande varje flygplansgrupp. Ett undantag är landning norrifrån av grupp B742 där beräknat värde är ca 5 dB(A) högre än vad som uppmätts. Utvärderingen av mätuppdraget visar på en god överensstämmelse mellan mätningar och beräkningar.

År 2009 utfördes mätningar av ÅF-Infrastruktur AB / Ingemansson (ÅF) på två platser, Salvebo och Rågdal, se Figur 3 under perioden 24 september – 26 november 2007. Totalt 1596 registreringar sammanställdes och medelvärden för respektive flygplanstyp och grupp har sammanställts enligt samma kriterier som ovan.

ÅF drar slutsatsen att om man ser till maximalnivåer över mätplats Salvebo finnes god överensstämmelse (inom 3 dB(A)) för de starter som går att utvärdera. Om man ser till maximalnivåer över mätplats Rågdal har vi god överensstämmelse för de starter som går att utvärdera, förutom för grupp B738 där större avvikelse registreras. I detta fall överskattar beräkningarna de maximala ljudnivåerna med 7 dB.

År 2011 utförde ÅF mätningar i en mätpunkt ca 7 km nordöst om flygplatsen vid Härskogen i Lerums kommun, se Figur 3.

Mätpunktens placerades under inflygningsvägen till bana 21 där flygplanen passerar direkt över mätplatsen med mycket små avvikelser i höjd och sidled. Medelvärdet för respektive flygplanstyp och grupp har sammanställts enligt samma kriterier som ovan. ÅF drar slutsatsen att maximal- och SEL nivåer över mätplats Härskogen har god överensstämmelse (inom 3 dB(A)) med beräkningsvärde för majoriteten av landningarna. Gruppen för Boeing 747-400 (B744) redovisar den högsta differensen på 3,6 dB vid jämförelse mellan beräkning och mätning. Beräkningarna överskattar där uppmätta ljudnivåer. Däremot underskattar beräkningar både maximala ljudnivå och SEL-värde med 2,4 dB(A) respektive för 1,9 dB(A) för gruppen MD. För en mer detaljerad redovisning av mätresultaten från år 2011, se bilaga 3.

På Stockholm Arlanda Airport och på Bromma Stockholm Airport finns det fasta mätstationer installerade som analyserar bullret från varje enskild flygplanspassage över mätstationen. Mätsammanställningen från dessa stationer¹² och jämförelsen med beräknade värden visar att resultaten från beräkningsverktyget INM har god överensstämmelse med uppmätta värden och att beräkningen överlag överskattar bullret med någon dB. Eftersom det är samma flygplansindivider som till stor utsträckning trafikerar Arlanda, Bromma och Landvetter Airport gäller också samma beräkningsnoggrannhet på Landvetter som på de andra två flygplatserna.

3.5.1 Exempel på andra beräkningsverktyg

Beräkningsprogrammet INM är industristandard men det finns andra verktyg som kan användas i mer specifika fall. Airbus har ett verktyg (PEP)¹³ som endast kan användas för deras egna flygplan och i ett forskningsprojekt¹⁴ som har genomförts på Chalmers Tekniska Högskola i Göteborg har det undersökts på vilken höjd A321-231 slutar bullra över 70 dB(A) på marken. Denna undersökning använde faktisk flygplansdata från de s.k. svarta lådorna från ett antal starter på Landvetter vilket gav information om bland annat gaspådrag, stigprofil och klaffsättning under utflygningen. Data från alla Novairs starter med A321-231 längs flygväg TOPLA 1J och TOPLA 1M under perioden januari 2010 till juli 2011 analyserades och ett värsta möjliga bullerscenario valdes ut. Resultatet visar att denna typ av flygplan med en sådan startprofil slutar bullra 70 dB(A) på en höjd av ca 3100 fot över marknivå. Beräkningar i INM med standardinställningar visar istället i att A321 slutar bullra 70 dB(A) vid ca 3000 fot, d.v.s. INM underskattar höjden något i jämförelse med PEP:s beräkning. Slutsatsen är att INM räknar mycket likt PEP eftersom skillnaden i höjdled endast är 3,3 % mellan dessa beräkningsprogram. Eftersom det var ett värsta möjliga bullerscenario som INM:s standardberäkning jämfördes mot är de bullerkurvor som skapas i INM förmodligen större än bullerkurvorna från en genomsnittlig start beräknad med PEP.

Studien hade inte tillgång till flygplanstillverkaren Boeings bullerberäkningsprogram men använde ett verktyg (BPS)¹⁵ för att modellera stigprofiler, klaffsättning och gaspådrag. I samma studie som ovan analyserades flygplansdata från ett begränsat antal starter med SAS och flygplanstypen B737-800 längs flygväg LABAN 2J. Här valdes en typisk start ut med avseende på stigprofil och dess hastighet-, stig- och gaspådragsprofil matades in i INM och bullret beräknades. Detta jämfördes sedan med standardinställningarna i INM som

¹² FLYGBULLERMÄTNING 2011 - Stockholm Arlanda Airport: D 2012-003038,
FLYGBULLERMÄTNING 2011 - Bromma Stockholm Airport: D 2012-003070

¹³ Airbus Performance Engineer's Program

¹⁴ GREEN CLIMB – Oberoende studie om möjligheten att förbättra luftrummet runt Landvetter flygplats utförd av Dr. Deborah Mitchell i samarbete med LFV, Swedavia, Scandinavian Airline Systems (SAS) och Novair.

¹⁵ Boeing Performance Software

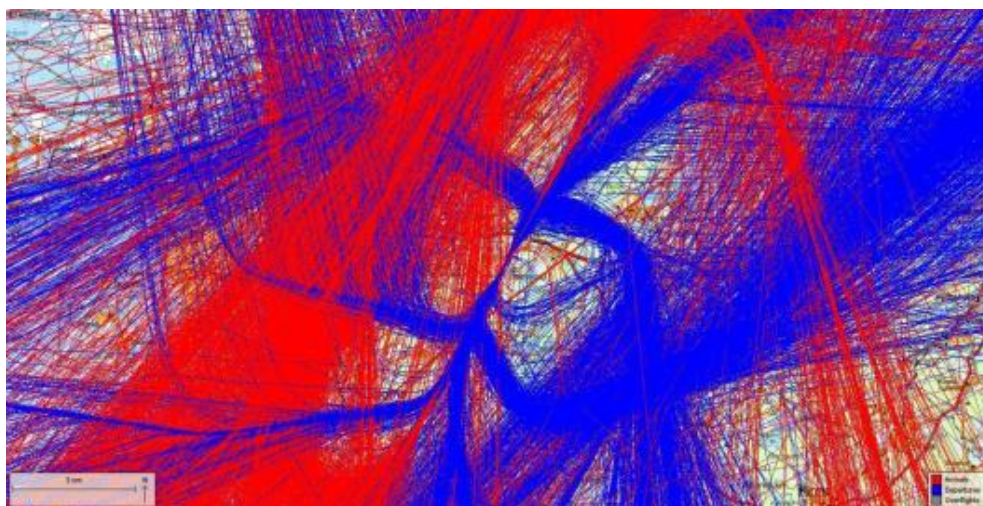
används i alla beräkningar i denna rapport och resultatet visar att standardinställningen i INM överskattar höjden på vilken B737-800 slutar bullra 70 dB(A). Standardinställningen i INM resulterade i höjden 5200 fot och den förfinade modellen resulterade i höjden 3600 fot.

3.6 Flygvägar

En detaljerad teknisk beskrivning av hela den verksamhet som ansökan omfattar hittas i *Teknisk Beskrivning Del II*¹⁶. Bilaga 1 i det dokumentet omfattar en beskrivning av det flygvägssystem som används på Göteborg Landvetter Airport enligt nu gällande tillstånd och bilaga 2 omfattar utredningar av flygvägssystemet. Flygvägarna som är publicerade i nu gällande AIP¹⁷ och de som är konstruerade av LFV till utredningen ovan har införlivats i bullerberäkningsmodellen. Eftersom det finns en spridning av flygtrafiken runt flygvägarna har hänsyn tagits till detta i beräkningarna.

3.6.1 Behandling av spridning

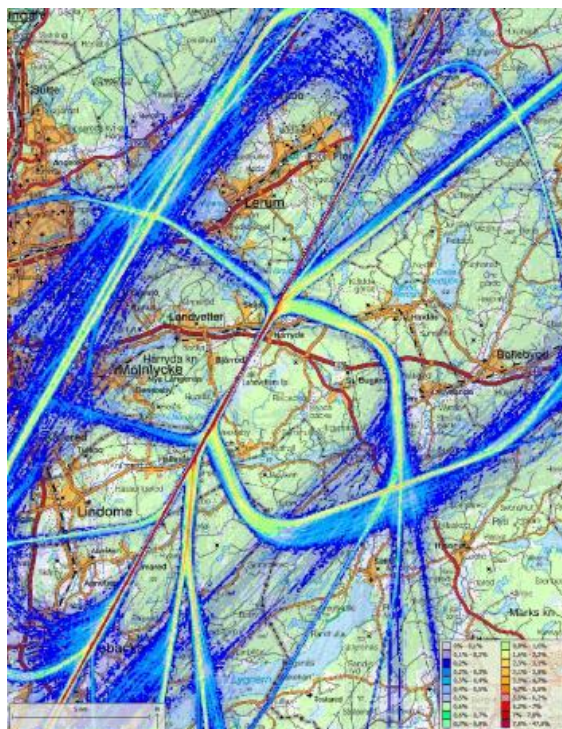
Radarspår från trafiken för tre månader år 2010 (12 825 rörelser finns registrerade i ANOMS) visas i Figur 4. På bilden överlappar radarspårerna varandra men de är koncentrerade kring de nominella flygvägarna. För att bättre förstå var trafiken finns används en så kallad täthetsbild av trafiken i Figur 4, se exempel i Figur 5.



Figur 4: Alla registrerade radarspår med färdplan under de tre första månader år 2010 visas. Starter är markerade med blått och landningar med rött.

¹⁶ Dokumentnummer: D2012-017325 och D2012-017326

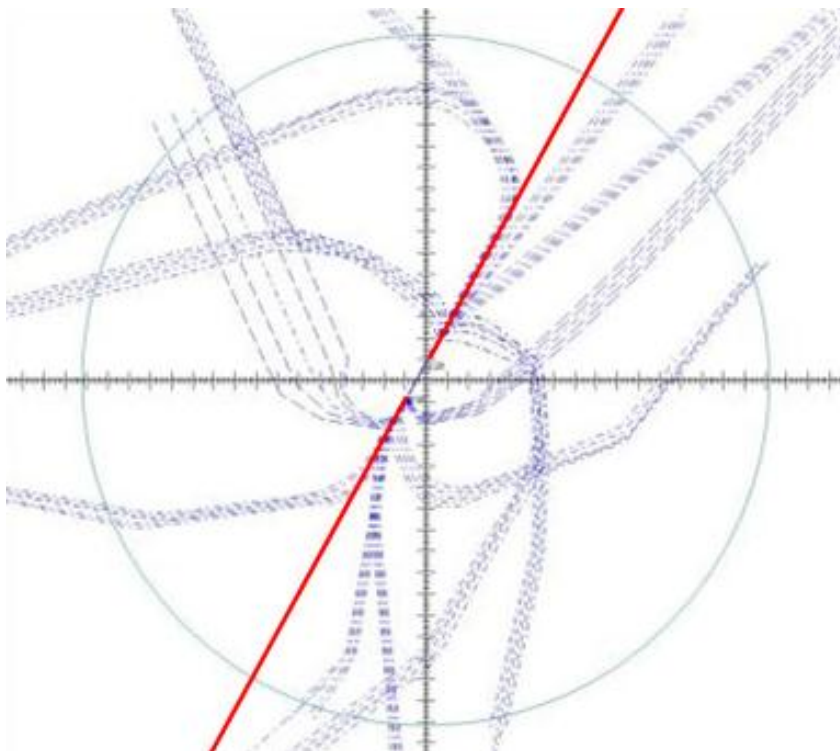
¹⁷ Aeronautical Information Package innehåller bl.a. en beskrivning flygvägarna till och från flygplatsen.



Figur 5: Täthetsbild av alla registrerade radarspår med färdplan under de tre första månaderna år 2010. Luftrummet är uppdelat i rutor om 100 m x 100 m och de rutor som överflygs mer än en gång var tredje dag är markerade med blå färg. Grön färg visar överflygningar mer än en gång var tredje dag och röd färg visar mer än 10 överflygningar per dag.

Utiifrån täthetsbilden (Figur 5) skapas sedan de modelleringspår som används i beräkningsprogrammet. För varje flygväg skapas fem modelleringspår med en normalfördelad procentuell fördelning av trafiken enligt förhållandet: 6,5%, 24%, 39%, 24%, 6,5%. Figur 6 visar ritade flygvägar och spridningsspår i bullerberäkningsverktyget. Det finns inte någon spridning för landningar nära flygplatsen eftersom flygplanen flyger längs ILS¹⁸ (se Figur 5) och därför har landningsflygvägarna inga spridningsspår i bullerberäkningsmodellen (se Figur 6). De flesta flygvägar och spridningsspår i beräkningsprogrammet ritades för provotidsutredningen och överensstämmer väl med verkliga förhållanden. Specifika flygvägar för turboprop- och propellerflygplan som inte beaktades i provotidsutredningen samt de nya flygvägarna som utreds i denna rapport har ritats för beräkningar. Spridningen längs en flygväg som fanns i provotidsutredningen, SID 03 TOPLA/VADIN, har justerats för att bättre stämma överens med utfallet. Detta påverkar endast kurvan för tre gånger över 70 dB(A) under ett årsmedeldygn och resultatet är att kurvan flyttas lite söderut längs denna flygväg.

¹⁸ ILS: Instrument Landing System



Figur 6: Flygvägar som används i bullerberäkningsverktyget. Startflygvägar med spridningsspår är markerade med blått och landningsflygvägar med rött.

3.7 Utredda justerade flygvägar

3.7.1 RNP AR Procedurer - Kurvade inflygningar

Modern satellitbaserad teknik (RNP-AR) gör det möjligt att konstruera flygvägar för att kunna minimera antalet bullerexponerade boende och förkorta flygsträcka och därmed minskade utsläpp till luft. För bullerberäkningar för sökt trafikvolym har ett antagande gjorts av LFV som är att följande antal flygplan går de kurvade inflygningsvägarna istället för att följa de nuvarande standardinflygningsvägarna:

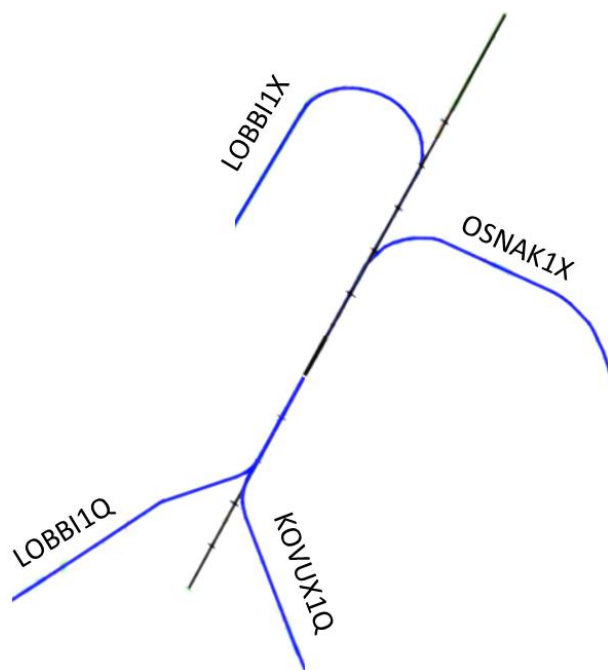
OSNAK1X – 2100 st.

KOVUX1Q – 900 st.

LOBBI1Q – 2000 st.

LOBBI1X – Har samma inflygningsväg som den nuvarande raka vägen till bana 21 och de flygplan som eventuellt kommer att ta den flygvägen istället för den nuvarande flygvägen kommer inte att kunna påverka bullerkurvorna.

Antagandet ovan är ett högsta tänkbara scenario och det valdes för att få en uppfattning om den maximala förändringen av bullerkurvor som ett sådant inflygningsförfarande kan leda till. Antalen baseras på att det kommer att landa 60 000 flygplan per år på Landvetter.



Figur 7: Kurvade inflygningsvägar

Effekten av kurvade inflygningar har beräknats för sökt trafikvolym. Stort sett blir det små skillnader i bullerkurvornas utseende och antalet bullerexponerade boende mellan sökt trafikvolym med nuvarande inflygningsvägar och sökt trafikvolym med kurvade inflygningsvägar. Se stycke 6.5.

3.7.2 Justering P-RNAV STAR bana 21

Det är önskvärt att kunna justera P-RNAV¹⁹ på bana 21 så att den lägsta angöringshöjden till ILS²⁰ är 2500 fot istället för 3000 fot enligt dagens tillstånd. Detta skulle leda till förkortade flygvägar och därmed minskade utsläpp till luft. Effekterna av denna förändring har utretts med avseende på buller.

Landningsbullret från de flygplanstyper som är grupprepresentanter har beräknats längs de nya flygvägarna och resultaten från de mest bullrande flygplanstyperna redovisas i stycke 6.6. På dessa bilder ser man att bullerkurvan för 70 dB(A) inte kan påverkas av de nya dragningarna. Flygplanstypen B747-400, som är den bullrigaste vid landning, har en bullerkurva som precis sträcker sig ut till den punkt där inflygningsvägarna möts och bullerkurvan för maximal ljudnivå påverkas därmed ytterst marginellt. Denna flygplanstyp kommer att fasas ut till förmån för tystare flygplan såsom B747-800 vilket ännu tydligare visar på att dessa föreslagna förändringar inte kommer att påverka de redovisade bullerkurvorna runt flygplatsen. Eftersom bullerkurvan för FBN 55 dB(A) är mindre än kurvan för 3:e högsta maximala ljudnivå under ett årsmedeldygn, 70 dB(A), påverkas inte heller FBN 55 dB(A) kurvan.

3.7.3 Möjlighet att lämna SID vid maximal ljudnivå 70 dB(A) på mark

Ett forskningsprojekt²¹ som har genomförts på Chalmers Tekniska Högskola i Göteborg visar att möjligheten att lämna SID vid 70 dB(A) skulle leda till minskade emissioner. Det kan i vissa fall även anses ha en effekt ur bullersynpunkt då det sprider trafiken över ett större geografiskt område och avlastar de områden som annars skulle ha haft alla överflygningar som följer en SID över sig.

Ett förslag är att flygplansflottan grupperas och låta den mest bullriga flygplanstypen i respektive grupp representera sin grupp och bestämma när de flygplanstyper som ingår i gruppen kan lämna SID. Kan det inte bestämmas vilken grupp en viss flygplanstyp tillhör används förslagsvis den mest bullriga gruppen. På så sätt säkerställs att inget flygplan lämnar SID innan den beräknade bullernivån i markplanet understiger 70 dB(A). Flygplan med hög bulleremission, så som exempelvis MD80-serien, kan då komma att följa SID längre och flygplan med låg bulleremission och bättre stigprestanda kan få möjlighet att lämna SID

¹⁹ P-RNAV Precision Area Navigation är en områdesnavigering med högre noggrannhet (+/- 1 nautisk mil från nominell flygväg) än RNAV: En navigeringsmetod som gör det möjligt för ett luftfartyg att följa valfri flygväg utan att vara helt beroende av markbunden infrastruktur (se definition i Luftfartsstyrelsens författningssamling LFS2005:39, ISSN 1652-8956).

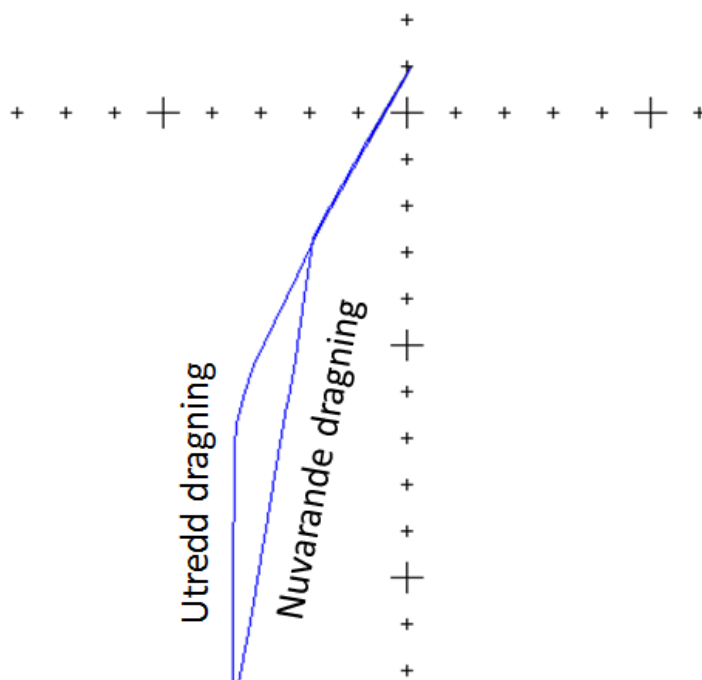
²⁰ ILS Instrument Landing System - automatiskt system som möjliggör landningar under dåliga väderförhållanden.

²¹ GREEN CLIMB – Oberoende studie om möjligheten att förbättra luftrummet runt Landvetter flygplats utförd av Dr. Deborah Mitchell i samarbete med LFV, Swedavia, Scandinavian Airline Systems (SAS) och Novair.

tidigare. Den praktiska tillämpningen och detaljerna kring förfarandet behöver utarbetas tillsammans med flygtrafikledningen och förankras hos tillsynsmyndigheten. Indelningen bör lämpligen bestämmas i flygplatsens kontrollprogram och bör inom ramen för kontrollprogrammet kunna ändras över tid. Samtliga redovisade bullerkurvor för riktvärdena FBN 55 dB(A) och maximal ljudnivå 70 dB(A) i denna rapport påverkas inte av möjligheten att lämna SID vid 70 dB(A) vid nuvarande och inte heller vid sökt trafikvolym vid Göteborg Landvetter Airport

3.7.4 Alternativ SID VADIN bana 21

För att utreda en minskning av bullerbelastning vid Salvebo har en alternativ dragning av SID 21 VADIN tagits fram av LFV. Se Figur 8.

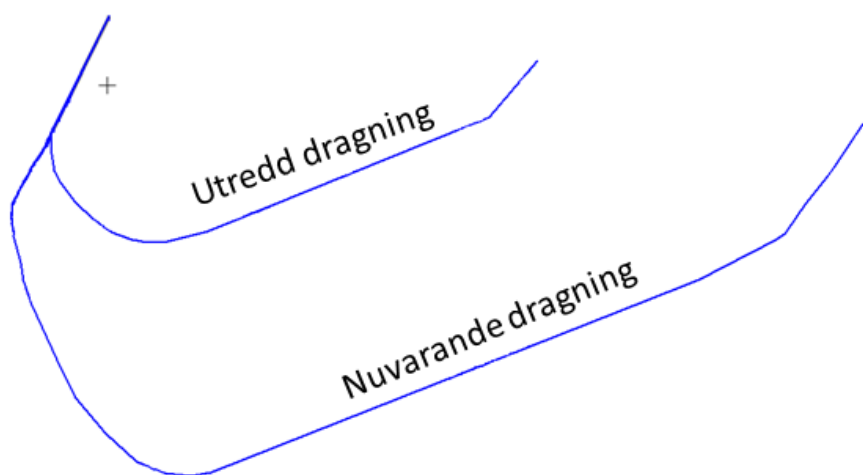


Figur 8: Utredd förändring av SID 21 VADIN

Bullerberäkningar har genomförts för sökt trafikvolym där alla rörelser från dagens VADIN har flyttats till den alternativa VADIN. Slutsatsen är att kurvorna för beräkningarna FBN 55 dB(A) och maximal ljudnivå 70 dB(A) tre gånger per årsmedeldygn påverkas lite av ändringen av flygvägen, se stycke 6.4 och 6.5. Vad gäller antalet bullerexponerade boende så blir det inte några signifikanta förändringar för bullernivåerna FBN 55 dB(A) och maximal ljudnivå 70 dB(A) tre gånger per årsmedeldygn. Som ett ytterlighetsfall har också en beräkning utförts där all trafik längs SID 21 TOPLA flyttades till den nya flygvägen.

3.7.5 Alternativ SID LABAN bana 21

En utredning av en kortare SID 21 LABAN har genomförts för att undersöka möjligheten att förkorta flygvägen, för att spara bränsle och därmed utsläpp till luft. Den utredda dragningen av flygvägen befinner sig längre norrut, se Figur 9.



Figur 9: Utredd förändring av SID 21 LABAN

Förändringen av SID 21 LABAN har beräknats för sökt trafikvolym och resultaten presenteras i stycke 6.5. I Figur 32 redovisas kurvorna för FBN 55 dB(A) för sökt trafikvolym med de olika utredda alternativa flygvägarna. Av figuren framgår att justeringen av SID 21 LABAN skulle medföra en liten utbuktning rakt söder om flygplatsen. Antalet exponerade boende inom bullerkurvan skulle vara något färre än sökt trafikvolym utan förändringen av LABAN.

I Figur 33 redovisas kurvorna för maximal ljudnivå 70 dB(A) minst tre gånger per årsmedeldygn för sökt trafikvolym med de olika utredda alternativa flygvägarna. Av figuren framgår att justeringen av SID 21 LABAN skulle medföra en stor förändring där kurvan får ett nytt utseende rakt söder om flygplatsen. Antalet bullerexponerade boende riskerar att bli något fler jämfört med den nuvarande dragningen av LABAN vilket beror på att det tillkommer fler boende än det faller bort när bullerkurvan ändrar form.

3.8 Gruppering av flygplansflottan för beräkningar

Cirka 150 olika flygplanstyper trafikerar årligen Göteborg Landvetter Airport och vid beräkning av utfall är det möjligt att göra bullerberäkningen mycket detaljerad då all information finns tillgänglig i efterhand. För prognoser finns dock alltid en osäkerhet i den framtida flygplansflottans sammansättning.

För att möjliggöra en uppskattning av bulleremissioner från den sökta verksamheten måste den prognostiserade trafiken fördelas genom att olika flygplanstyper delas in i grupper. Flygplanstyperna delas in i olika grupper och en flygplanstyp i varje grupp får representera gruppen. Prognosen specificerar antal passagerare per rörelse och utifrån detta har vikt- och passagerarantalsklasser skapats. Det första kriteriet för val av representerande flygplan för varje viktklass är att det ska ha en för gruppen genomsnittlig storlek och passagerarkapacitet. En avvägning av bl.a. bullernivå och rörelsefrekvens avgör sedan vilken flygplanstyp som representerar en grupp. Referensbullernivån²² (där man tittar på motortyp, antal motorer, startvikt och liknande) som används är maximal ljudnivå 70 dB(A). Dessutom tas hänsyn till exempelvis vilka flygplanstyper som är på väg att fasas ut och vilka som är på väg in som ersättare, det vill säga flygbolagens planering.

Det finns stora likheter mellan olika flygplanstyper samtidigt som några få flygplanstyper utgör majoriteten av rörelserna och därför kan en gruppering utföras utan att det får för stora konsekvenser på utfallet av beräkningarna. En mer förfinad indelning av flygplansgrupper behöver inte öka noggrannheten av bullerkurvorna eftersom några få flygplanstyper dominerar trafikbilden.

Tabell 1: Grupperade flygplanstyper efter vikt i ton och passagerarkapacitet, med undantag av flygplansgruppen MD80 och propellerflygplan som har sina egna grupper. INM-typ är benämning på den flygplanstyp som används för beräkning i INM.

			<i>Dagens trafik</i>		<i>Regionalt nav</i>		<i>Prognos</i>	
Grupp	MTOW ²³ (ton)	Antal passagerare	Flygplanstyp som representant	INM-typ	Flygplanstyp som representant	INM-typ	Flygplanstyp som representant	INM-typ
1: Propeller	0 - 70	2 - 90	SAAB 340	SF340	SAAB 340	SF340	Dash Q400	SF340
2	0 - 29	50 - 56	Embraer 145	EMB145	Embraer 145	EMB145	Embraer 145	EMB145
3	30 - 39	70	BAE 146 300	BAE300	Embraer 170	GV	Bombardier CS Serie	CRJ9-ER
	40 - 49				BAE 146 300	BAE300		
4	50 - 119	162 - 189	Boeing 737-800	737800	Boeing 737-800	737800	Boeing 737-800	737800
5	120 - 249	295 - 335	Airbus A330-301	A330-301	Airbus A330-301	A330-301	Airbus A330-301	A330-301
6	Över 250	416 - 524	Boeing 747-400	747400	Boeing 747-400	747400	Boeing B748	A380
7: MD80	63 - 70	152 - 172	McDonnell Douglas MD-82	MD82				

²² Referensbullernivån är i detta fall en jämförelse av en maximal ljudnivå om 70 dB(A) för respektive flygplanstyp med rak lateral start eller landning.

²³ Maximum Take-Off Weight

Tabell 1 visar representanten per respektive grupp för nuläget, regionalt nav, sökt trafikvolym och nollalternativ 2. Trafikfallet nollalternativ 2 använder samma representanter som sökt trafikvolym. Nollalternativ 1 (dagens tillståndsgivna trafikvolym) har en något annorlunda användning av flygplanstyper som finns redovisad i stycke 4.2.1.

McDonnell Douglas MD80-serie är av signifikant betydelse för bulleremission vid starter. Flygplanstypen passar viktsmässigt i grupp 4 men p.g.a. dess bulleregenskaper och då den enligt prognosen fasas ut senast år 2015 hanteras denna flygplanstyp i en egen grupp som ger utslag endast för nuläget (2010).

Allmänflyg, dit helikopter och små propellerflygplan hör, ingår i gruppen 1 i beräkningarna. Detta överskattar allmänflygets inflytande eftersom den flygplanstyp som representerar gruppen, Saab 340, är mycket mer bullrig än den genomsnittliga helikoptern eller enmotoriga propellerflygplanet.

För att beräkningarna för nuläget ska vara jämförbara med de prognostiserade alternativen är också den beräknad gruppvis.

3.8.1 Grupp 1: Propellerflygplan

Denna grupp består av allmänflyg, små en- och tvåmotoriga propellerflygplan och turbopropellerflygplan. De vanligaste flygplanstyperna i denna grupp på Göteborg Landvetter Airport år 2010 var Bombardier Dash 8 följt av Fokker 50 och Dornier 328. Trots att Saab 340 inte var den vanligaste flygplanstypen, har en lägre vikt och tar färre passagerare är det en relativt bra representant för blandningen av Dash 8, Fokker 50 och Dornier 328 vad gäller bulleregenskaper.

Flygbullermätningar²⁴ från Bromma Stockholm Airport och Stockholm Arlanda Airport bekräftar detta. Saab 340 väljs därför som representerande flygplanstyp för denna viktgrupp.

Dash Q400 Next Generation, ett flygplan som har liknande egenskaper som Saab 340 både vad gäller buller och emissioner, bedöms på sikt kunna ersätta både Dash 8 och Fokker 50. Det saknas dock källdata i beräkningsverktyget INM för bullerberäkningar och därför har Saab 340 använts som ersättningstyp även för de framtida trafikfallen.



Figur 10: SAAB 340, bild från url: <http://en.wikipedia.org>

²⁴ Flygbullermätning år 2010 Bromma Stockholm Airport, Dokumentnummer D 2011-005365 och Flygbullermätning år 2010 Stockholm Arlanda Airport, Dokumentnummer D 2011-000956

3.8.2 Grupp 2: 0 – 29 ton

Denna grupp består till största delen av mindre tvåmotoriga jetflygplan. Embraer 145 (Figur 11) är viktmässigt representativ för viktspannet 0-29 ton och dominerar dessutom i antal rörelser på Göteborg Landvetter Airport för denna kategori i nulägesberäkningarna. Flygplanet förväntas finnas kvar i trafik lång tid framöver. Denna flygplanstyp får därför representera kategorin för alla bullerberäkningar.



Figur 11: Embraer 145, bild från url: <http://en.wikipedia.org>

3.8.3 Grupp 3: 30 – 49 ton

Denna grupp består till största delen av mindre fyrmotoriga jetflygplan som BAE146-300 (Avro RJ100) samt mindre tvåmotoriga jetflygplan Embraer 170, Embraer 190 och Bombardier CRJ900. År 2010 var BAE146-300 (Avro RJ100) (Figur 12) den vanligaste typ inom gruppen som trafikerade Göteborg Landvetter Airport flygplats. Den är också vikt- och kapacitetsmässigt representativ för gruppen och får därför representera kategorin i beräkningarna för nuläget.

I trafikscenariot regionalt nav förväntas en större andel av ökningen ske inom de mindre viktklasserna 2 och 3. Ökningen i grupp 3 är tänkt att bestå av framförallt tvåmotoriga jetflygplan (till exempel Embraer 170), som ligger i viktklassen 30-39 ton. BAE146-300 som är en större och mer bullrande flygmaskin är inte lämplig för att representera ökningen i denna grupp i regionalt nav-alternativet och därför är grupp tre uppdelad i två mindre delgrupper.

BAE146-300 är en äldre flygplanstyp som planeras ersättas av Bombardier CS100. Bombardier CS Series-flygplanen är idag fortfarande under utveckling och kommer att vara tyngre flygplanstyper (50-63 ton). Bullerberäkningsprogrammet INM, saknar källdata för Bombardier CS100 men enligt uppgifter från flygplanstillverkaren kommer CS100 vara bullermässigt jämförbar med Bombardier CRJ900. CRJ900 väljs därför som representerande flygplanstyp för bullerberäkningarna för sökt trafikvolym.



Figur 12: BAe 146-300 (Avro RJ100) , bild från url: <http://en.wikipedia.org>

3.8.4 Grupp 4: 50 – 119 ton

Grupp 4 dominerar flygtrafiken på Göteborg Landvetter Airport och har därmed stor betydelse för bulleremissionerna. Många av flygplanen är snarlika varandra i storlek och prestanda. Vanligaste typerna är Boeing 737-serien och Airbus A320-serien. Boeing 737-800 (Figur 13) är en vanlig flygplanstyp och har relativt nya motorer. Flygplanstypen väntas finnas kvar länge framöver och väljs därför som representerande flygplanstyp för alla bullerberäkningar.



Figur 13: Boeing 737-800, bild från url: <http://en.wikipedia.org>

3.8.5

Grupp 5: 120 – 249 ton

Airbus A330-301 (Figur 14) har valts som representant för bullerberäkningarna för grupp 5 då den ger en bra representation av de tre vanligaste typerna i gruppen, Boeing 767-300, Airbus A300-B och Airbus A330-serie. Flygplanet är relativt nytt och får därför representera gruppen i alla bullerberäkningar.



Figur 14: Airbus A330-302, bild från url: <http://en.wikipedia.org>

3.8.6

Grupp 6: > 250 ton

Denna kategori består till stor del av frakt- och chartertrafik och utgör idag en mindre del av trafiken på Göteborg Landvetter Airport. Idag domineras gruppen av Boeing 747-400. Boeing 747-400 (Figur 15) representerar gruppen för bullerberäkningarna år 2010, men denna flygplanstyp förväntas inte finnas kvar i den här typen av trafik på Göteborg Landvetter Airport. Boeing 747-400 kommer att ersättas av Boeing 747-800 och Airbus A350. Dessa flygplanstyper väntas komma i trafik under de närmaste åren och kan antas ha kommit i trafik även på Göteborg Landvetter Airport år 2038. Bullerberäkningsmodellen, INM, saknar dock källdata för både Boeing 748 och Airbus A350. Anledningen till att källdata saknas är att Boeing 748 är mycket ny på marknaden (första leveransen till kund var hösten 2011) och därmed ej har hunnit komma in i INM. Produktionen för Airbus A350 nyligen startat och de första exemplaren förväntas bli klara för leverans under 2014. Därför används istället Airbus A380 som representerande flygplanstyp för bullerberäkningarna år 2038 trots att den är större än både B748 och A350. Boeing B748 bullrar mindre än Boeing 747-400 enligt ICAO:s EPNL²⁵ databas och också A350 kommer enligt Airbus att ha en lägre bulleremission än Boeing 747-400.



Figur 15: B747-400, bild från url: <http://en.wikipedia.org>

²⁵ Begrepp som används vid bullercertifiering av flygplan. Effective Perceived Noise Level.

3.8.7

Grupp 7: MD80

McDonnell Douglas MD-80 (Figur 16) bullrar mer och ger mer utsläpp till luft under startproceduren än alla andra flygplanstyper i sin viktgrupp och hanteras därför separat. Under landning är den däremot inte utmärkande. Som nämnts ovan antas flygplanet MD80 enligt prognosen vara utfasat senast år 2015 och därför återfinns denna flygplanstyp i en egen grupp som ger utslag endast för nuläget.



Figur 16: McDonnell Douglas MD82, bild från url: <http://en.wikipedia.org>

3.9

Banfördelning – 03/21

Fördelning av antal rörelser på bana 03 respektive 21 vid beräkning av sökt trafikvolym, regionalt nav och nollalternativ 2 har tagits fram från statistik i ANOMS baserat på banfördelningen under en tioårsperiod mellan åren 2001 och 2010. Banfördelningen följer också vindstatistiken för den senaste tjugoårsperioden. Banfördelningsstatistik togs fram separat för dag, kväll och natt samt för landning och start. Banfördelningen för individuella viktgrupper skiljde sig inte åt och därför används samma banfördelning för alla grupper. För den tillståndsgivna trafikvolymen (nollalternativ 1) används den banfördelning som användes vid ansökan till nuvarande tillstånd. Banfördelningen för beräkning av nuläge (2010 års trafik) togs fram med hjälp av ANOMS. Vädret under 2010 har kännetecknats av ovanligt långa perioder med högt tryck och nordliga eller nordostliga vindar vilket medförde en ovanligt hög användning av bana 03.

Banfördelning för nuläget, regionalt nav, sökt trafikvolym och nollalternativen visas i Tabell 2.

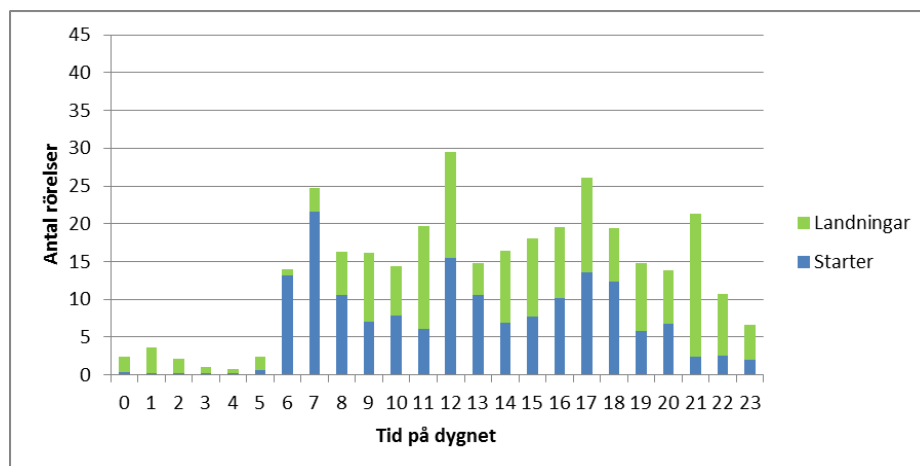
Tabell 2: Banfördelning för nuläge och sökt trafikvolym, regionalt nav samt för nollalternativen.

	TRAFIKFALL	DYGN		DAG		KVÄLL		NATT	
		03	21	03	21	03	21	03	21
Landning	Nuläge (år 2010)	46,3%	53,7%	42,6%	57,4%	50,0%	50,0%	54,6%	45,4%
	Nollalternativ 1	31,8%	68,2%	27,1%	72,9%	33,1%	66,9%	50,6%	49,4%
	Nollalternativ 2	34,5%	65,5%	32,0%	68,0%	32,0%	68,0%	50,0%	50,0%
	Regionalt nav	34,4%	65,6%	32,0%	68,0%	32,0%	68,0%	50,0%	50,0%
	Sökt trafikvolym	34,5%	65,5%	32,0%	68,0%	32,0%	68,0%	50,0%	50,0%
Start	Nuläge (år 2010)	39,2%	60,8%	38,3%	61,7%	42,1%	57,9%	43,0%	57,0%
	Nollalternativ 1	23,0%	77,0%	22,1%	77,9%	24,9%	75,1%	32,1%	67,9%
	Nollalternativ 2	26,9%	73,1%	26,0%	74,0%	26,0%	74,0%	50,0%	50,0%
	Regionalt nav	26,8%	73,2%	26,0%	74,0%	26,0%	74,0%	50,0%	50,0%
	Sökt trafikvolym	26,9%	73,1%	26,0%	74,0%	26,0%	74,0%	50,0%	50,0%

3.10

Trafikvariationer under året

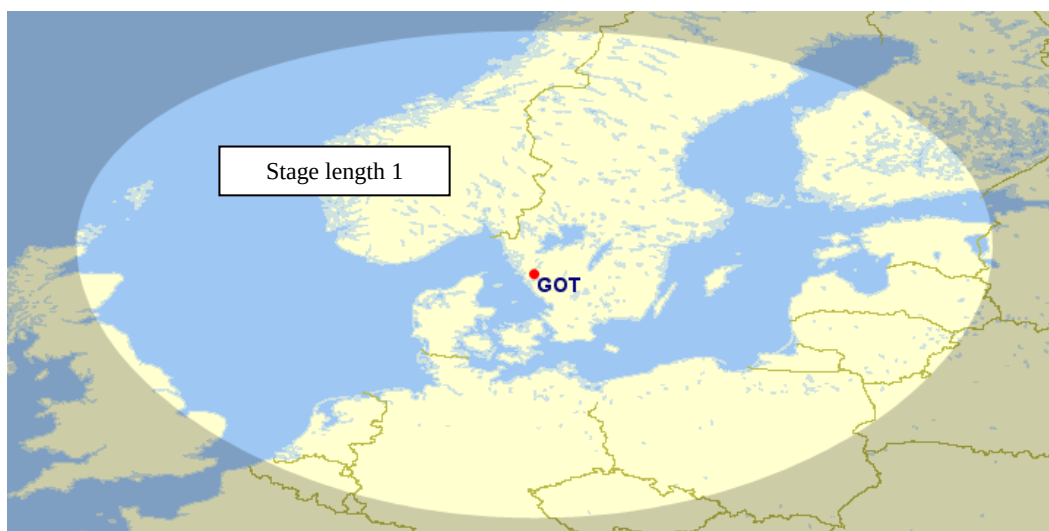
Trafikintensiteten varierar under året, veckan och dygnet. Under ett årsmedeldygn för sökt trafikvolym beräknas det i genomsnitt vara ca 14 rörelser i timmen, se Figur 17 för trafikfördelningen under ett sådant dygn. Ett högtrafikdygn kan istället beskrivas som genomsnittet av de 200 vardagarna med mest trafik under ett år. Så många vardagar är det under 40 veckor vilket ungefärligen motsvarar trafiken under höst- och vårterminen. Om motsvarande trafikvariationer uppstår i sökt trafikvolym som under år 2010 innebär det att ett högtrafikdygn har ca 17 flygrörelser i timmen i genomsnitt.



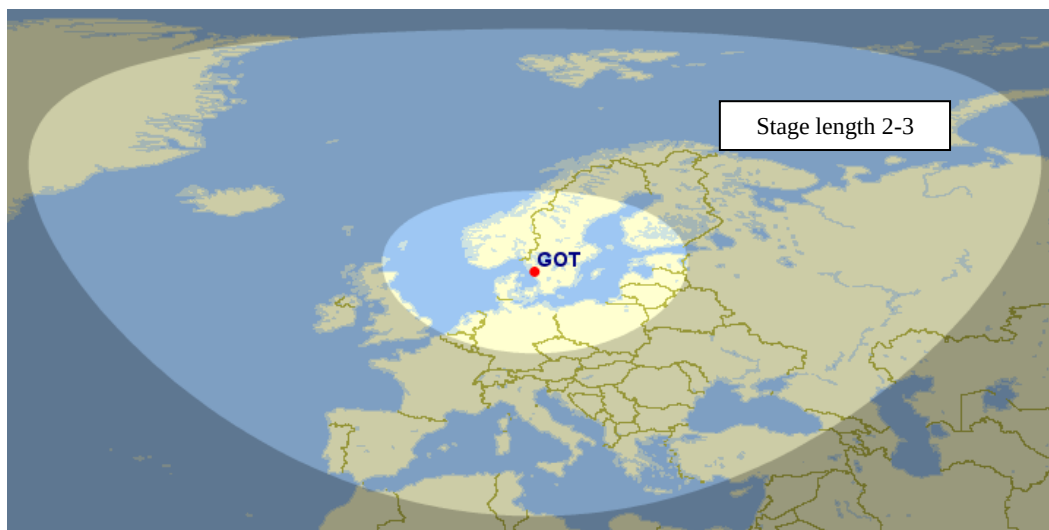
Figur 17: Uppskattat antal rörelser per timme under ett medeldygn, sökt trafikvolym

3.11 Stage Length

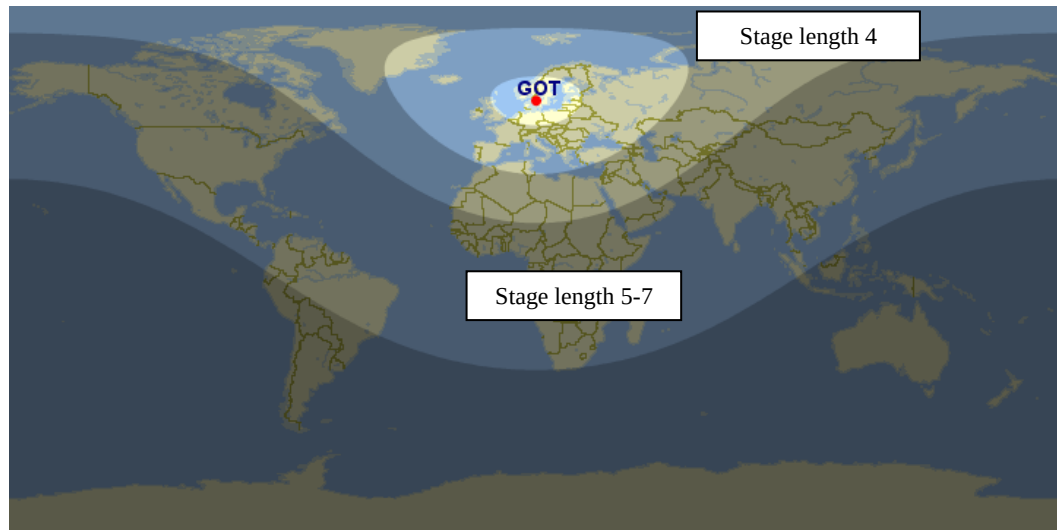
Stage length avser den genomsnittliga sträcka som flygs per start. Måttet används för att ungefärligen bestämma startprofil för beräkning. Högt stage length-värde indikerar att flygplanet ska flyga långt och att det därmed är tungt lastat. Det får till följd att stigprofilen blir flackare och att bullerkurvan för det individuella flygplanet blir längre och bredare. Inrikestrafik har typiskt stage length 1 medan destinationer till Asien har stage length 6. Se Figur 18 till Figur 20 för en visualisering av de områden som omfattas av varje stage length.



Figur 18: Område som omfattas av stage length 1 från Göteborg Landvetter Airport



Figur 19: Område omfattas av stage length 1, 2 och 3 från Göteborg Landvetter Airport



Figur 20: Område omfattas av stage length 1, till 7 från Göteborg Landvetter Airport

För nuläget har destinationerna hämtats från faktureringsdatabasen TRISS och för framtida alternativ har prognosen legat till grund för bestämmande av stage length.

För landningar gäller att flygplanen alltid flyger längs ILS vilket leder till att sjunkvinkeln alltid är densamma och därför används bara en landningsprofil per flygplanstyp.

4 TRAFIKFALL

4.1 Nuläge

För utfallet år 2010 finns fördelningen av antalet händelser per dygn, per bana och per flygväg för respektive flygplanstyp registrerade i ANOMS. På grund av tekniska begränsningar länkades endast 96 % av alla rörelser i ANOMS. Därför räknas trafiken upp till fakturerat antal enligt TRISS, med bibehållen procentuell fördelningen av: flygplanstyp, destination/flygväg och bananvändning.

Nulägets trafik för dag, kväll och natt fördelad per bana visas i Tabell 3 och finns fördelad på flygplansrepresentant i Tabell 4.

Tabell 3: Antal rörelser i nuläget (år 2010) för dag, kväll och natt fördelad per bana

	BANA	DAG (06-18)	KVÄLL (18-22)	NATT (22-06)	DYGN
Landning	03	7768	3789	2603	14160
	21	10473	3783	2165	16422
	Summa	18242	7572	4769	30582
Start	03	9363	2216	729	12309
	21	14415	2934	911	18260
	Summa	23778	5150	1640	30568
Totalsumma		42020	12722	6408	61150

Tabell 4: Andel rörelser per grupp, avrundat till hela procentenheter

Flygplansrepresentant	Andel
737800	31%
747400	1%
A330-301	1%
BAE300	33%
EMB145	16%
MD82	7%
SF340	11%

Ett mer detaljerat beräkningsunderlag avseende nuläget fördelad per flygplanskategori, flygväg och bana visas i bilaga 1.2.

4.2 Nollalternativ

4.2.1 Nollalternativ 1

Nollalternativ 1 avser dagens tillståndsgivna trafikvolym och uppgår till totalt 80 000 rörelser. För dagens tillståndsgivna trafikvolym används den prognos som gjordes år 2005 för provotidsutredningen i mål M118-01. Beräkningen av nollalternativ 1 var ursprungligen utförd med den äldre versionen av

beräkningsprogrammet INM 6.0 och utan topografi. För att bullerkurvorna ska kunna jämföras med andra bullerkurvor är de omräknade med den senaste versionen av beräkningsprogrammet, INM 7.0c, och med topografi. Där kurvor från olika trafikfall jämförs (stycke 6) används uteslutande resultaten från INM 7.0c beräkningarna.

Beräkningsunderlaget för dåvarande prognos, alltså den som nuvarande tillstånd är baserat på, redovisas i Tabell 5 och finns fördelad på flygplansrepresentant i Tabell 6.

Tabell 5: Antal rörelser i dagens tillstånd (nollalternativ 1 – 80000 rörelser) för dag, kväll och natt (två olika nattdefinitioner) fördelad per bana

	BANA	DAG (07-19)	KVÄLL (19-22)	NATT (22-07)	NATT (22-06)	DYGN
Landning	03	7250	2267	2988	2857	12505
	21	20027	4046	3090	2793	27163
	Summa	27277	6314	6078	5650	39669
Start	03	7426	1013	880	543	9319
	21	24995	3045	3093	1148	31133
	Summa	32421	4058	3972	1692	40452
Totalsumma		59698	10372	10050	7341	80120

Den tidsperiod med viktade ljudnivåer som används är FBN_{TBU} , d.v.s.: dag kl. 07 – 19, kväll kl. 19 – 22 och natt kl. 22 – 07. Specifik fördelning saknas för trafik mellan kl. 18 – 19, vilket innebär att FBN^{26} inte beräknas för den tillståndsgivna trafikvolymen. Däremot finns det specificerat antalet rörelser mellan kl. 06 – 07 och alla L_{night} -beräkningar för alla trafikfall är därför beräknade med samma tidsperiod kl. 22 – 06.

Tabell 6: Andel rörelser per grupp, avrundat till hela procentenheter

Flygplansrepresentant	Andel
737800	46%
EMB145	39%
MD82	12%
747200	2%
A330-343	1%

Ett mer detaljerat beräkningsunderlag avseende nollalternativ 1 fördelad per flygplanskategori, flygväg och bana visas i bilaga 1.2.

²⁶ Med detta avses FBN_{EU}

4.2.2 Nollalternativ 2

Nollalternativ 2 avser dagens tillståndsgivna trafikvolym och uppgår till totalt 80 000 rörelser år 2038. Nollalternativ 2 använder prognosen för sökt trafikvolym med dagens kunskap och förväntad teknikutveckling avseende till exempel flygplansflottan, banfördelning och stage length.

Den tidsperiod med viktade ljudnivåer som används är FBN, d.v.s. dag kl. 06 – 18, kväll kl. 18 – 22 och natt kl. 22 – 06.

Beräkningsunderlaget för nollalternativ 2 redovisas i Tabell 7 och finns fördelat på flygplansrepresentant i Tabell 8.

Tabell 7: Antal rörelser i nollalternativ 2 (80 000 rörelser) för dag, kväll och natt fördelat per bana

	BANA	DAG (06-18)	KVÄLL (18-22)	NATT (22-06)	DYGN
Landning	03	7705	3291	2819	13815
	21	16374	6993	2819	26185
	Summa	24079	10283	5638	40000
Start	03	8268	1722	787	10778
	21	23533	4902	787	29222
	Summa	31801	6624	1575	40000
Totalsumma		55880	16907	7212	80000

Tabell 8: Andel rörelser per grupp, avrundat till hela procentenheter

Flygplansrepresentant	Andel
737800	43%
A330-301	2%
EMB145	10%
SF340	9%
CRJ9-ER	34%
A380-841	1%

Ett mer detaljerat beräkningsunderlag avseende nollalternativ 2 fördelat per flygplanskategori, flygväg och bana visas i bilaga 1.2.

4.3 Scenario Regionalt nav

Regionalt nav, som är en beräknad framtida trafiksituation, avser en trafikvolym om totalt 100 000 rörelser. Detta trafikfall är framtaget som ett komplement till sökt trafikvolym och illustrerar en möjlig framtida utveckling av trafiken på Göteborg Landvetter Airport. I detta scenario antas flygplatsen delvis fungera som ett nav för trafik och ett stort antal mindre flygplan tjänstgör som matartrafik in

till Göteborg Landvetter Airport. Passagerarna antas sedan byta till ett större flygplan som tar dem längre ut i världen. För detta trafikfall är viktklass tre uppdelad i två olika delgrupper och den lättare av dem två antas stå för den största ökningen.

Beräkningsunderlaget för regionalt nav redovisas i

Tabell 9 samt finns fördelad på flygplansrepresentant i Tabell 10.

Tabell 9: Antal rörelser i regionalt nav (100 000 rörelser) för dag, kväll och natt fördelad per bana

	BANA	DAG (06-18)	KVÄLL (18-22)	NATT (22-06)	DYGN
Landning	03	9539	4346	3288	17173
	21	20270	9235	3288	32793
	Summa	29809	13581	6576	49966
Start	03	10614	1955	845	13414
	21	30209	5565	845	36620
	Summa	40823	7521	1690	50034
Totalsumma		70632	21102	8266	100000

Tabell 10: Andel rörelser per grupp, avrundat till hela procentenheter

Flygplansrepresentant	Andel
737800	31%
747400	0%
A330-301	1%
BAE300	16%
EMB145	26%
GV	19%
SF340	7%

Ett mer detaljerat beräkningsunderlag avseende regionalt nav fördelad per flygplanskategori, flygväg och bana visas i bilaga 1.2.

4.4 Sökt trafikvolym

Sökt trafikvolym, som är en beräknad framtida trafiksituation, avser en trafikvolym om totalt 120 000 rörelser. Detta trafikfall är skapat med dagens kunskap om banfördelning, stage length och förväntad teknikutveckling såsom RNP-AR flygvägar.

Beräkningsunderlaget för sökt trafikvolym redovisas i Tabell 11 samt finns fördelad på flygplansrepresentant i Tabell 12.

Tabell 11: Antal rörelser i sökt trafikvolym (120 000 rörelser) för dag, kväll och natt fördelad per bana

	BANA	DAG (06-18)	KVÄLL (18-22)	NATT (22-06)	DYGN
Landning	03	11558	4936	4228	20722
	21	24560	10489	4228	39278
	Summa	36118	15425	8457	60000
Start	03	12402	2583	1181	16167
	21	35299	7353	1181	43833
	Summa	47702	9936	2362	60000
Totalsumma		83820	25361	10818	119999

Tabell 12: Andel rörelser per grupp, avrundat till hela procentenheter

Flygplansrepresentant	Andel
737800	43%
A330-301	2%
EMB145	10%
SF340	9%
CRJ9-ER	34%
A380-841	1%

Ett mer detaljerat beräkningsunderlag avseende sökt trafikvolym fördelad per flygplanskategori, flygväg och bana visas i bilaga 1.2.

4.5 Scenario Organisk tillväxt

Resultaten av bullerberäkningar för ett trafikfall där 100 000 flygrörelser uppnås genom organisk tillväxt istället för genom etablering av ett regionalt nav, vilket baseras på prognos och antaganden för sökt trafikvolym, bedöms inte väsentligt skilja sig från resultaten av bullerberäkningar av sökt trafikvolym. Beräkningar för ett sådant trafikfall resulterar i en kurva som befinner sig mellan kurvan för nollalternativ 2 och kurvan för sökt trafikvolym, se Figur 24 till Figur 26.

5 RESULTAT

5.1 Bullerexponerade boende, skolor och vårdbyggnader

Nedan redovisas antal bullerexponerade boende, skol- och vårdbyggnader. Tabellerna nedan utgör också underlag för den miljömedicinska bedömningen där hälsoeffekter utreds²⁷. I dessa tabeller är antalet boende avrundat till två värdesiffror, antalet fastigheter är inte avrundade. Se stycke 0 för djupare diskussion av antalen nedan.

Tabell 13: Antal exponerade boende inom varje bullerkurva. Beräkningsfall FBN.

Trafikfall	FBN 55 dB(A)	FBN 60 dB(A)
Nuläget	410	120
Nollalternativ 1 (FBN _{TBU})	530	170
Nollalternativ 2	440	140
Regionalt nav	460	150
Sökt trafikvolym	590	260

Tabell 14: Antal exponerade boende inom varje bullerkurva. Beräkningsfall L_{night}.

Trafikfall	L _{night} 45 dB(A)	L _{night} 50 dB(A)	L _{night} 55 dB(A)
Nuläget	450	150	0
Nollalternativ 1	540	220	2
Nollalternativ 2	510	210	2
Regionalt nav	490	200	2
Sökt trafikvolym	690	300	83

Tabell 15: Antal exponerade boende inom varje bullerkurva. Beräkningsfall årsmedeldygn.

Trafikfall	70 dB(A) 3ggr/ÅMD
Nuläget	1 400
Nollalternativ 1	1 700
Nollalternativ 2	1 400
Regionalt nav	1 400
Sökt trafikvolym	1 400

Tabell 16: Antal exponerade vårdbyggnader inom varje bullerkurva. Beräkningsfall FBN.

Trafikfall	FBN 55 dB(A)	FBN 60 dB(A)
Nuläget	0	0
Nollalternativ 1 (FBN _{TBU})	1	0
Nollalternativ 2	1	0
Regionalt nav	1	0
Sökt trafikvolym	4	0

²⁷ Swedavia har inför tillståndsprövning av Göteborg Landvetter Airport låtit Gösta Bluhm, Med.dr. Docent i miljömedicin vid Karolinska institutet, utreda hälsorisker relaterade till flygbuller (G Bluhm, 2012).

Tabell 17: Antal exponerade vårdbyggnader inom varje bullerkurva. Beräkningsfall L_{night} .

Trafikfall	L_{night} 45 dB(A)	L_{night} 50 dB(A)	L_{night} 55 dB(A)
Nuläget	0	0	0
Nollalternativ 1	4	0	0
Nollalternativ 2	4	0	0
Regionalt nav	4	0	0
Sökt trafikvolym	4	0	0

Tabell 18: Antal exponerade vårdbyggnader inom varje bullerkurva. Beräkningsfall årsmedeldygn.

Trafikfall	3ggr 70 dB(A)/ÅMD
Nuläget	6
Nollalternativ 1	5
Nollalternativ 2	6
Regionalt nav	6
Sökt trafikvolym	6

Tabell 19: Antal exponerade skolbyggnader inom varje bullerkurva. Beräkningsfall FBN.

Trafikfall	FBN 55 dB(A)	FBN 60 dB(A)
Nuläget	2	0
Nollalternativ 1 (FBN _{TBU})	2	0
Nollalternativ 2	2	0
Regionalt nav	2	0
Sökt trafikvolym	2	0

Tabell 20: Antal exponerade skolbyggnader inom varje bullerkurva. Beräkningsfall L_{night} .

Trafikfall	L_{night} 45 dB(A)	L_{night} 50 dB(A)	L_{night} 55 dB(A)
Nuläget	2	0	0
Nollalternativ 1	2	0	0
Nollalternativ 2	2	0	0
Regionalt nav	2	0	0
Sökt trafikvolym	2	2	0

Tabell 21: Antal exponerade skolbyggnader inom varje bullerkurva. Beräkningsfall årsmedeldygn.

Trafikfall	3ggr 70 dB(A)/ÅMD
Nuläget	2
Nollalternativ 1	2
Nollalternativ 2	2
Regionalt nav	2
Sökt trafikvolym	2

Tabell 22: Antal exponerade fastigheter inom varje bullerkurva. Beräkningsfall 3 ggr 70 dB(A) under minst 150 nätter.

Trafikfall	Nuläget	Noll- alternativ 1	Noll- alternativ 2	Regionalt nav	Sökt trafikvolym
Lantbruksenhet, bebyggd	20	40	25	25	58
Småhusenhet, byggnadsvärde under 50000 kr	10	13	11	11	18
Småhusenhet, helårsbostad	104	129	120	119	215
Småhusenhet, fritidsbostad	60	86	72	72	121
Småhusenhet, med lokaler	2	2	2	2	2
Hyresenhet, hotell eller restaurangbyggnad	1	1	1	1	1
Hyresenhet, huvudsakligen lokaler	0	1	1	0	1
Speciälenhet, vårdbyggnad	1	4	4	4	5
Speciälenhet, skolbyggnad	2	2	2	2	2

5.2 Diskussion om antalet bullerexponerade boende, skolor, vårdbyggnader och fastigheter

För FBN 55 dB(A), som är en dimensionerande storhet, är antalet bullerexponerade i nuläget 410 boende, den tillståndsgivna trafiken ger 530 boende inom bullerkurvan. Med trafikscenariot regionalt nav är antalet bullerexponerade 460 och 590 vid sökt trafikvolym.

För storheten L_{night} 45 dB(A) är det samma utveckling, nuläget ger färre bullerexponerade (450 st) än tillståndsgiven trafik (540 st). Nollalternativ 2 skulle leda till 510 bullerexponerade boende men beräkningarna för regionalt nav ger några färre, 490 st. Vid sökt trafikvolym är det 690 bullerexponerade boende.

Undersökningen av antalet boende som exponeras av minst tre bullerhändelser över 70 dB(A) under ett årsmedeldygn ger att det är 1 400 boende i nuläget, 1 700 boende för nollalternativ 1 och 1 400 boende för nollalternativ 2. För trafikfallen regionalt nav och sökt alternativ är det ungefärligen samma antal, 1 400 st.

Vad gäller vårdbyggnader så är det ingen byggnad som exponeras för FBN 55 dB(A) i nuläget, en byggnad för de andra trafikfallen förutom för sökt trafikvolym där det ökar till fyra byggnader. För nivån L_{night} 45 dB(A) är det en byggnad i nuläget och fyra byggnader i de andra trafikfallen. Det är sex vårdbyggnader som exponeras av minst tre bullerhändelser över 70 dB(A) under ett årsmedeldygn för alla trafikfall förutom för Nollalternativ 1 där det är fem byggnader.

För skolbyggnader är det två byggnader som exponeras för FBN 55 dB(A) för alla trafikfall. Likaså är det två byggnader för alla trafikfall som exponeras för L_{night} 45 dB(A) och av minst tre bullerhändelser över 70 dB(A) under ett årsmedeldygn.

Beräkningsfallet 3:e högsta maximala ljudnivå, 150 nätter per år, specificerar vilka fastigheter som kan kvalificera sig till att få bullerisolering och i detta fall är det ungefärligen samma antal fastigheter för alla trafikfall förutom för sökt trafikvolym där antalet småhusenheter och lantbruksenheter stiger.

6 JÄMFÖRELSE R Mellan Trafikfall

I jämförelsekartorna mellan olika trafikfall där kurvor för sökt trafikvolym visas är det trafikfallet alltid beräknat med införandet av RNP-AR procedurer och justering av STAR 21, se stycke 3.7.1 och 3.7.2 samt Teknisk Beskrivning Del II.

6.1 Jämförelse mellan sökt trafikvolym, nuläge och nollalternativ 1

6.1.1 Sammanfattning

Beräkningen av FBN, Figur 21, visar att kurvan för sökt trafikvolym är större än kurvan för nollalternativ 1 förutom för starter bana 21. Det är fler starter i denna riktning för sökt trafikvolym men beräkningen för nollalternativ 1 innefattar B747-200 och MD82 som i sökt trafikvolym antas ha blivit utbytta mot mindre bullrande flygplanstyper. Observera att FBN för nollalternativ 1 avser FBN_{TBU} som har en annan dygnsfördelning. Nuläget ligger innanför både kurvan för nollalternativ 1 och sökt trafikvolym.

Beräkningen av maximal ljudnivå 70 dB(A), Figur 22, minst tre gånger per årsmedeldygn visar att kurvorna för sökt trafikvolym och nuläget har ungefärligen samma storlek och form. De är också större än nollalternativ 1 på SID 03 TOPLA/VADIN på grund av att det i båda dessa fall är det B737-800 som skapar kurvans yttre begränsning och för nollalternativ 1 var det inte tillräckligt många rörelser längs den flygvägen för att få ett utfall. Kurvan är större för sökt trafikvolym än nuläget på denna flygväg på grund av att det antas vara stage length 3 för sökt trafikvolym och 2 för nuläget.

Däremot är kurvan mindre för sökt trafikvolym på SID 21 LABAN än nuläget och nollalternativ 1 på grund av minskad trafik längs denna flygväg. Anledningen till att nulägeskurvan är större än sökt trafikvolym är att det i sökt trafikvolym antas bli färre rörelser med de mest bullrande flygplanstyperna och därför är det B737-800 med stage length 1 som sätter skapar bullerkurvas yttre begränsning och i nuläget är samma flygplanstyp men med stage length 2. Högre stage length leder till större bullerkurvor. För nollalternativ 1 är det MD82 med stage length 1 som sätter begränsningen.

Beräkningarna visar också att kurvan för sökt trafikvolym är något mindre än nollalternativ 1 och nulägets kurva på SID 03 LABAN. Anledningen till detta är att den flygplanstyp som skapar det tredje överskridandet av 70 dB(A) på denna flygväg är B737-800 för nuläget med stage length 2 och i nollalternativ 1 var det MD82 med stage length 1. För sökt trafikvolym är det inte tillräckligt många rörelser med tillräckligt bullriga flygplanstyper för att ge en lika stor kurva.

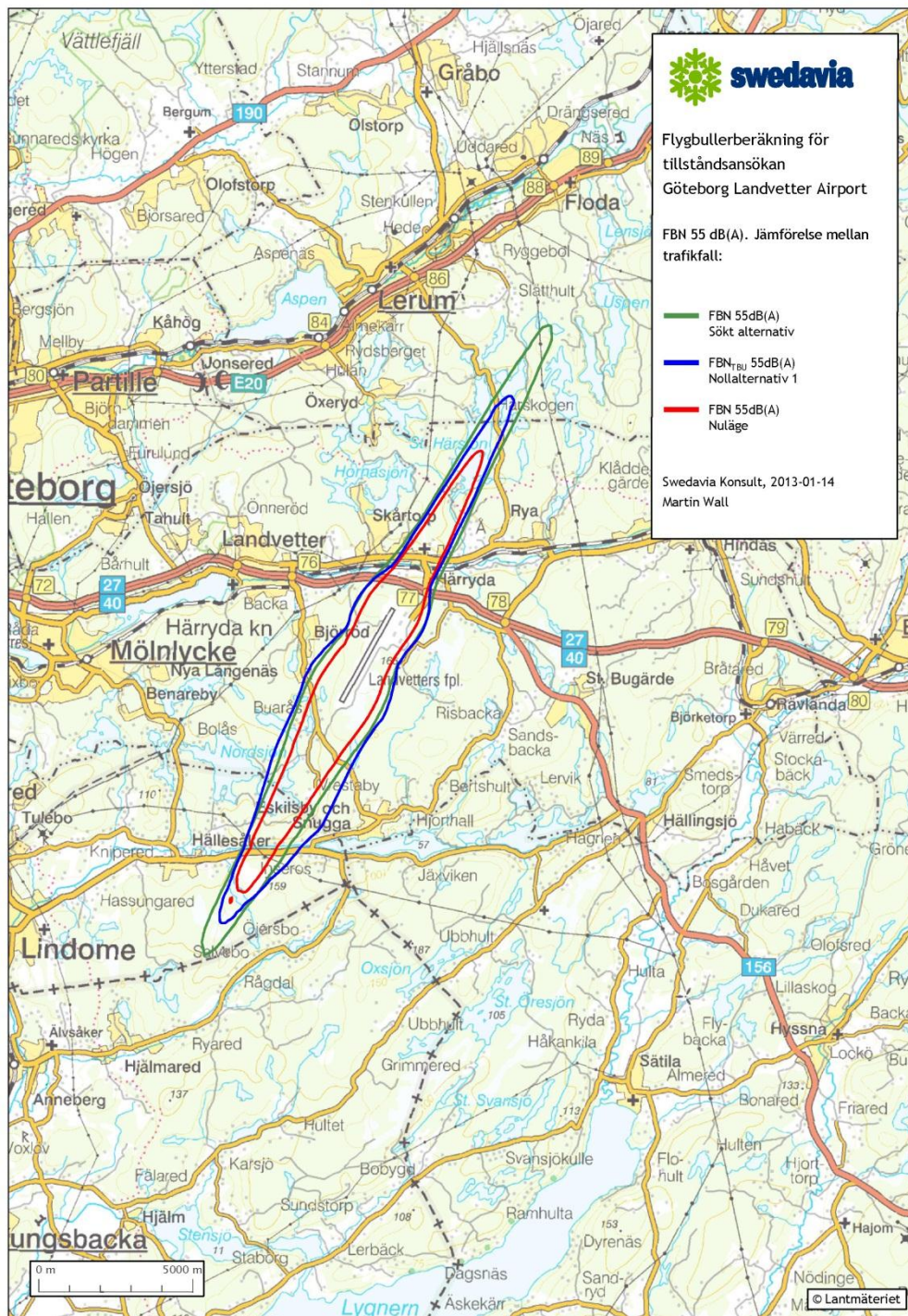
Längs flygvägarna SID 21 TOPLA/VADIN är sökt trafikvolym mindre än nollalternativ 1 vilket beror på att det är MD82 som sätter begränsningen i nollalternativ 1 och B737-800 med stage length 4 i sökt trafikvolym. Nulägeskurvan har en annorlunda form i detta område och det beror på att kurvan

begränsas av flygplanstypen MD82 men inte på flygväg TOPLA/VADIN utan på flygvägen SID 21 DETNA.

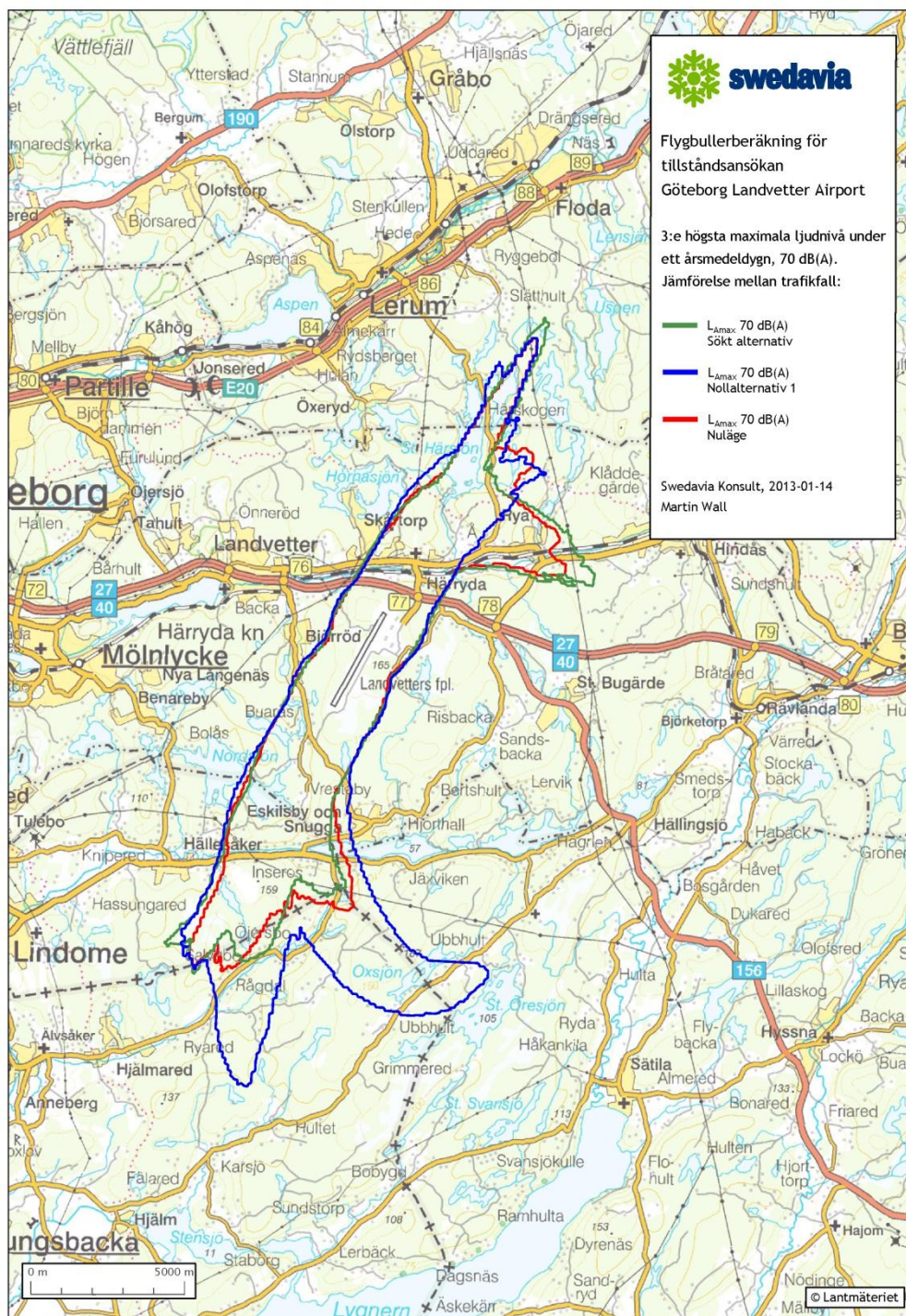
Beräkningen av L_{night} 45 dB(A), Figur 23, visar att kurvan för sökt trafikvolym är större än kurvan för nollalternativ 1 i alla riktningar. Detta beror på att nattrafiken generellt antas öka. Kurvan för nuläget sammanfaller till stor del med kurvan för nollalternativ 1 förutom i nordöst då det är färre landningar på bana 21 nattetid i nuläget än i nollalternativ 1.

Det är värt att notera ingen tätort tillkommer inom bullerkurvornas utbredning från nuläget till sökt trafikvolym. Orten Rya ligger däremot utanför bullerkurvan 3:e högsta maximala ljudnivå under ett årsmedeldygn 70 dB(A), för nollalternativ 1 men är innanför kurvan för beräkningarna av sökt trafikvolym och nuläge.

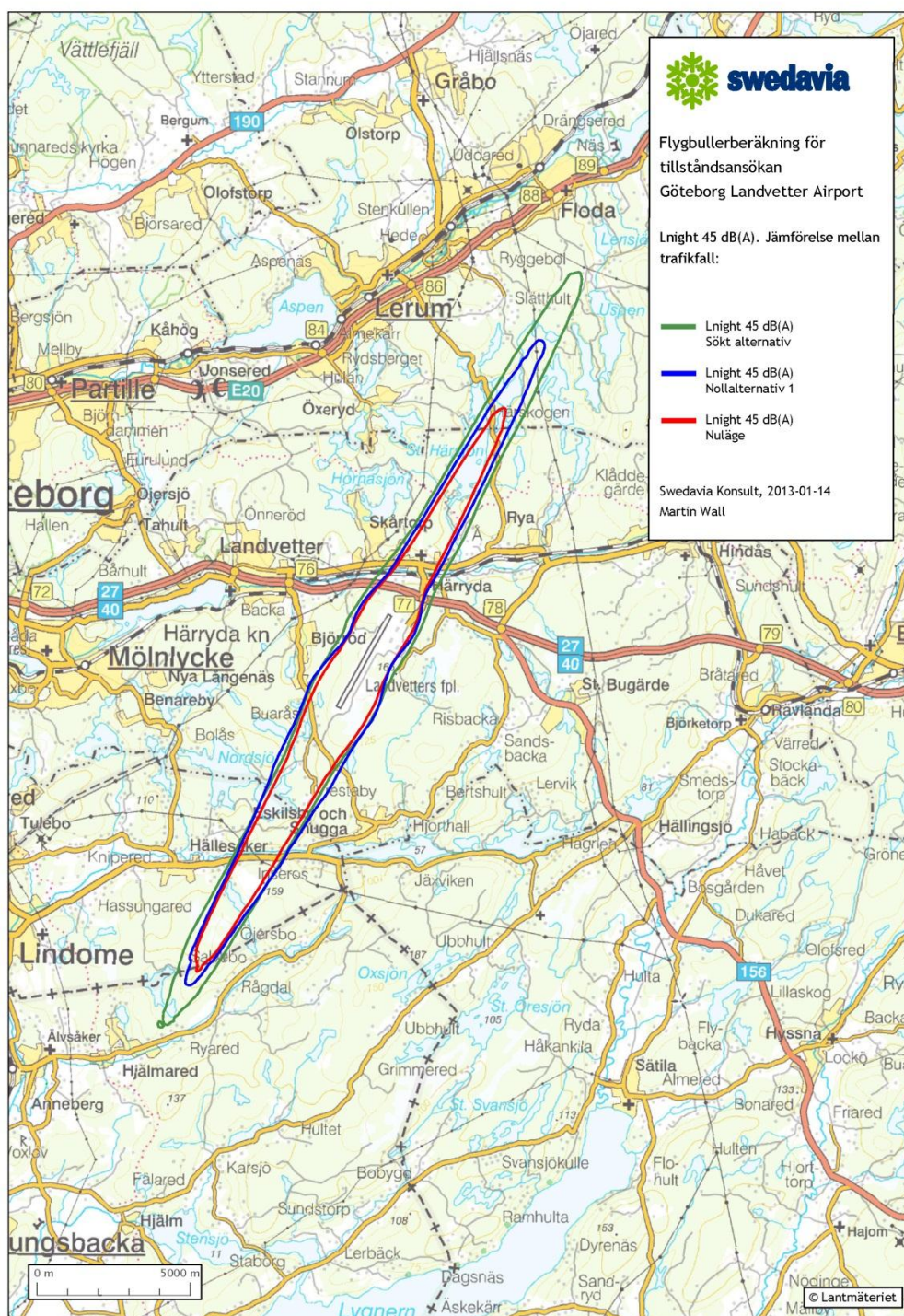
6.1.2 Kartor



Figur 21: FBN 55 dB(A). Jämförelse mellan sökt trafikvolym, nuläge och nollalternativ 1 FBN_{TBU}



Figur 22: 3:e högsta maximala ljudnivå under ett årsmedeldygn, 70 dB(A). Jämförelse mellan sökt trafikvolym, nuläge och nollalternativ 1



Figur 23: L_{night} 45 dB(A) - jämförelse mellan sökt trafikvolym, nuläge och nollalternativ 1

6.2 Jämförelse mellan sökt trafikvolym, nollalternativ 1 och nollalternativ 2

6.2.1 Sammanfattning

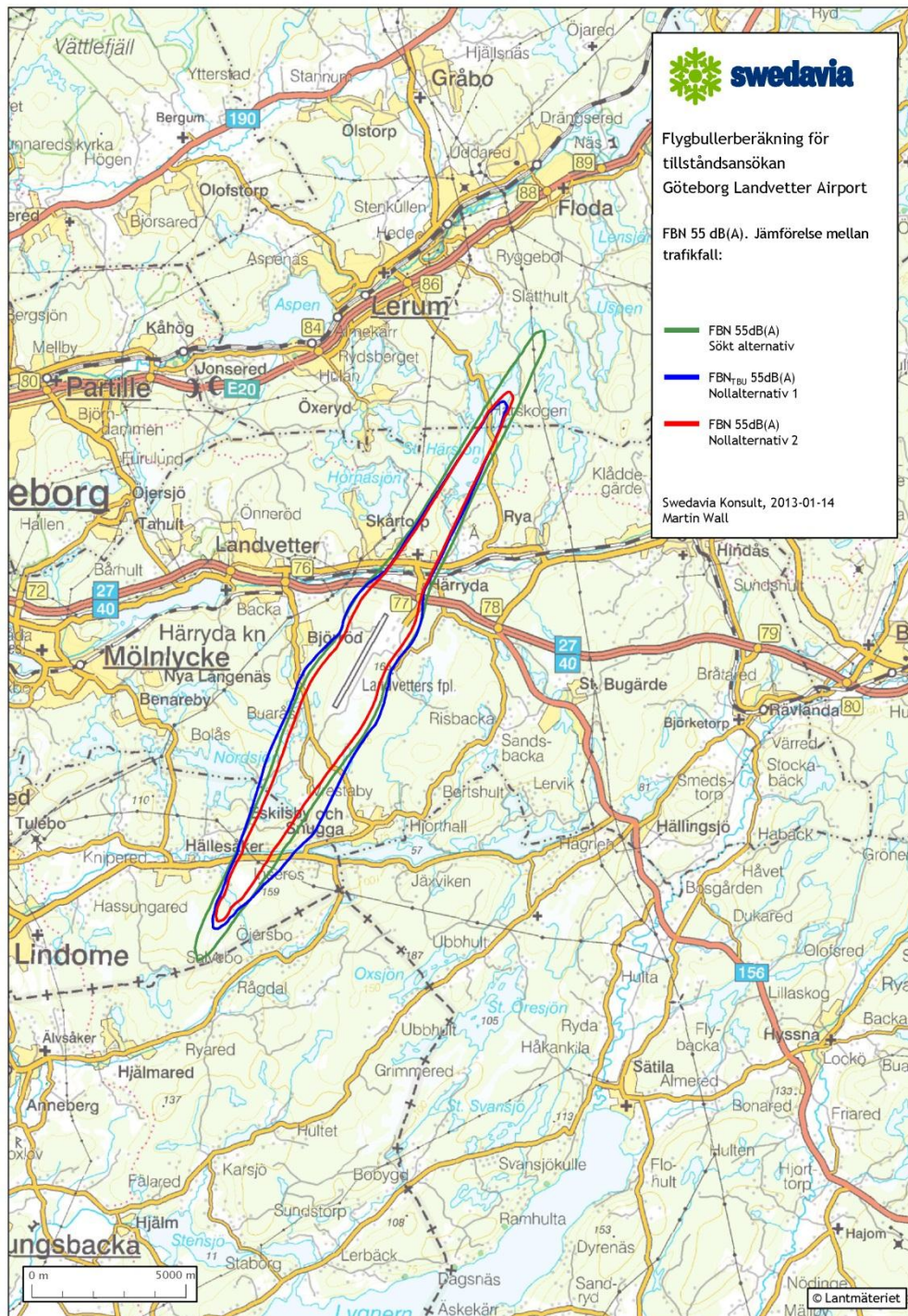
Beräkningen av FBN, Figur 24, visar att kurvan för sökt trafikvolym ligger utanför nollalternativ 2 och nollalternativ 1 förutom för den del av kurvan som domineras av bulleremissionerna från starter bana 21. Nollalternativ 2 ligger innanför nollalternativ 1 förutom i den nordligaste spetsen där nollalternativ 2 går strax utanför nollalternativ 1. Anledningen till att kurvan för nollalternativ 2 har lite längre utsträckning norrut är att det är fler ankomster norrifrån för nollalternativ 2 än nollalternativ 1. Att kurvan till största delen är mindre för nollalternativ 2 jämfört med nollalternativ 1 trots att det är samma antal rörelser beror på en utveckling av flygplanstyper från nollalternativ 1. Att kurvan för sökt trafikvolym är större än nollalternativ 2 beror på att det är fler rörelser i sökt trafikvolym jämfört med nollalternativ 2.

Beräkningen av maximal ljudnivå 70 dB(A) minst tre gånger per årsmedeldygn, Figur 25, visar att de främsta skillnaderna mellan sökt alternativ och nollalternativ 2 uppstår i nordost och sydväst även om skillnaderna är små. Detta beror på att det är fler än tre rörelser under ett årsmedeldygn längs de flesta flygvägarna även i nollalternativ 2 trots att det är 40 000 färre rörelser totalt under året jämfört med sökt trafikvolym. Skillnaderna längs SID 03 TOPLA/VADIN beror på spridningen längs flygvägarna.

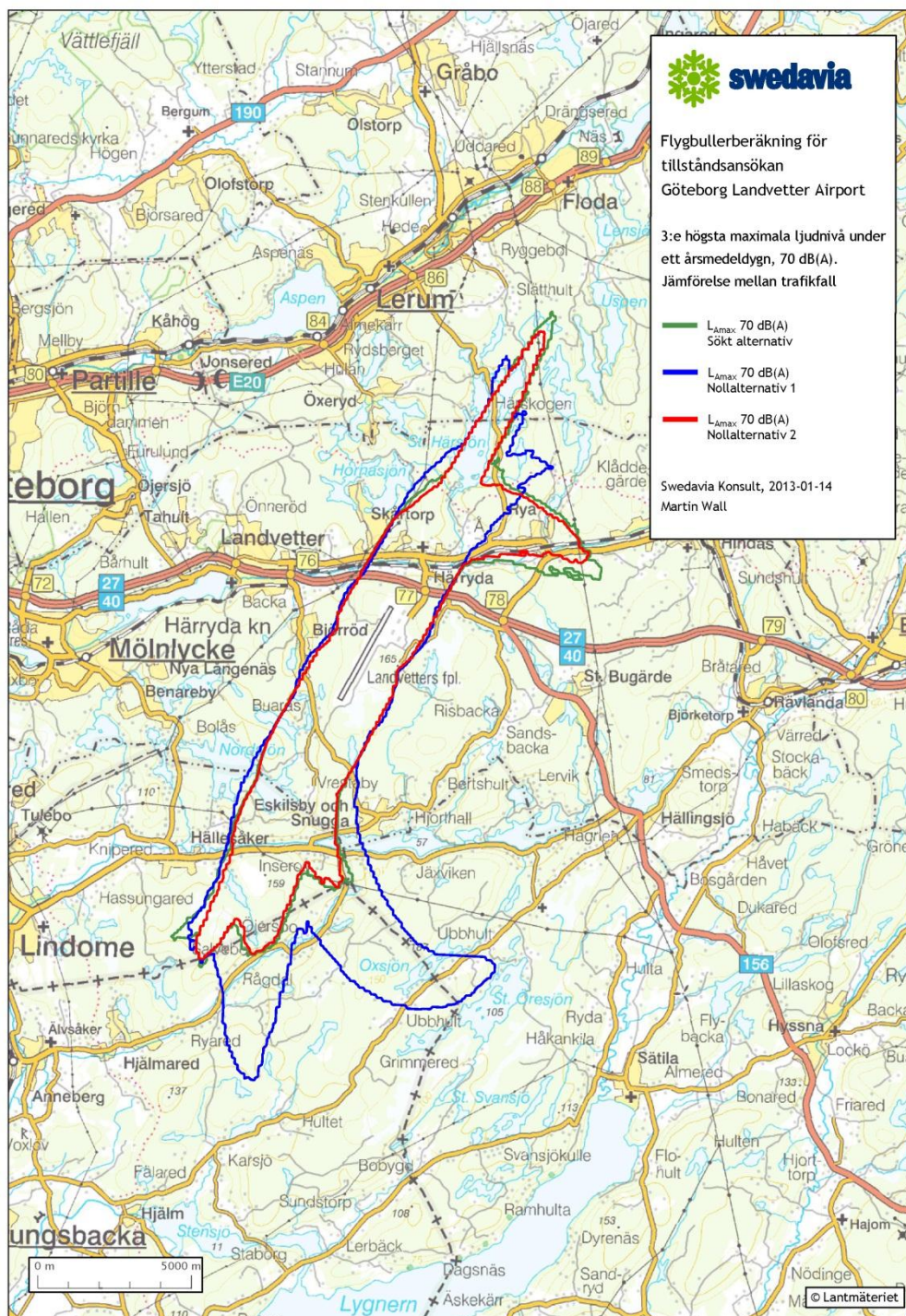
Förhållandet mellan kurvan för L_{night} för sökt trafikvolym och nollalternativ 2, Figur 26, är detsamma som i beräkningen av FBN. Kurvan för nollalternativ 2 är generellt sett smalare och längre än kurvan för nollalternativ 1 vilket främst beror på att det sammantaget är färre starter men fler landningar under natten.

Orten Rya ligger utanför bullerkurvan 3:e högsta maximala ljudnivå under ett årsmedeldygn 70 dB(A), för nollalternativ 1 men är innanför kurvan för beräkningarna av sökt trafikvolym och nollalternativ 2.

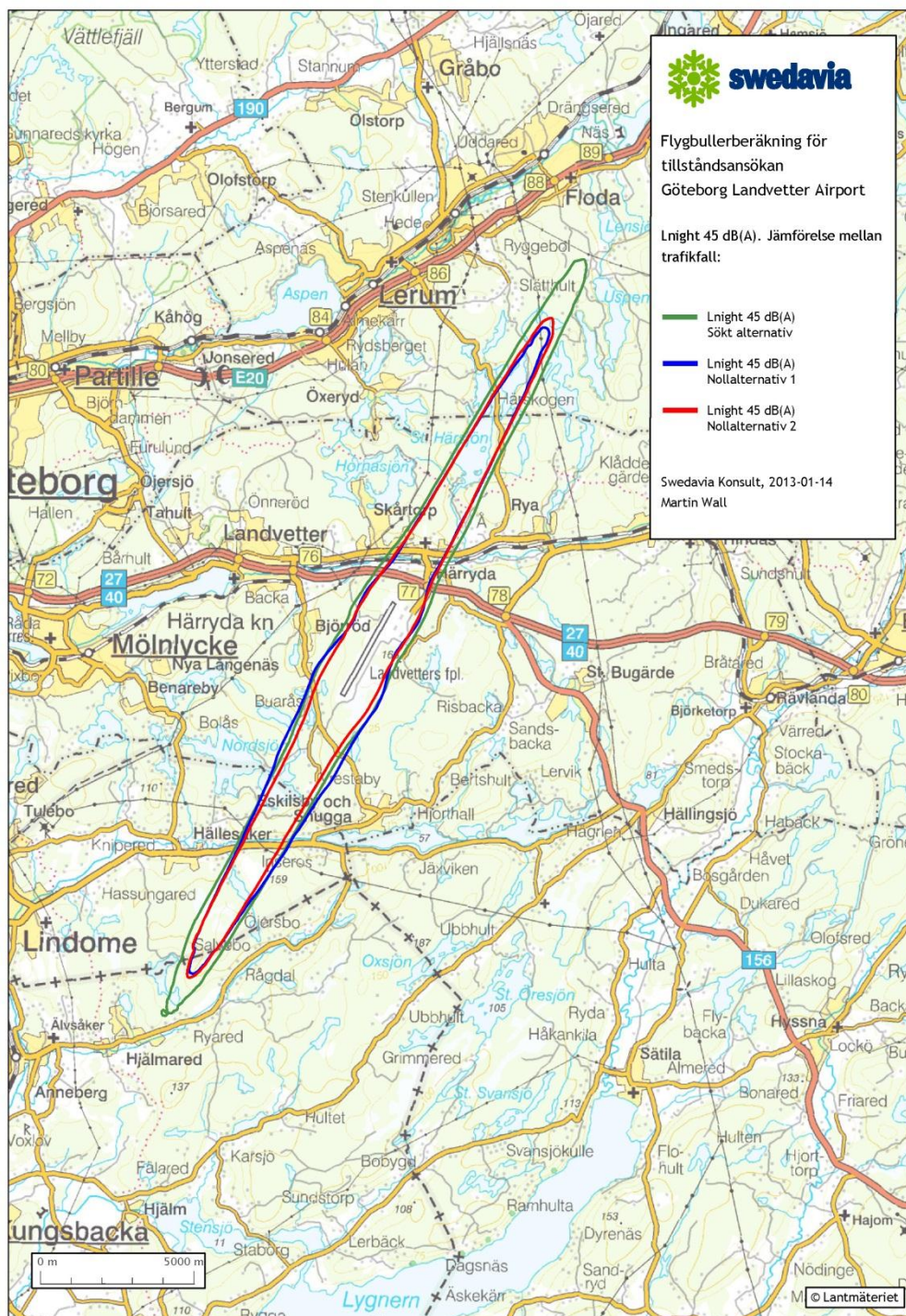
6.2.2 Kartor



Figur 24: FBN 55 dB(A). Jämförelse mellan sökt trafikvolym, nollalternativ 1 FBN_{TBU} och nollalternativ 2



Figur 25: 3:e högsta maximala ljudnivå under ett årsmedeldygn, 70 dB(A). Jämförelse mellan sökt trafikvolym, nollalternativ 1 och nollalternativ 2



Figur 26: $L_{\text{night}} 45 \text{ dB(A)}$ - jämförelse mellan sökt trafikvolym, nollalternativ 1 och nollalternativ 2

6.3 Jämförelse mellan sökt trafikvolym, nollalternativ 1 och regionalt nav

6.3.1 Sammanfattning

Beräkningar av FBN, Figur 27, visar att kurvan för sökt trafikvolym ligger utanför kurvan för regionalt nav och kurvan för regionalt nav ligger till största delen innanför kurvan för nollalternativ 1. Det område där kurvan för regionalt nav ligger utanför nollalternativ 1 är i den nordöstligaste spetsen där bullret domineras av landningsbullret.

För maximal ljudnivå 70 dB(A) minst tre gånger per årsmedeldygn, Figur 28, på SID 03 TOPLA/VADIN ligger regionalt nav-kurvan utanför nollalternativ 1 vilket beror på att det är B737-800 som skapar kurvans yttre begränsning i beräkningen av regionalt nav, för nollalternativ 1 däremot var det inte tillräckligt många rörelser längs den flygvägen för att få ett utfall. Kurvan för regionalt nav är lite minde än sökt trafikvolym längs denna flygväg trots att det i båda fall antas vara över tre rörelser med B737-800 men i regionalt nav antas det vara färre rörelser med denna flygplanstyp som flyger långt och därför blir det stage length 2 med B737-800 som sätter begränsningen när det för sökt trafikvolym är stage length 3.

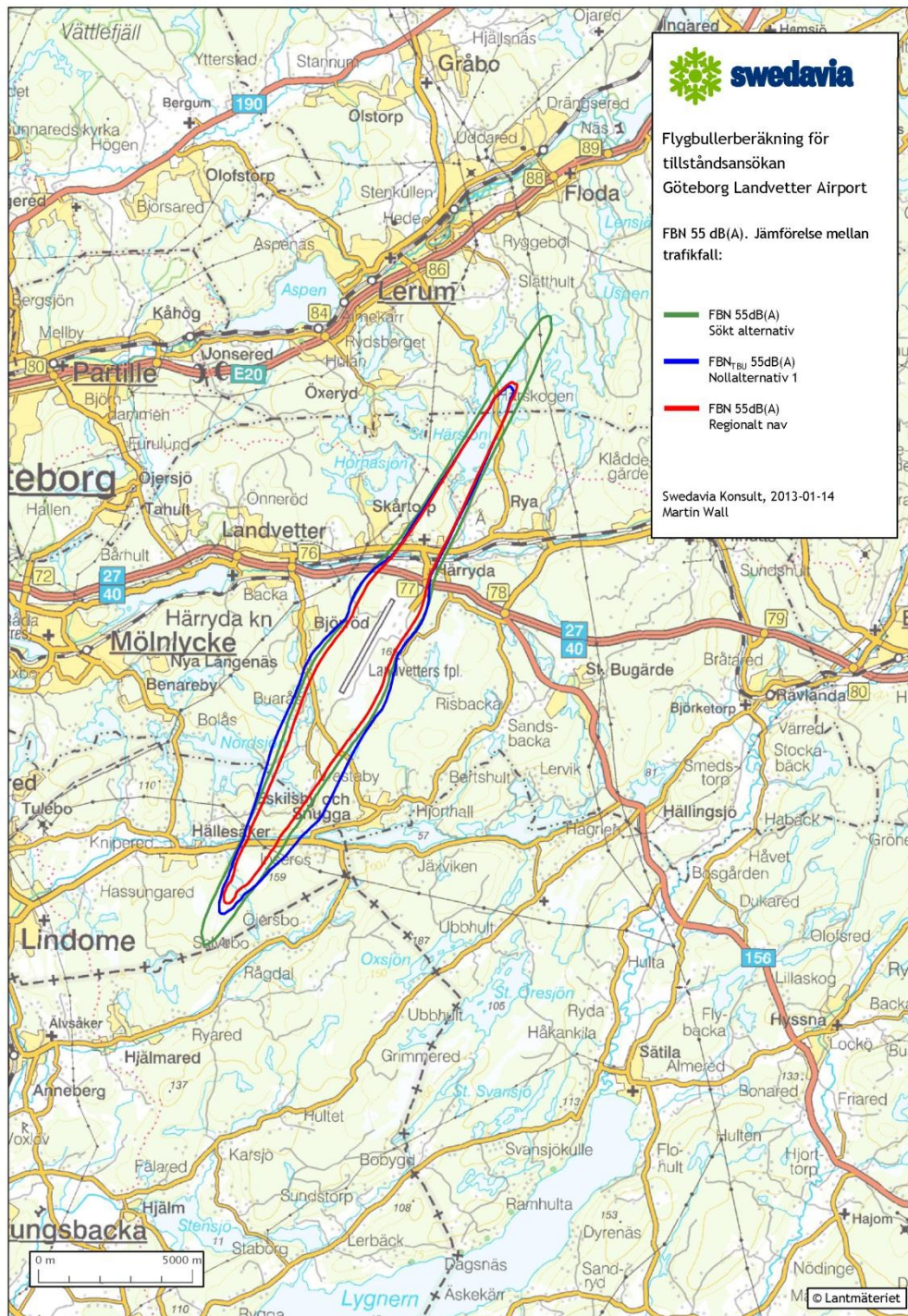
Längs flygväg SID 21 LABAN är kurvan för regionalt nav något större än kurvan för sökt trafikvolym. Detta beror på att det är flygplanstypen BAE 146-300 med stage length 1 som ger ett utfall för regionalt nav. För sökt trafikvolym är det stage length 1 med B737-800.

Längs SID 21 TOPLA/VADIN däremot, antas det vara stage length 4 för B737-800 i sökt trafikvolym och stage length 2 med BAE 146-300 för regionalt nav och därför är kurvan något större för regionalt nav än sökt trafikvolym.

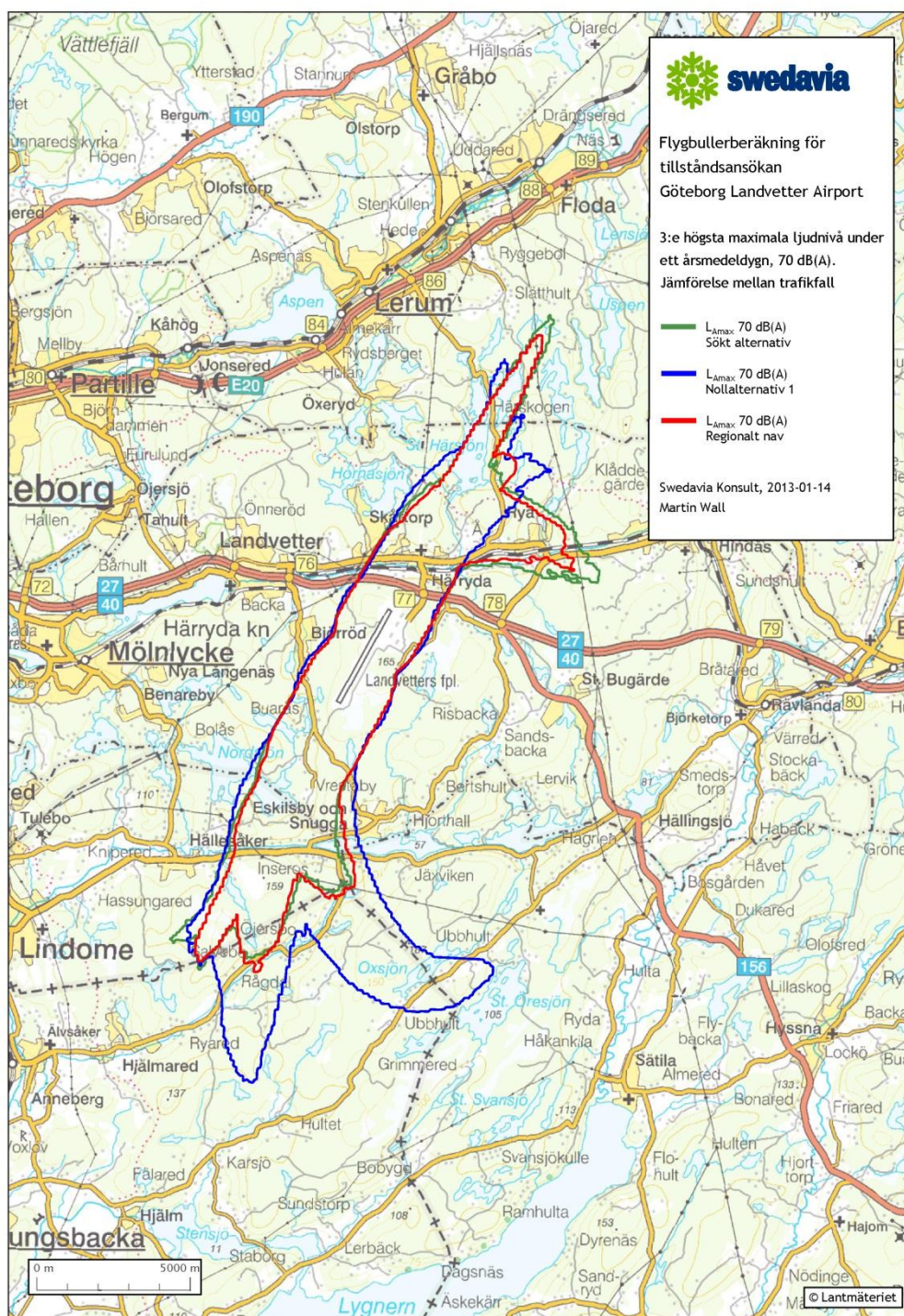
Förhållandet mellan kurvan för L_{night} för sökt trafikvolym och regionalt nav, Figur 29, är detsamma som i beräkningen av FBN.

Orten Rya ligger däremot utanför bullerkurvan 3:e högsta maximala ljudnivå under ett årsmedeldygn 70 dB(A), för nollalternativ 1 men är innanför kurvan för beräkningarna av sökt trafikvolym och regionalt nav.

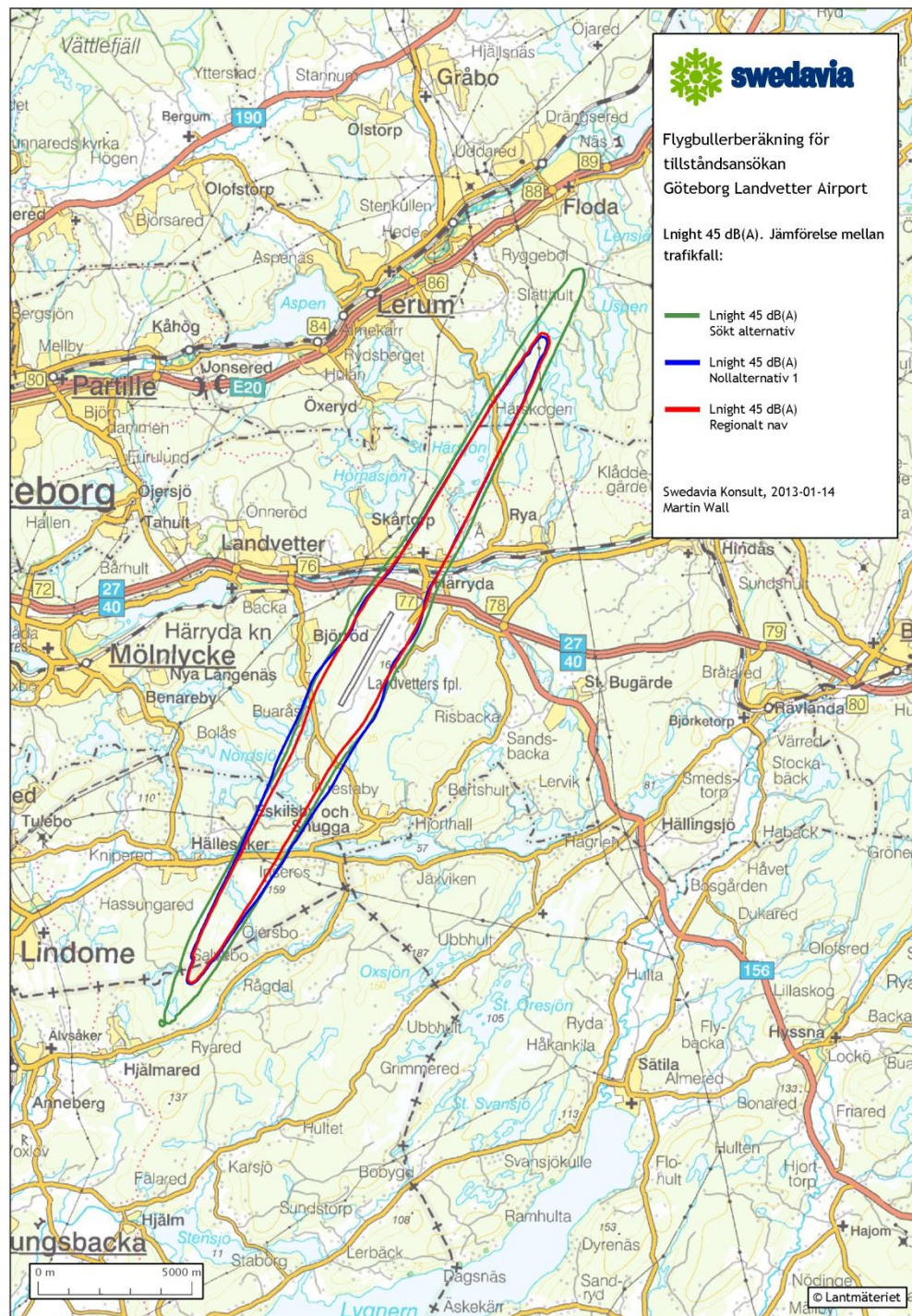
6.3.2 Kartor



Figur 27: FBN 55 dB(A). Jämförelse mellan sökt trafikvolym, nollalternativ 1 FBN_{TBU} och regionalt nav



Figur 28: 3:e högsta maximala ljudnivå under ett årsmedeldygn, 70 dB(A). Jämförelse mellan sökt trafikvolym, nollalternativ 1 och regionalt nav



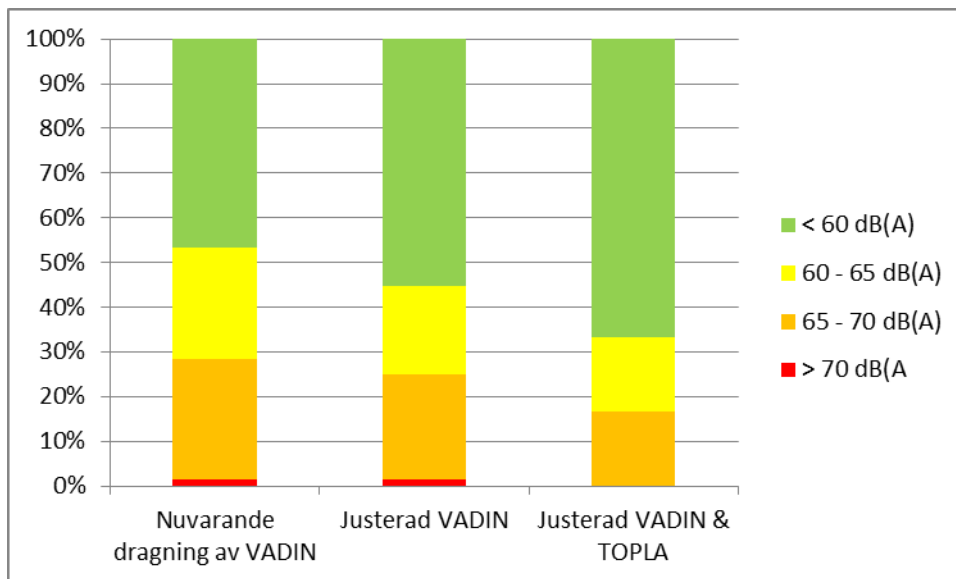
Figur 29: L_{night} 45 dB(A) - jämförelse mellan sökt trafikvolym, nollalternativ 1 och regionalt nav

6.4 Alternativ SID VADIN bana 21

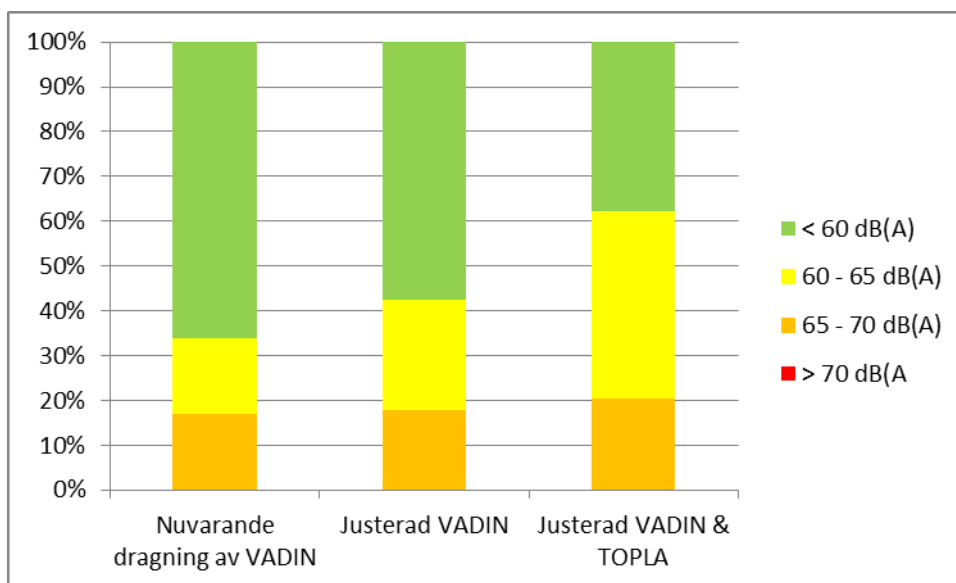
En alternativ geografisk dragning för avgående trafik längs SID VADIN från bana 21 har utretts. Den avgående trafiken har med befintligt flygvägssystem samlats över orten Salvebo ca 9 km sydväst om flygplatsen vilket medfört synpunkter från berörda boende i området. Utredningen genomfördes för att se om möjlighet fanns att underlätta bullersituationen i Salvebo. Det förslag som utretts skulle medföra att avgående trafik flyttar något västerut från nuvarande område. Den nya dragningen skulle också betyda att ett område som idag överflygs relativt sällan av startande flygplan, kommer att överflygas avsevärt mer frekvent. Kurvan för FBN 55 dB(A) skulle knappt påverkas alls av en justerad SID VADIN, se Figur 32. Salvebo skulle fortfarande vara på gränsen till kurvan för tre gånger över 70 dB(A) per årsmedeldygn vid en flytt av VADIN, se Figur 33.

För en utvärdering av den sammanlagda trafikbilden har ljudnivåerna från de startande och landande flygplanen under ett årsmedeldygn beräknats i orterna Salvebo och Ryared. Då beräkningsnoggrannheten minskar för ljudnivåer under 70 dB(A) är nedanstående redovisade ljudnivåer att anse som ungefärliga. En jämförelse kan ändå göras mellan två dragningar av en flygväg eftersom beräkningsnoggrannheten är densamma för båda alternativen av flygvägar och den relativa skillnaden illustreras.

Enligt prognosen kommer det vara strax under 140 rörelser på ett årsmedeldygn vid sökt trafikvolym som kan påverka dessa två orter. Dessa rörelser är landningar bana 03 och starter bana 21 längs VADIN, TOPLA och ett fåtal starter med tyngre flygplan längs flygvägen DETNA. Med nuvarande dragning av flygvägar uppskattas det vara ca två bullerhändelser över 70 dB(A) i Salvebo men inga i Ryared. Däremot är det uppskattningsvis 75 bullerhändelser på 60 dB(A) eller högre i Salvebo och ca 50 bullerhändelser i Ryared, se Figur 30 och Figur 31.



Figur 30: Andel beräknade bullerhändelser med maximal ljudnivå enligt diagrammet i Salvebo med olika dragningar av VADIN och TOPLA.



Figur 31: Andel beräknade bullerhändelser med maximal ljudnivå enligt diagrammet i Ryared med olika dragningar av VADIN och TOPLA.

Vissa flygplan som bullrar 70 dB(A) idag kommer fortfarande att bullra 70 dB(A) i Salvebo, även vid en flytt av flygvägen. Därtill kommer starterna längs SID 21 TOPLA och därför är det fortfarande ca två bullerhändelser över 70 dB(A) i Salvebo vid en flytt av VADIN. I Ryared ökar nivåerna och med en flytt skulle det uppskattningsvis bli 60 bullerhändelser över 60 dB(A) på ett årsmedeldygn och i Salvebo ungefärligen lika många.

Som ett ytterlighetsfall har även all trafik längs TOPLA flyttats till den nya dragningen av VADIN. Flygvägarna TOPLA och VADIN förgrenar sig men detta sker längre ut längs flygvägarna och för denna beräkning kan därför TOPLA trafiken läggas på samma rutt som VADIN. Denna förändring skulle minska antalet bullerhändelser över 70 dB(A) i Salvebo från ca två på ett årsmedeldygn till noll jämfört med en flytt av bara VADIN och antalet bullerhändelser över 60 dB(A) minskar också. Samtidigt ökar antalet bullerhändelser över 60 dB(A) från ca 60 till ca 90 i Ryared.

En konsekvens är att de som bor i Ryared kan uppleva en större försämring än vad figurerna ovan ger intryck av. I dagsläget är de främst berörda av landningar på bana 03. Vid en förflyttning av VADIN tillkommer starter från bana 21. Konsekvensen är att de i princip alla dagar får trafik över sig, är bana 03 i användning så passerar landande trafik Ryared, är bana 21 i användning är det startande trafik som passerar Ryared.

6.5 Jämförelser mellan olika dragningar av flygvägar, sökt trafikvolym

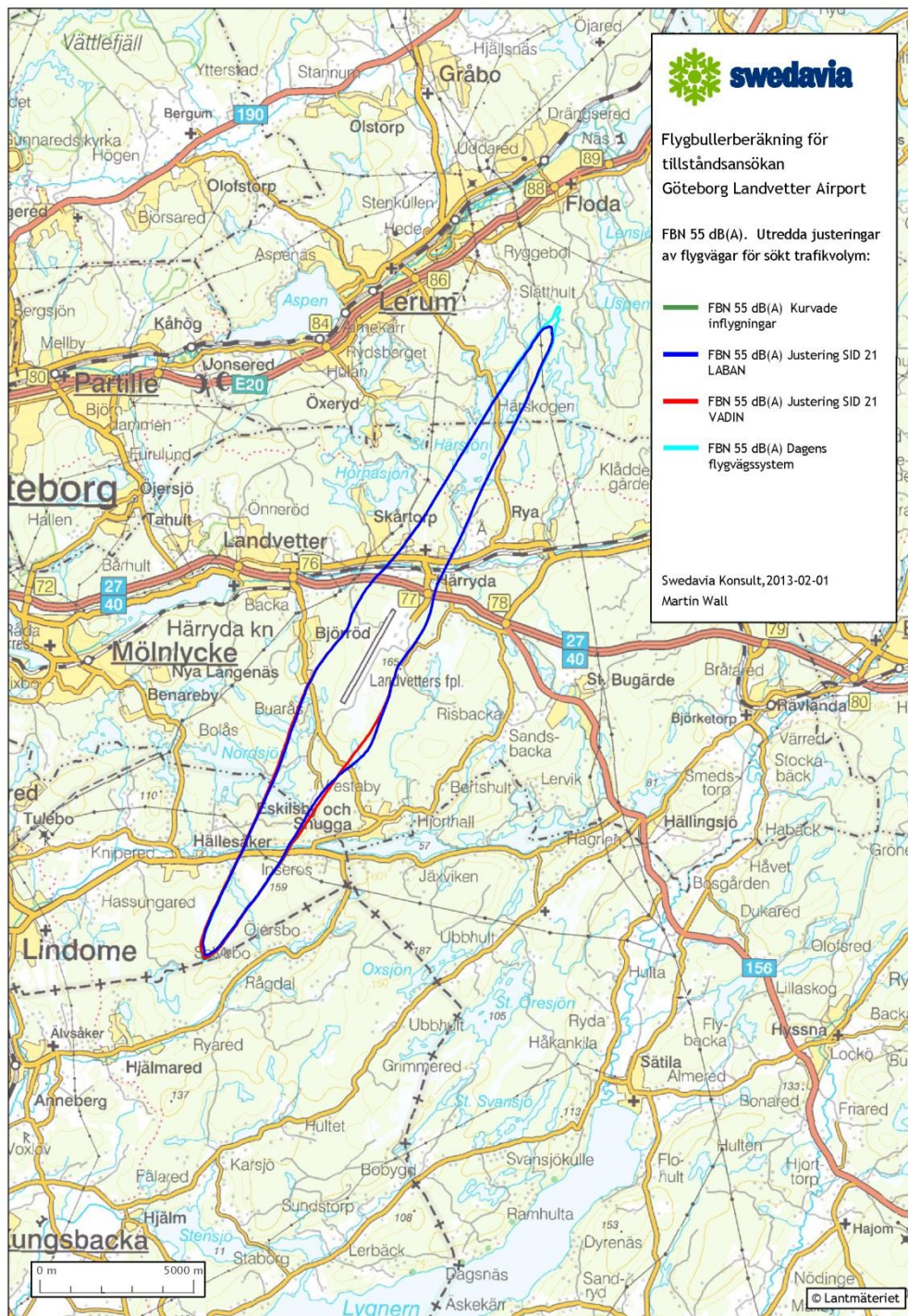
6.5.1 Beräkning av FBN

Figur 32 visar kurvan för FBN 55 dB(A) för sökt trafikvolym med de olika utredda alternativa flygvägarna och dagens flygvägssystem. Sökt alternativ är beräknat med införandet av RNP-AR procedurer (kurvad inflygning). Beräkningarna av SID 21 LABAN och SID 21 VADIN innefattar förutom de justerade flygvägarna också kurvad inflygning.

RNP-AR procedurer (kurvad inflygning) väntas endast påverka kurvan i den nordligaste spetsen. Effekterna av alternativ SID VADIN 21 väntas vara mycket ringa. Justeringen av SID LABAN 21 får en lite större effekt där kurvan får en ny utbuktning rakt söder om flygplatsen. Justeringen av STAR 21 får ingen effekt och visas inte på denna bild, detta eftersom bullerkurvan för 70 dB(A) för det bullrigaste landande flygplanet, A380, inte sträcker sig ut till den punkt där landningsflygvägarna möts. Tabell 23 visar antalet boende inom varje kurva.

Tabell 23: Antal boende inom FBN 55 dB(A) kurvan för sökt trafikvolym med olika dragningar av flygvägar

	Dagens flygvägssystem	Sökt alternativ	alternativ SID 21 LABAN	alternativ SID 21 VADIN
Antal boende	590	590	580	590



Figur 32: FBN 55 dB(A) - Utredda justeringar av flygvägar för sökt trafikvolym: kurvade inflygningar, alternativ SID 21 LABAN, alternativ SID 21 VADIN och inga förändringar jämfört med dagens flygvägssystem.

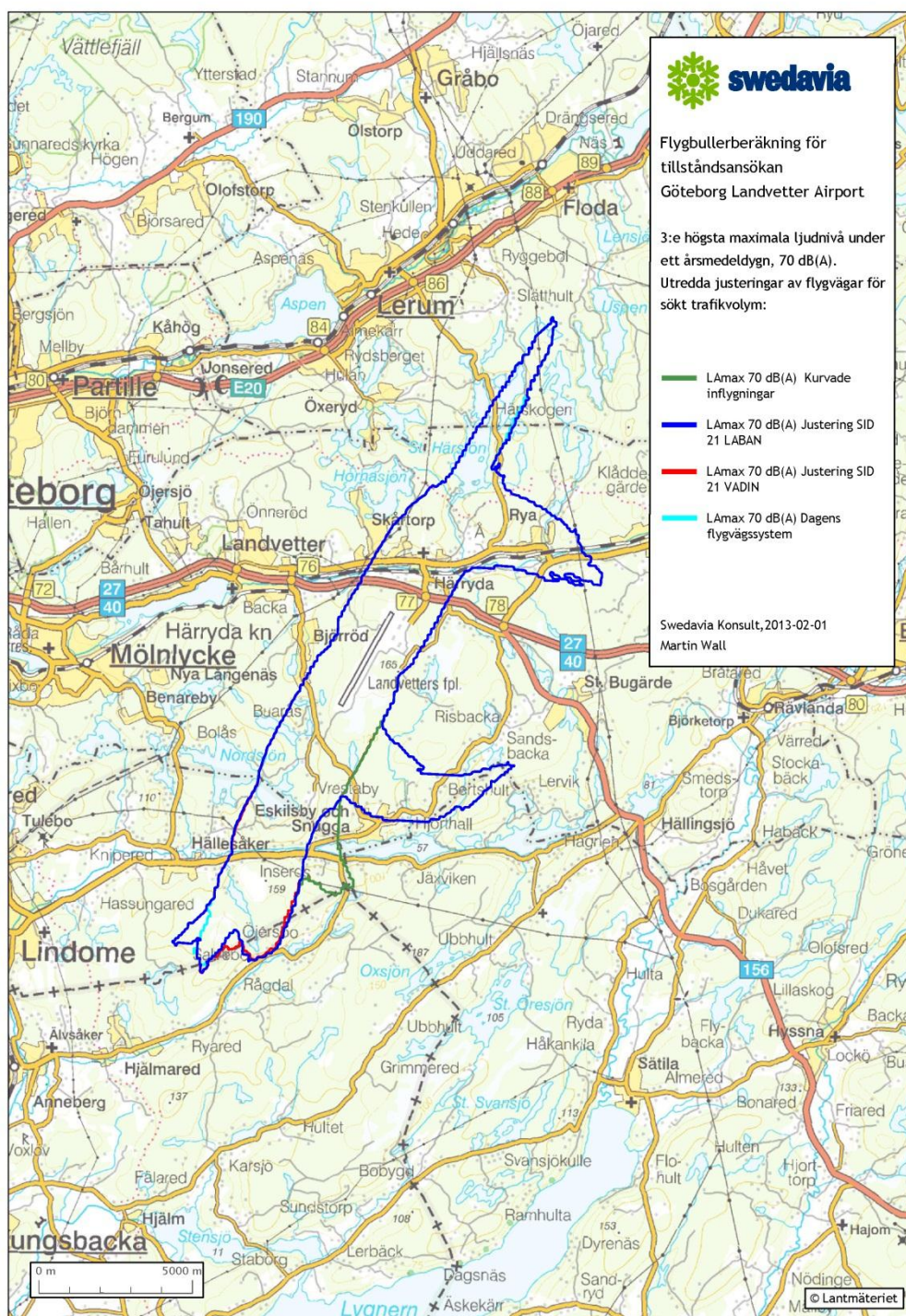
6.5.2 Beräkning av maximal ljudnivå 70 dB(A) minst tre gånger per årsmedeldygn

Figur 33 visar kurvan för maximal ljudnivå 70 dB(A) minst tre gånger per årsmedeldygn för sökt trafikvolym med de olika alternativa flygvägarna och dagens flygvägssystem. Sökt alternativ är beräknat med införandet av RNP-AR procedurer (kurvad inflygning). Beräkningarna av SID 21 LABAN och SID 21 VADIN innefattar förutom de justerade flygvägarna också kurvad inflygning.

RNP-AR procedurer (kurvad inflygning) väntas endast ha små följder för både landningar bana 03 och landningar bana 21. Effekterna av en justering av SID 21 VADIN väntas vara ringa och förskjuter kurvan något åt sydväst. Justeringen av SID 21 LABAN får en stor effekt där kurvan får en ny utbuktning rakt söder om flygplatsen och det är något fler boende inom den jämfört med de andra dragningarna av flygvägarna. Justeringen av STAR 21 får ingen effekt och visas inte på denna bild, detta eftersom bullerkurvan för 70 dB(A) för det bullrigaste landande flygplanet vid beräkningen av sökt trafikvolym, A380, inte sträcker sig ut till den punkt där landningsflygvägarna möts. Tabell 24 visar antalet boende inom varje kurva.

Tabell 24: Antal boende inom kurvan för maximal ljudnivå 70 dB(A) minst tre gånger per årsmedeldygn för sökt trafikvolym med olika dragningar av flygvägar. Tre värdesiffror redovisas eftersom avrundningseffekten annars ger en missvisande bild.

	Dagens flygvägssystem	Sökt alternativ	alternativ SID 21 LABAN	alternativ SID 21 VADIN
Antal boende	1440	1440	1460	1440

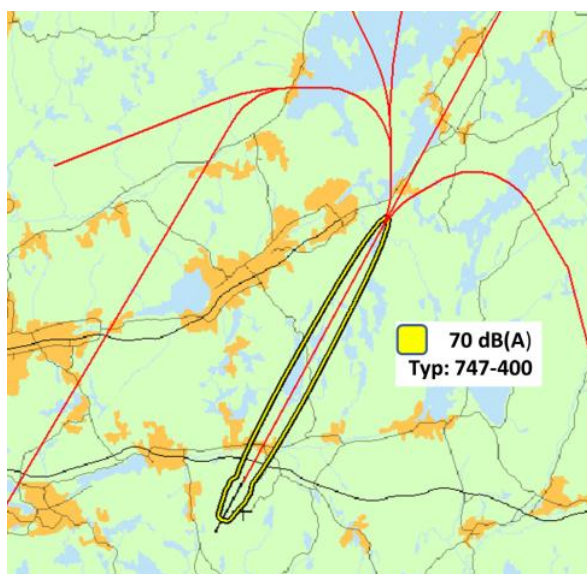


Figur 33: 3:e högsta maximala ljudnivå under ett årsmedeldygn, 70 dB(A). Utredda justeringar av flygvägar för sökt trafikvolymer: kurvade inflygningar, alternativ SID 21 LABAN, alternativ SID 21 VADIN och inga förändringar jämfört med dagens flygvägssystem.

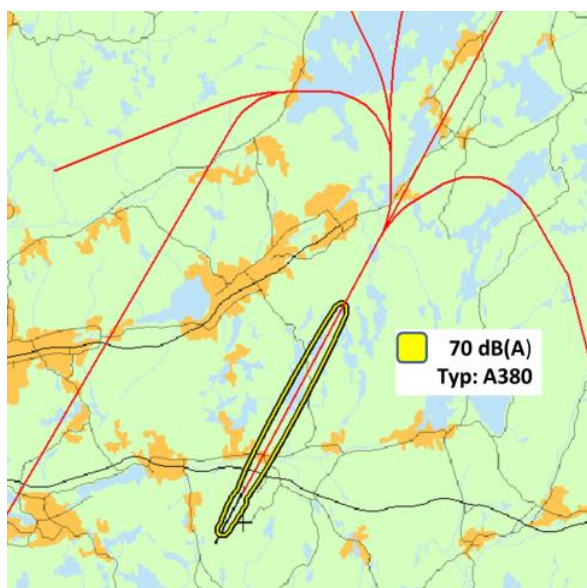
6.6

Justering P-RNAV STAR bana 21

Figur 34 och Figur 35 visar 70 dB(A) bullerkurvan för landning med flygplanstyperna B747-400 och A380. B747-400 är representant för den tyngsta viktklassen i nulägesberäkningarna och A380 är samma grupps representant i beräkningarna för sökt trafikvolym. De är också de bullrigaste flygplanstyperna under landning och beräkningarna visar att justeringen av P-RNAV STAR bana 21 inte kan påverka bullerkurvorna eftersom de inte sträcker sig längre än till den punkt där flygvägarna möts.



Figur 34: Utsträckning av 70 dB(A) kurvan vid landning bana 21 för flygplanstypen B747-400. De röda linjerna är de nya förslagen för landningsflygvägar.



Figur 35: Utsträckning av 70 dB(A) kurvan vid landning bana 21 för flygplanstypen A380. De röda linjerna är de nya förslagen för landningsflygvägar.

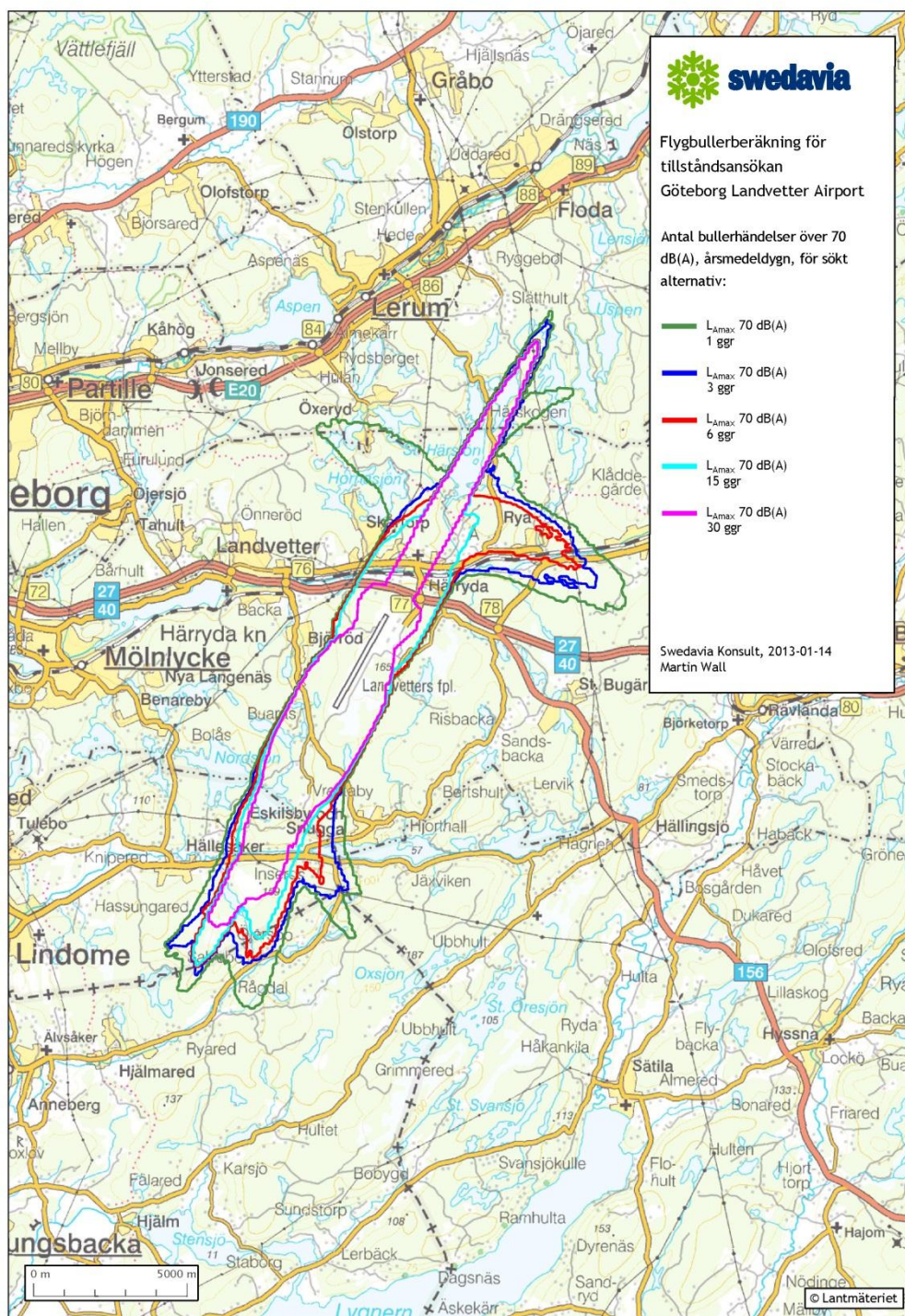
6.7 Maximal ljudnivå över 70 dB(A) med olika antal exponeringar per årsmedeldygn för sökt trafikvolym

I Figur 36 visas bullerkurvorna för maximal ljudnivå 70 dB(A) per årsmedeldygn för sökt trafikvolym med kurvade inflygningar för följande antal händelser: 1, 3, 6, 15 och 30. I Tabell 24 visas antal boende och fastigheter inom varje kurva.

De största skillnaderna i kurvans utseende, när man jämför antalet bullerexponeringar, är mellan en och tre gånger per årsmedeldygn samt mellan sex och 15 gånger per årsmedeldygn. I steget från ett till tre gånger blir kurvans utbredning längs flygvägen SID 03 SABAK mycket mindre och de som bor i orten Öxeryd har mellan en och tre bullerhändelser över 70 dB(A). De kurvade inflygningarna längs OSNAK1X ger också bara ett utfall i bullerkurvan för en händelse per årsmedeldygn. I steget från sex till femton bullerhändelser är skillnaderna störst längs flygvägen SID 03 TOPLA/VADIN och orten Rya hamnar utanför kurvan för 15 gånger. Dessa två orter är den främsta förklaringen till de stora skillnaderna i bullerexponerade boende i tabellen nedan. Det är också färre än 30 stycken starter med tyngre jetflygplan på bana 03 under ett årsmedeldygn och därför är kurvan norr om flygplatsen för 30 händelser endast beroende av landningsbullret.

Tabell 25: Maximal ljudnivå 70 dB(A) per årsmedeldygn för sökt trafikvolym med olika antal exponeringar

	30 ggr.	15 ggr.	6 ggr.	3 ggr.	1 ggr.
Antal boende	470	790	1200	1400	1800
Lantbruksenhet, bebyggd	44	61	79	93	107
Småhusenhet, byggnadsvärde under 50000 kr	14	21	30	32	40
Småhusenhet, helårsbostad	130	220	340	409	528
Småhusenhet, fritidsbostad	83	126	181	199	248
Småhusenhet, med lokaler	2	2	2	2	2
Hyresenhet, hotell eller restaurangbyggnad	1	1	1	1	1
Hyresenhet, huvudsakligen lokaler	0	1	1	1	1
Specialenhet, vårdbyggnad	4	5	6	6	6
Specialenhet, skolbyggnad	2	2	2	2	2



Figur 36: Antal bullerhändelser över 70 dB(A), årsmedeldygn, för sökt trafikvolym: 1, 3, 6, 15 och 30 händelser.

6.8

Tysta områden

Kommunerna redovisar värdefulla områden på olika sätt. En heltäckande inventering av områden kring flygplatsen som uppfyller kriterierna för riktvärdet för områden där tystnad är en väsentlig del av upplevelsen saknas och många kommuner tillämpar olika definitioner på vad som avses med ett ”tyst område”. I MKB kap. 9 omnämns ett antal värdefulla natur-, kultur- och friluftsområden som ligger i närheten av flygplatsen. Påverkan på dessa områden utgörs främst av eventuell bullerpåverkan.

I Tabell 26 till Tabell 30 nedan redovisas de områden som bedöms påverkas av ljudnivåer högre än FBN 40 dB(A) i nuläget (2010) och/eller vid sökt trafikvolym. Bullernivåerna i områdena nedan har då dessa underskrider FBN 50 dB(A) bedömts utifrån relationen mellan bullerkurvorna för FBN 50 dB(A) och FBN 55 dB(A). Hänsyn har också tagits till flygvägarna vid uppskattning av ljudnivåer. I områden med stor geografisk utbredning anges den maximala ljudnivån som uppskattas påverka området.

Tabell 26: Områden av riksintresse för friluftslivet som bedöms påverkas av flygbullernivåer högre än 40 dB(A) beräknat som FBN. Uppskattade ljudnivåer.

Riksintresse friluftsliv	Nuläge (2010)	Sökt trafikvolym
Härskogen	55 - 60 dB(A)	55 - 60 dB(A)
Delsjö-Härskogenområdet	40 - 55 dB(A)	50 - 55 dB(A)
Lygnern	< 40 dB(A)	40 - 45 dB(A)
Sandsjöbacka	< 40 dB(A)	40 - 45 dB(A)

Tabell 27: Områden av riksintresse för naturvården och Natura 2000-områden som bedöms påverkas av flygbullernivåer högre än 40 dB(A) beräknat som FBN. Uppskattade ljudnivåer.

Riksintresse naturvård	Nuläge (2010)	Sökt trafikvolym
Risbohult	45 - 50 dB(A)	45 - 50 dB(A)
Klippan	40 - 45 dB(A)	40 - 45 dB(A)
Säveån, Nääs och Öijared	< 40 dB(A)	40 - 45 dB(A)
Tubbed	40 - 45 dB(A)	40 - 45 dB(A)
Ubbhultsdrumlinen	40 - 45 dB(A)	40 - 45 dB(A)
Lygnern och Storåns dalgång	< 40 dB(A)	40 - 45 dB(A)
Sandsjöbacka	< 40 dB(A)	40 - 45 dB(A)
Oxhagen	< 40 dB(A)	40 - 45 dB(A)
Rinnamossen	40 - 45 dB(A)	40 - 45 dB(A)

Tabell 28: Områden av riksintresse för kulturmiljövården som bedöms påverkas av flygbullernivåer högre än 40 dB(A) beräknat som FBN. Uppskattade ljudnivåer.

Riksintresse kulturmiljövård	Nuläge (2010)	Sökt trafikvolym
Skallsjö, Nääs, mm.	< 40 dB(A)	40 - 45 dB(A)
Hemsjö	< 40 dB(A)	40 - 45 dB(A)
Stora Håltet	40 - 45 dB(A)	45 - 50 dB(A)
Hjälms-Rossared	40 - 45 dB(A)	40 - 45 dB(A)

Tabell 29: Naturreservat som bedöms påverkas av flygbullernivåer högre än 40 dB(A) beräknat som FBN. Uppskattade ljudnivåer.

Naturreservat	Nuläge (2010)	Sökt trafikvolym
Risbohult	45 - 50 dB(A)	45 - 50 dB(A)
Klippan	40 - 45 dB(A)	40 - 45 dB(A)
Gallhålan	< 40 dB(A)	40 - 45 dB(A)
Säveån	< 40 dB(A)	40 - 45 dB(A)
Nääs ekhagar	< 40 dB(A)	40 - 45 dB(A)
Hulan	< 40 dB(A)	40 - 45 dB(A)
Bokedalen	< 40 dB(A)	40 - 45 dB(A)
Björnareåsen	< 40 dB(A)	40 - 45 dB(A)
Sandsjöbacka	< 40 dB(A)	40 - 45 dB(A)
Oxhagen	< 40 dB(A)	40 - 45 dB(A)
Årenäs-Tostakulle	< 40 dB(A)	40 - 45 dB(A)
Ramhultafallet	< 40 dB(A)	40 - 45 dB(A)

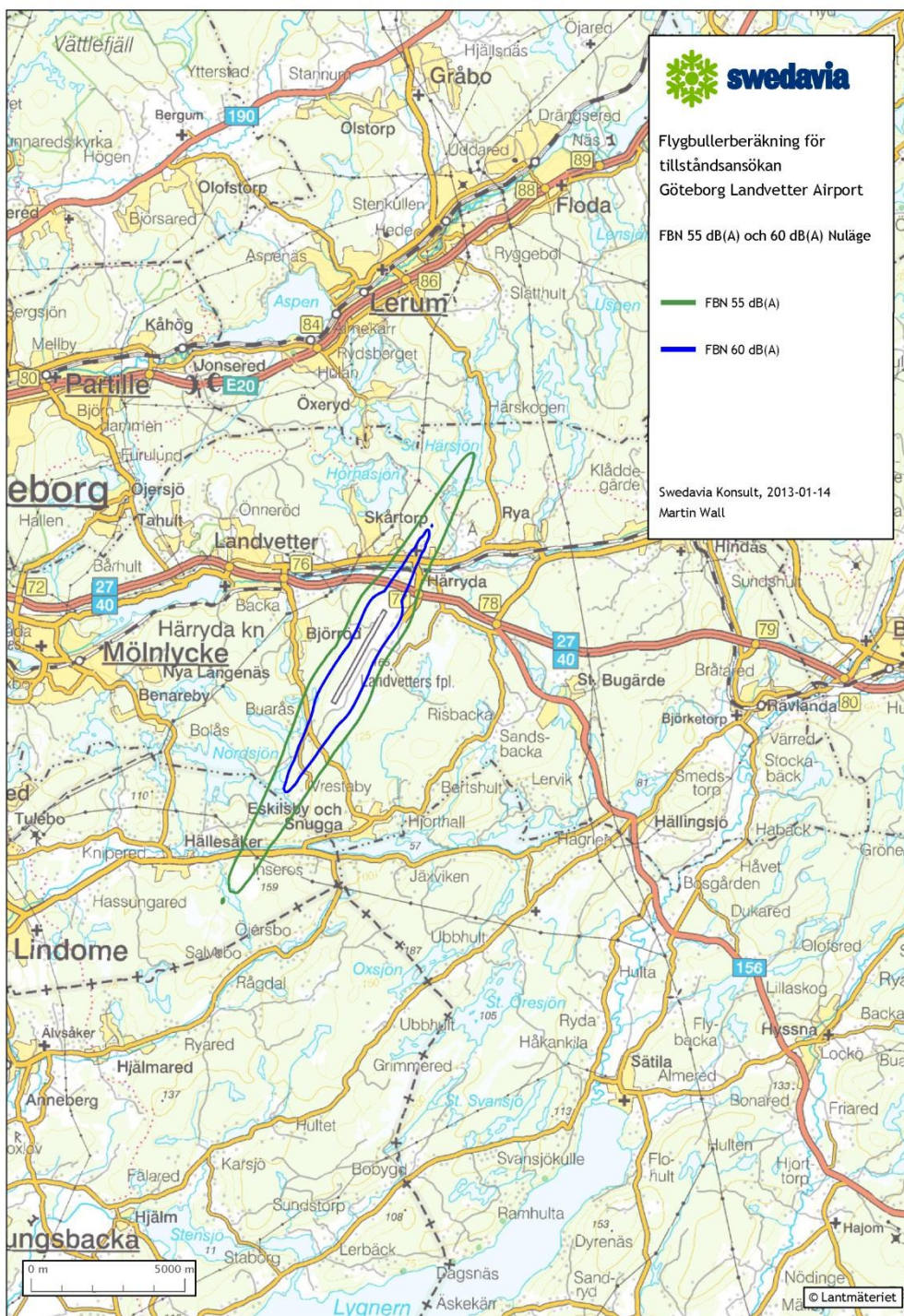
Tabell 30: Kulturresevat som bedöms påverkas av flygbullernivåer högre än 40 dB(A) beräknat som FBN.

Kulturresevat	Nuläge (2010)	Sökt trafikvolym
Äskhult	< 40 dB(A)	40 - 45 dB(A)

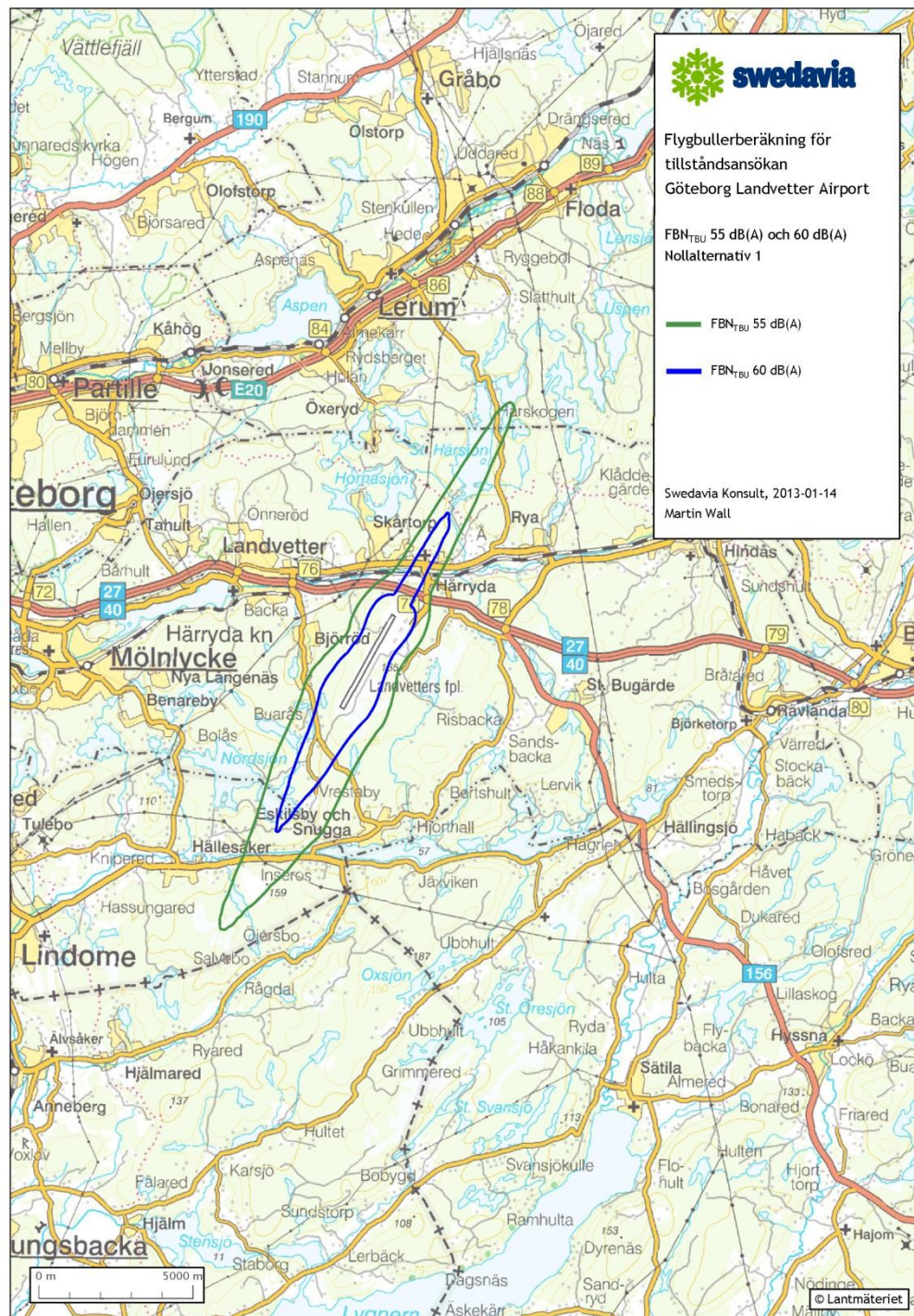
1 BILAGOR

1.1 BILAGA 1: Bullerkurvor

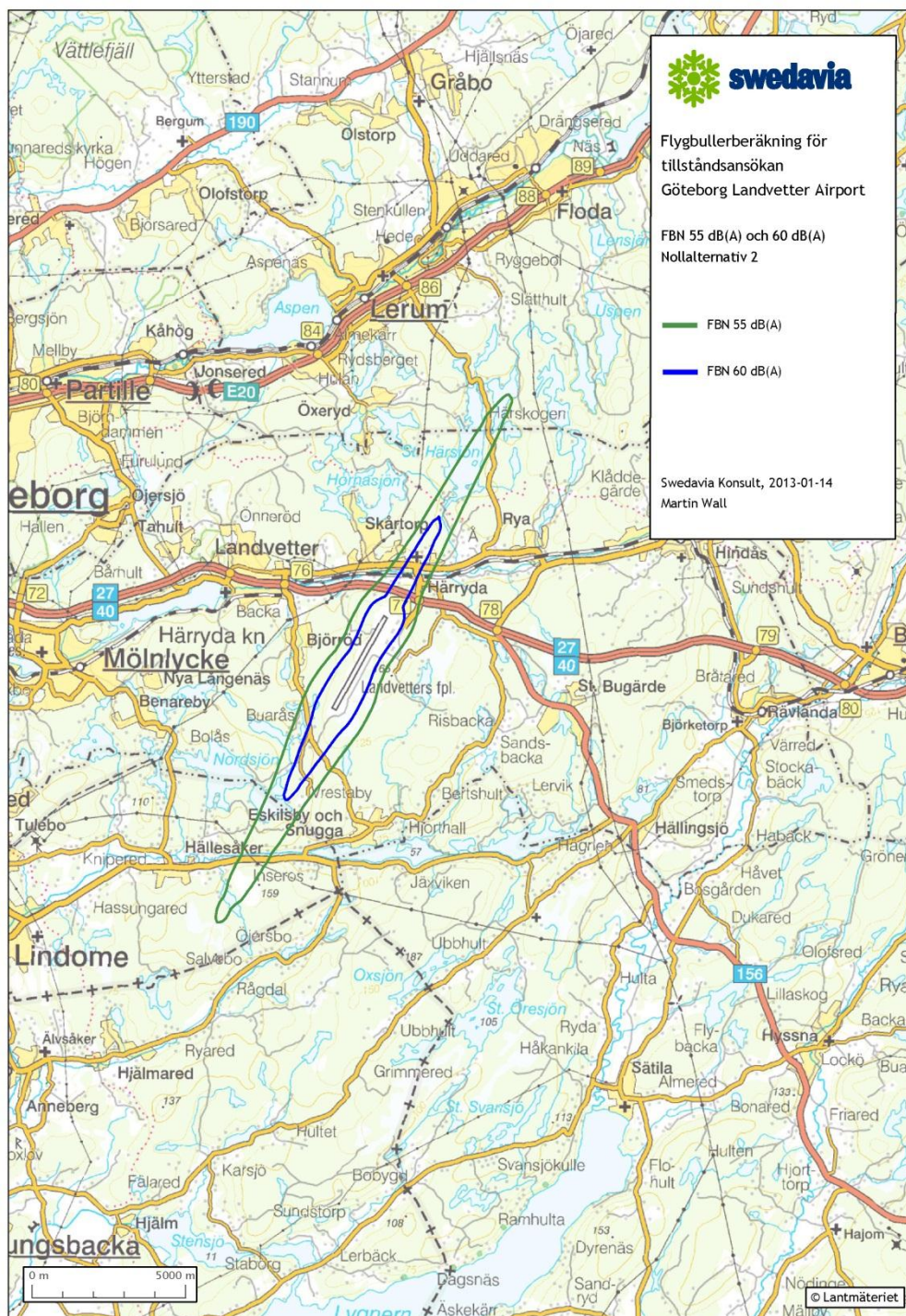
1.1.1 Beräkningar av FBN



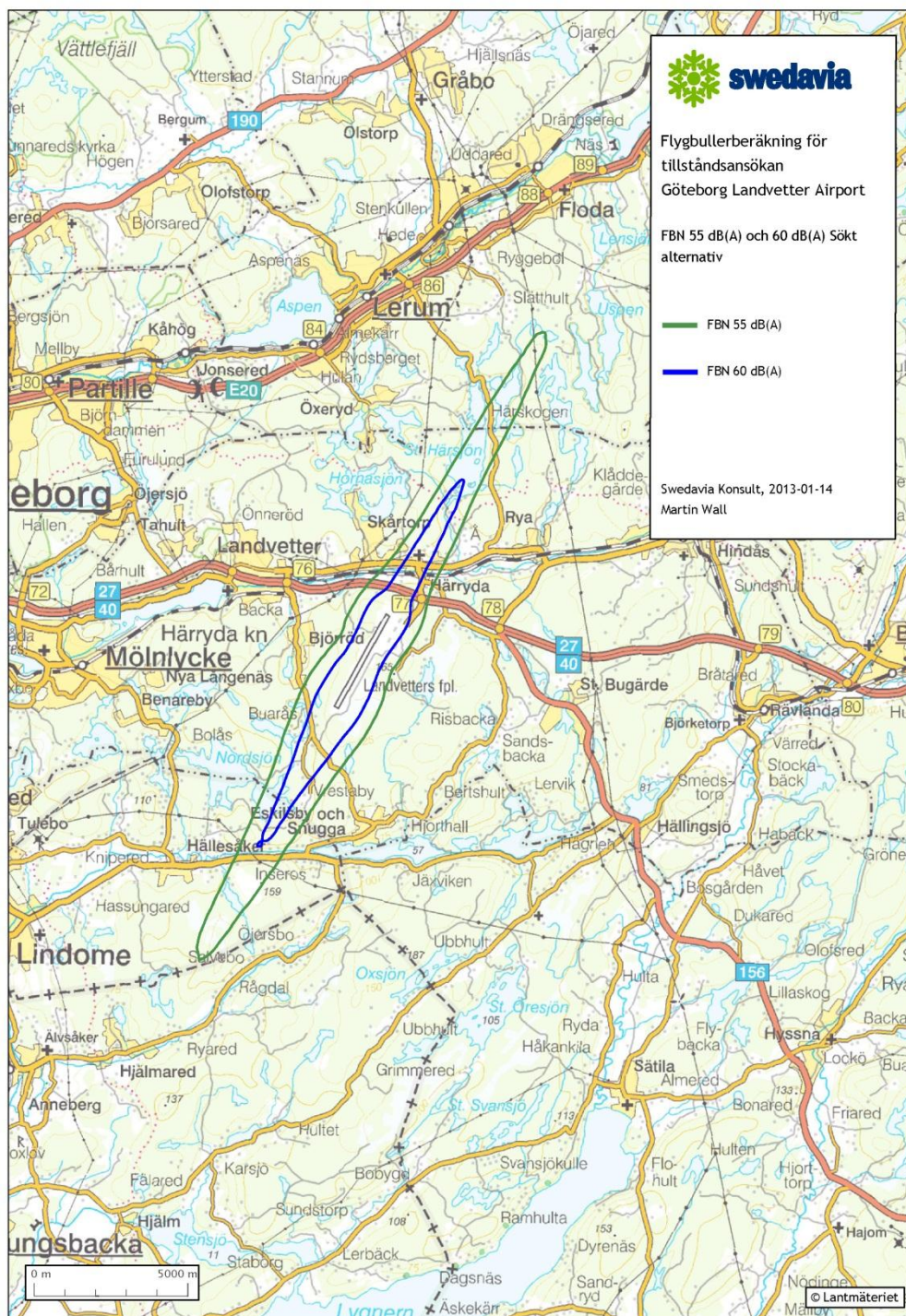
Figur 37: FBN 55 dB(A) och 60 dB(A) – Nuläget



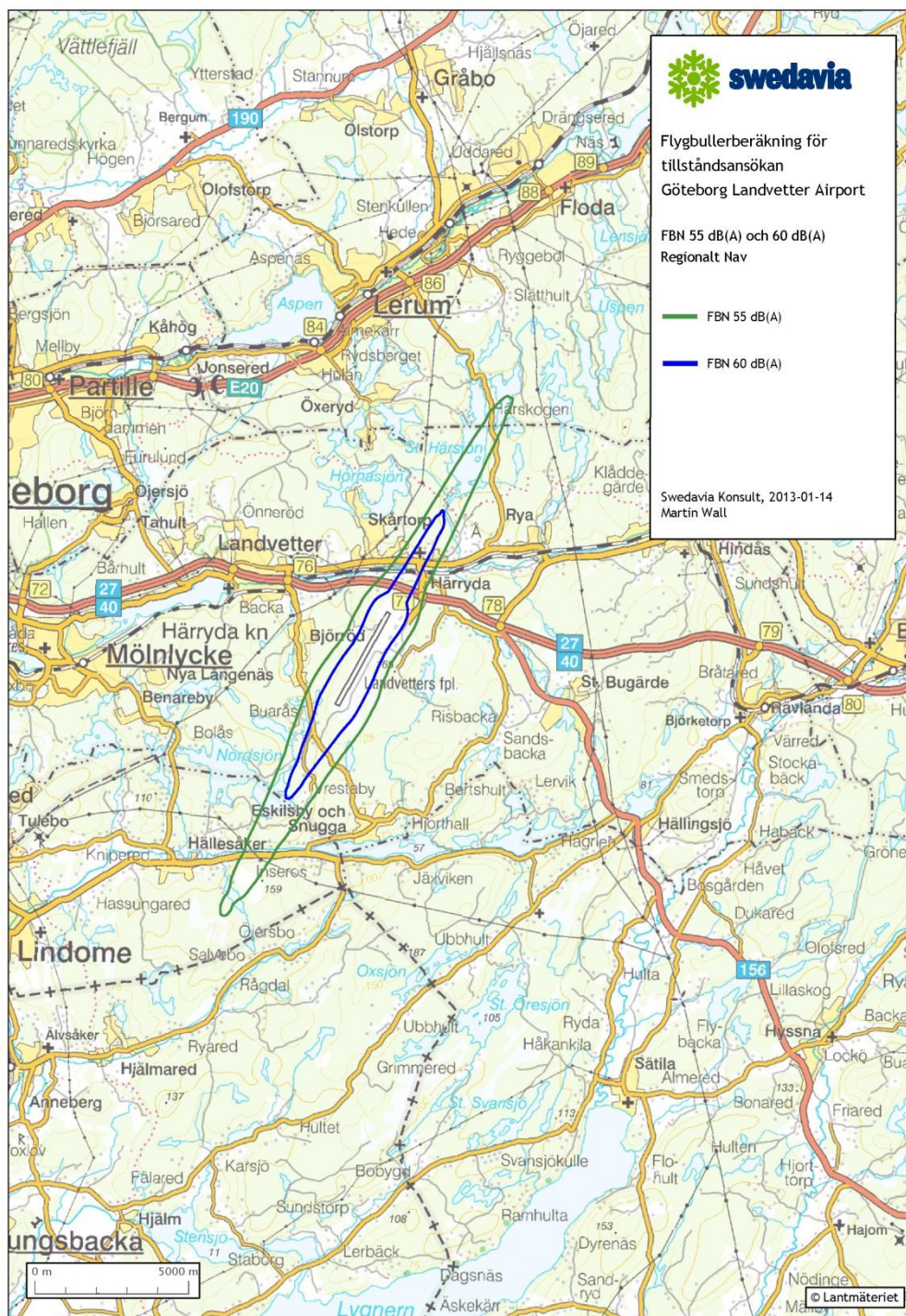
Figur 38: FBN_{TBU} 55 dB(A) och 60 dB(A) – Nollalternativ 1



Figur 39: FBN 55 dB(A) och 60 dB(A) – Nollalternativ 2

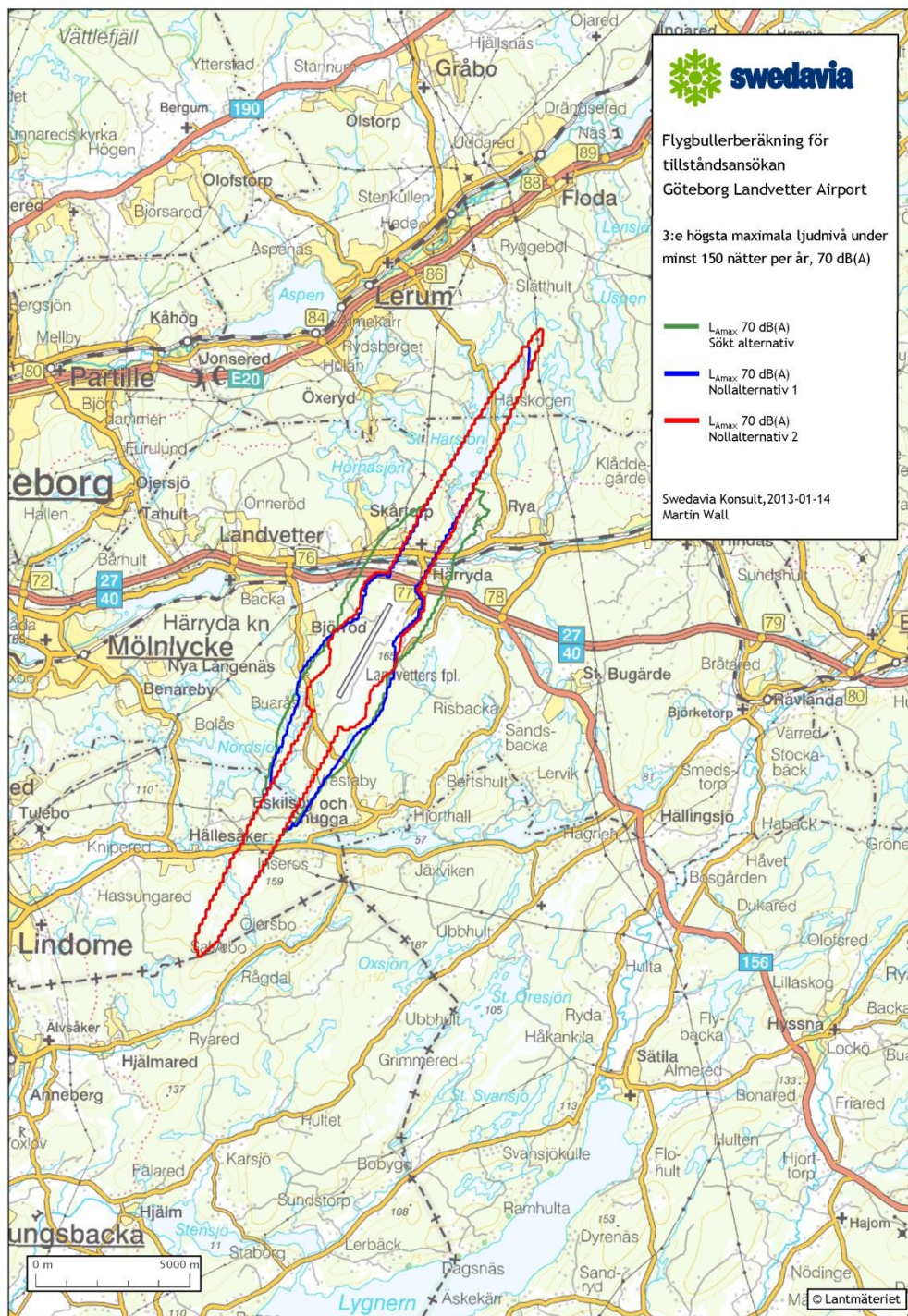


Figur 40: FBN 55 dB(A) och 60 dB(A) – Sökt alternativ

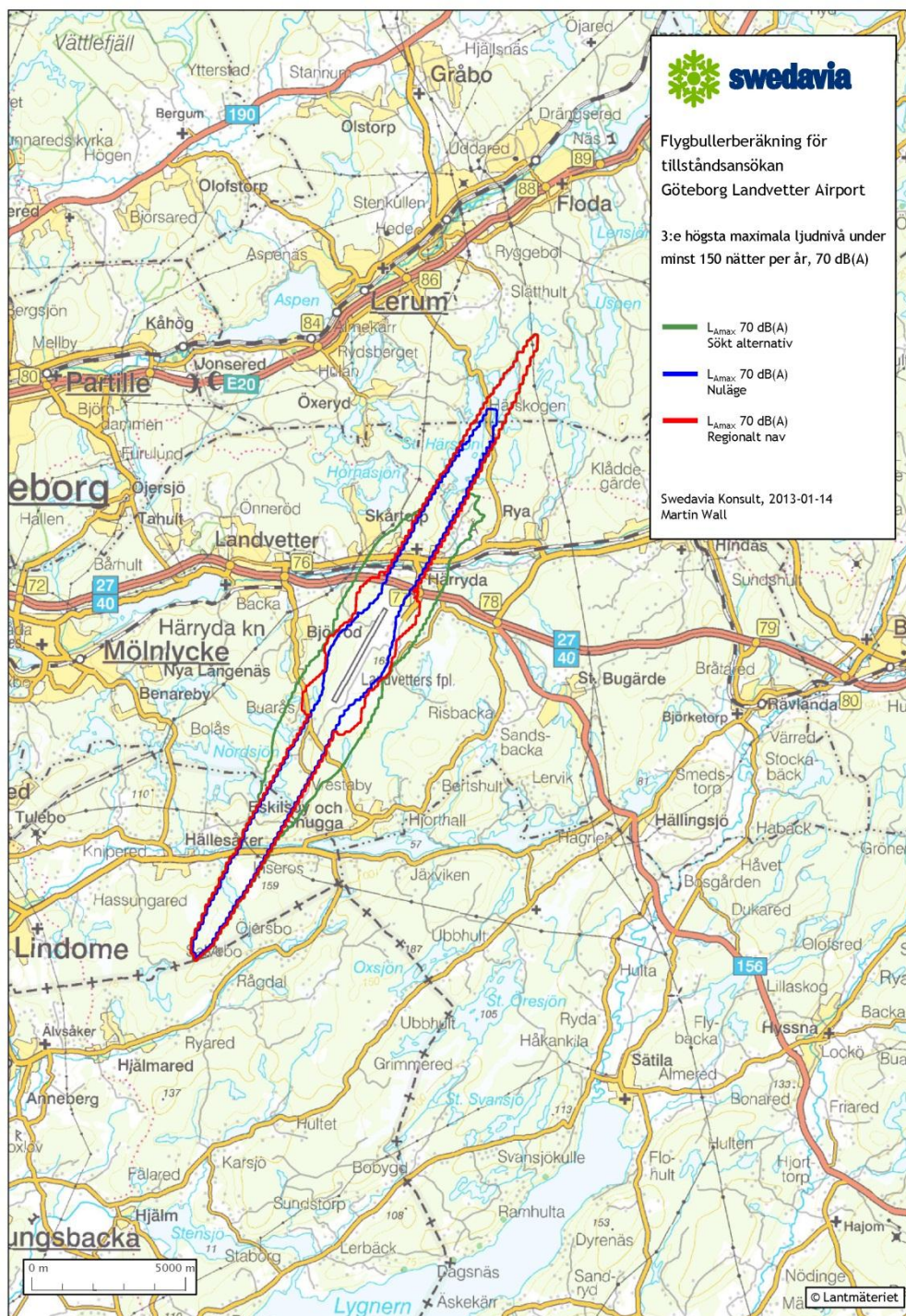


Figur 41: FBN 55 dB(A) och 60 dB(A) – Regionalt Nav

1.1.2 Beräkningar av 3:e högsta ljudnivå under minst 150 nätter per år, 70 dB(A)

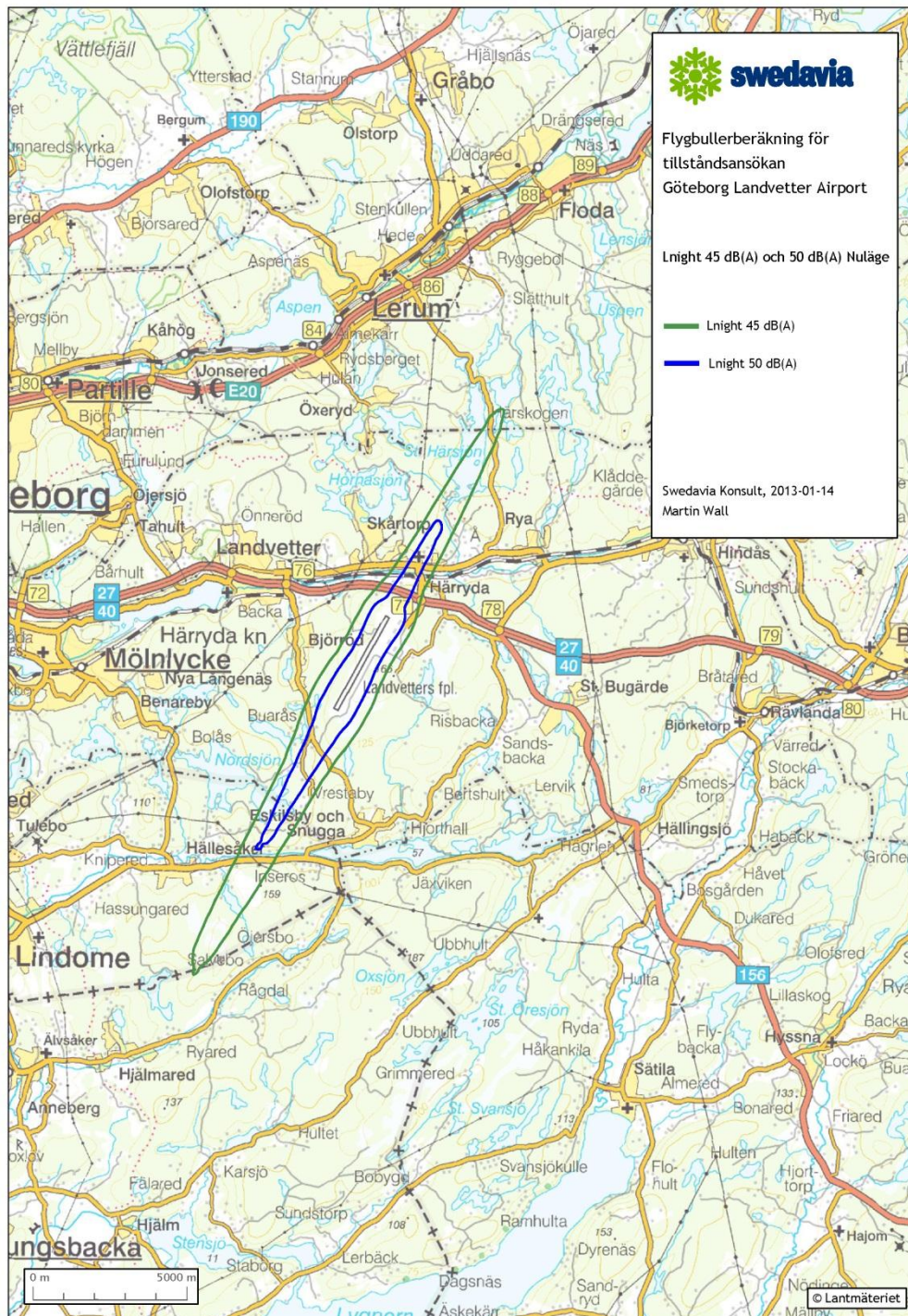


Figur 42: 3:e högsta maximala ljudnivå under minst 150 nätter per år, 70 dB(A) – Sökt trafikvolym, Nollalternativ 1 och Nollalternativ 2

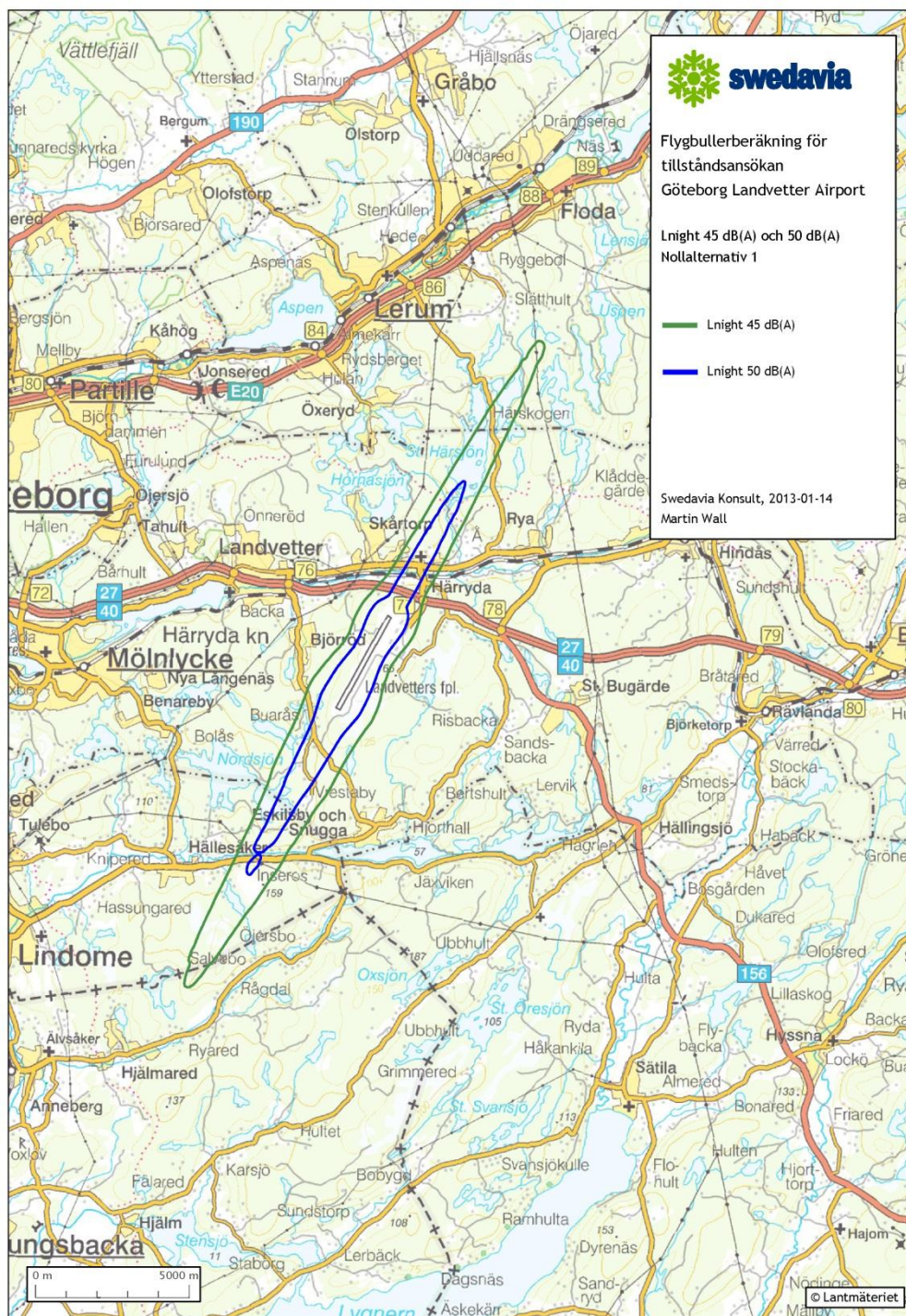


Figur 43: 3:e högsta maximala ljudnivå under minst 150 nätter per år, 70 dB(A) – sökt trafikvolym, nuläge och regionalt nav

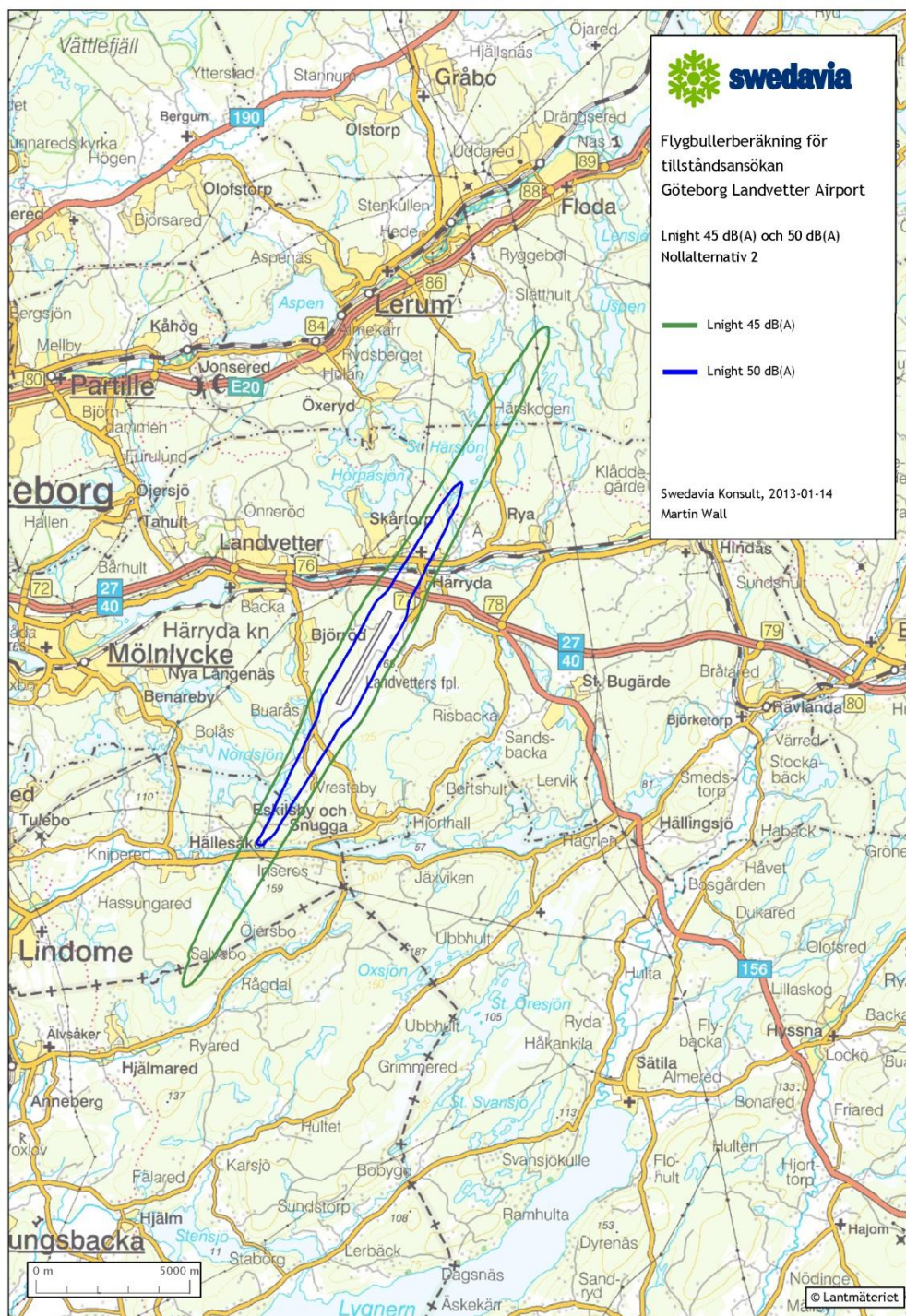
1.1.3 Beräkningar av L_{night}



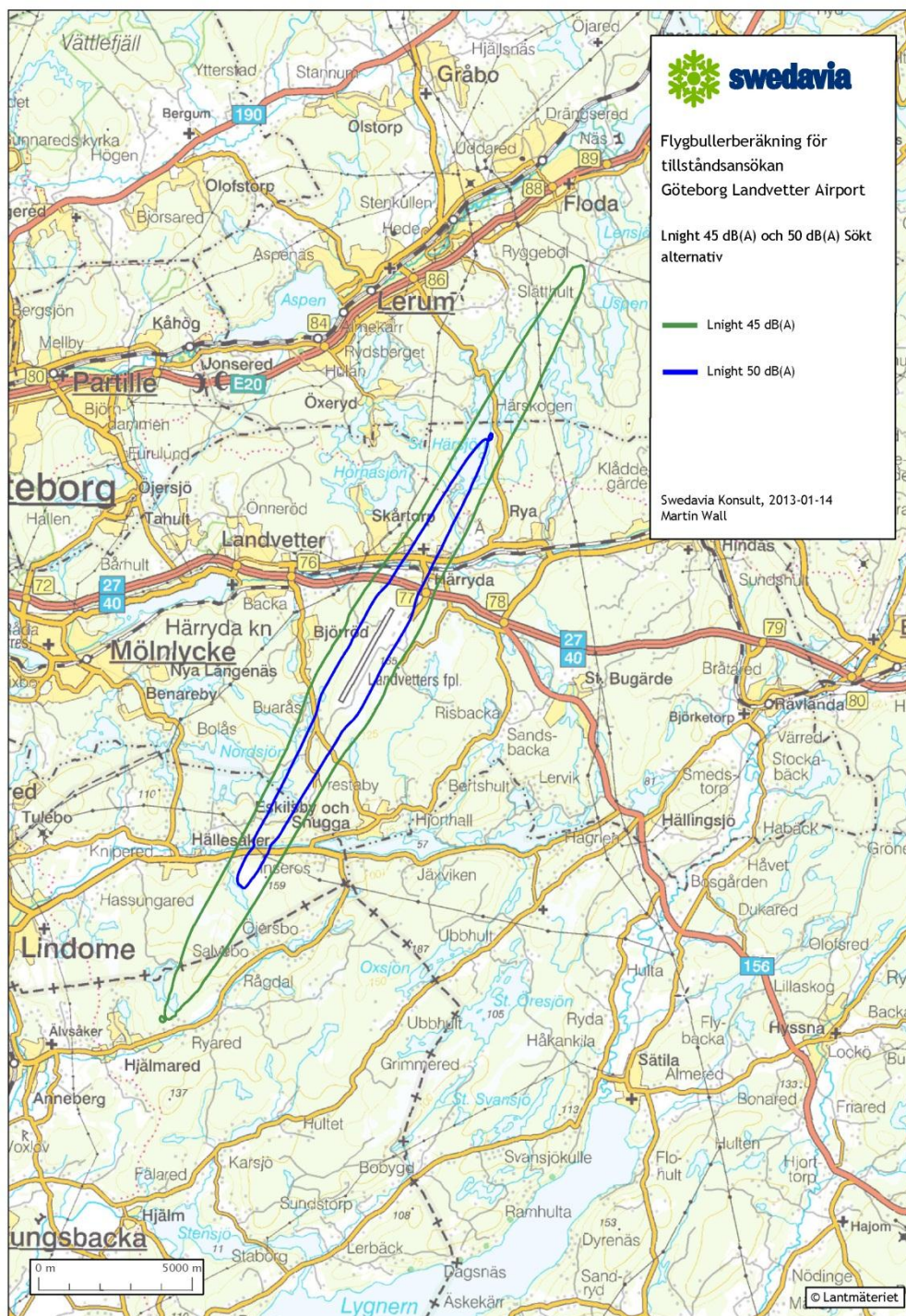
Figur 44: L_{night} 45 dB(A) och 50 dB(A) – Nuläget



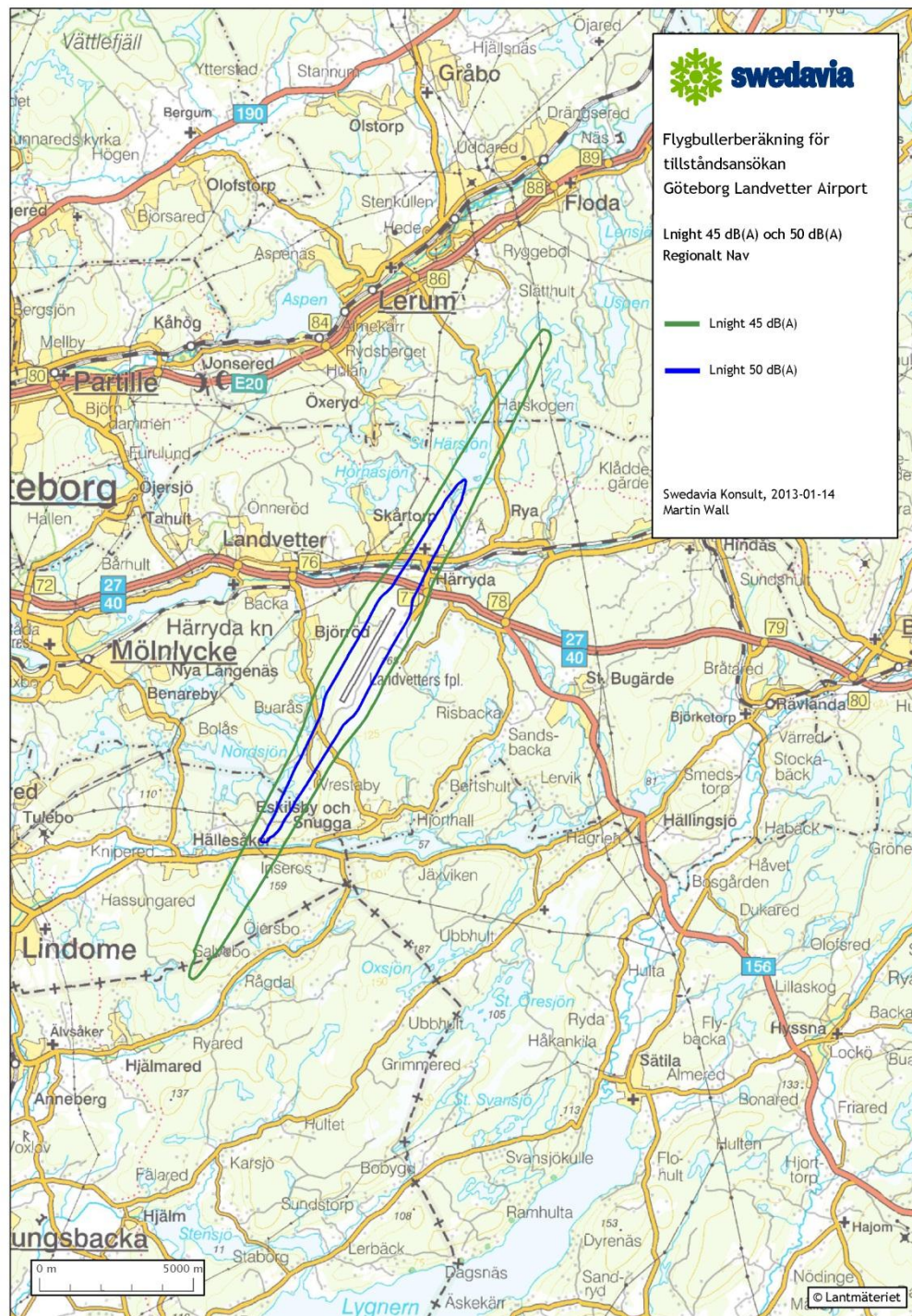
Figur 45: L_{night} 45 dB(A) och 50 dB(A) – Nollalternativ 1



Figur 46: L_{night} 45 dB(A) och 50 dB(A) – Nollalternativ 2



Figur 47: L_{night} 45 dB(A) och 50 dB(A) – Sökt alternativ



Figur 48: L_{night} 45 dB(A) och 50 dB(A) – Regionalt Nav

1.2 BILAGA 2: Detaljerat beräkningsunderlag

Denna bilaga sammanfattar antal rörelser för respektive viktgrupp fördelat på rörelsetyp, bana, flygväg samt dag, kväll och natt.

För att förenkla användningen av bullerberäkningsverktyget har flygvägarnas namn ändrats till att likna namnen i AIP. När nominella flygvägar överlappar varandra under en lång sträcka är endast en flygväg modellerad. Tabell 31 visar översättning av flygvägsnamn från AIP till bullerberäkningsverktyget.

Tabell 31: Översättning av flygvägsnamn från AIP till bullerberäkningsverktyget

	Namn i INM	Namn i AIP
BANA 03	ARR	Alla landningar
	DET	DETNA 1M
	LAB	LABAN 1M/LUKAX 1M
	NEG	NEGIL 1M
	SAB	SABAK 1M
	TAK	TAKOV 1R
	TIS	TISAB 1R
	TOP	TOPLA 1M
	VAD	VADIN 1M
BANA 21	ARR	Alla landningar
	DET	DETNA 1J/SABAK 1J
	HAR	HARRY 1P
	NLL	SULIX 1J/LABAN 2J/LUKAX 2J
	NOL	NOLVIK 1P/NEGIL 2P
	TOP	TOPLA 1J
	VAD	VADIN 1J

1.2.1

Nuläget

Tabell 32: Nuläget (2010) - antal rörelser per årsmedeldygn (avrundat till tre decimaler) uppdelat på flygplanstyp och flygväg

Bana och flygväg	737800	747400	A330-301	BAE300	EMB145	MD82	SF340
03							
ARR	12,543	0,383	0,401	12,416	6,280	3,049	3,742
DET	0,723	0,012	0,024	0,944	1,176	0,333	0,029
LAB	2,533	0,130	0,146	4,611	0,586	0,761	1,213
NEG	0,067			0,072	1,513	0,055	0,788
SAB	0,133		0,015	0,012	0,225	0,003	1,525
TOP	4,342	0,129	0,112	2,945	0,559	0,638	0,113
VAD	1,733	0,003	0,034	2,010	1,439	0,532	0,487
21							
ARR	13,273	0,392	0,376	15,108	7,135	3,130	5,605
DET	0,920	0,013	0,040	1,321	1,642	0,515	0,052
HAR	0,009			0,003		0,003	0,375
NLL	3,540	0,157	0,120	6,330	2,926	0,962	0,828
NOL	0,464		0,010	0,012	0,305		2,969
TOP	7,723	0,307	0,204	5,331	0,877	1,394	0,182
VAD	3,521	0,017	0,058	3,875	2,060	0,963	0,697
Totalsumma	51,523	1,542	1,541	54,989	26,724	12,336	18,606

Tabell 33: Nuläget (2010) - antal rörelser per årsmedeldygn (avrundat till tre decimaler) uppdelat på flygplanstyp och tid

Flygplanstyp	DAG	KVÄLL	NATT
737800	32,787	10,256	8,480
747400	0,719	0,250	0,573
A330-301	0,931	0,360	0,250
BAE300	40,501	12,891	1,597
EMB145	20,418	4,708	1,598
MD82	8,595	2,449	1,293
SF340	11,078	3,900	3,628
Totalsumma	115,028	34,813	17,419

1.2.2

Nollalternativ 1 - Dagens tillstånd

Tabell 34: Nollalternativ 1 - Dagens tillstånd - antal rörelser per årsmedeldygn (avrundat till tre decimaler) uppdelat på flygplanstyp och landningar respektive starter. Denna beräkning använde inte dagens terminologi på flygvägssystemet och därför är rörelserna endast uppdelade på ARR (landningar) och DEP (starter).

Bana och flygväg	737800	EMB145	MD82	747200	A330-343
03					
ARR	16,238	12,780	4,298	0,660	0,285
DEP	10,820	10,686	3,276	0,525	0,223
21					
ARR	34,007	29,916	9,115	0,955	0,426
DEP	39,901	33,263	10,066	1,592	0,475
Totalsumma	100,966	86,645	26,754	3,732	1,410

Tabell 35: Nollalternativ 1 - Dagens tillstånd - antal rörelser per årsmedeldygn (avrundat till tre decimaler) uppdelat på flygplanstyp och tid

Flygplanstyp	Dag	Kväll	Natt
737800	71,423	13,550	15,992
EMB145	70,530	9,064	7,051
MD82	18,897	5,188	2,669
747200	1,854	0,442	1,436
A330-343	0,852	0,172	0,386
Totalsumma	163,557	28,416	27,534

1.2.3

Nollalternativ 2 – 2038

Tabell 36: Nollalternativ 2 - 3038 - antal rörelser per årsmedeldygn (avrundat till tre decimaler) uppdelat på flygplanstyp och flygväg

Bana och flygväg	737800	A330-301	EMB145	SF340	CRJ9-ER	A380-841
03						
DET	1,375	0,106	0,528	0,021	0,718	0,057
LAB	1,740	0,083	0,433	0,846	2,546	0,185
NEG	0,043		0,716	0,387	0,025	
SAB	0,192	0,078	0,164	1,070	0,006	0,047
TAK	0,158	0,003	0,009	0,028	0,010	0,002
TIS	0,026	0,005		0,012		
TOP	6,188	0,329	0,374	0,123	3,862	0,147
VAD	3,096	0,050	0,775	0,409	2,612	0,010
ARR	17,015	0,786	3,743	3,302	12,478	0,524
21						
DET	4,642	0,530	1,979	0,089	2,070	0,300
TOP	17,070	0,921	1,049	0,251	10,973	0,295
VAD	7,967	0,137	2,175	1,080	7,386	0,030
NLL	4,688	0,185	3,173	0,612	7,280	0,435
ARR	29,938	1,637	7,525	6,274	25,382	0,983
HAR				1,685		
NOL				3,059		
Totalsumma	94,138	4,851	22,644	19,249	75,348	3,015

Tabell 37: Nollalternativ 2 - 2038 - antal rörelser per årsmedeldygn (avrundat till tre decimaler) uppdelat på flygplanstyp och tid

Flygplanstyp	Dag	Kväll	Natt
737800	61,491	19,513	13,133
A330-301	3,832	0,861	0,159
EMB145	18,054	3,653	0,937
SF340	12,176	4,159	2,915
CRJ9-ER	55,524	17,674	2,149
A380-841	2,087	0,461	0,467
Totalsumma	153,162	46,321	19,760

1.2.4

Sökt trafikvolym

Tabell 38: Sökt trafikvolym - antal rörelser per årsmedeldygn (avrundat till tre decimaler) uppdelat på flygplanstyp och flygväg

Bana och flygväg	737800	A330-301	EMB145	SF340	CRJ9-ER	A380-841
03						
DET	2,062	0,159	0,792	0,032	1,076	0,086
LAB	2,609	0,125	0,650	1,269	3,819	0,277
NEG	0,064		1,074	0,581	0,037	
SAB	0,288	0,116	0,247	1,606	0,009	0,071
TOP	9,282	0,494	0,562	0,184	5,794	0,221
TAK	0,236	0,005	0,013	0,042	0,016	0,003
TIS	0,039	0,008		0,018		
VAD	4,644	0,075	1,162	0,614	3,918	0,016
ARR	25,522	1,180	5,615	4,953	18,718	0,786
21						
DET	6,963	0,796	2,968	0,134	3,105	0,449
TOP	25,605	1,382	1,574	0,376	16,460	0,442
VAD	11,951	0,205	3,262	1,620	11,079	0,044
NLL	7,032	0,277	4,760	0,917	10,920	0,653
ARR	44,907	2,455	11,288	9,411	38,074	1,475
HAR				2,528		
NOL				4,588		
Totalsumma	141,205	7,277	33,965	28,874	113,022	4,523

Tabell 39: Sökt trafikvolym - antal rörelser per årsmedeldygn (avrundat till tre decimaler) uppdelat på flygplanstyp och tid

Flygplanstyp	Dag	Kväll	Natt
737800	92,235	29,270	19,700
A330-301	5,748	1,291	0,238
EMB145	27,081	5,480	1,405
SF340	18,264	6,238	4,372
CRJ9-ER	83,286	26,511	3,224
A380-841	3,131	0,692	0,700
Totalsumma	229,744	69,482	29,640

1.2.5

Regionalt nav

Tabell 40: Regionalt nav - antal rörelser per årsmedeldygn (avrundat till tre decimaler) uppdelat på flygplanstyp och flygväg

Bana och flygväg	737800	747400	A330-301	BAE300	EMB145	GV	SF340
03							
ARR	15,335	0,232	0,395	7,199	12,140	8,548	3,200
DET	1,166	0,008	0,029	0,585	2,625	0,047	0,019
LAB	2,032	0,076	0,075	2,579	0,815	0,527	1,010
NEG	0,052			0,024	1,834	0,009	0,493
SAB	0,163	0,000	0,005	0,002	0,281	0,003	0,909
TAK	0,133	0,001	0,003	0,009	0,031		0,024
TIS	0,022		0,004				0,010
TOP	5,309	0,125	0,158	1,507	1,006	3,543	0,109
VAD	2,624	0,009	0,043	0,939	2,878	2,548	0,349
21							
DET	3,935	0,025	0,106	1,679	8,301	0,141	0,077
TOP	14,604	0,250	0,437	4,281	2,836	10,066	0,224
VAD	6,752	0,025	0,116	2,635	8,117	7,247	0,922
NLL	5,737	0,140	0,164	7,382	7,294	1,514	0,691
ARR	27,167	0,383	0,809	14,676	23,562	17,277	5,969
HAR							2,033
NOL							2,596
Totalsumma	85,028	1,275	2,346	43,497	71,722	51,470	18,634

Tabell 41: Regionalt nav - antal rörelser per årsmedeldygn (avrundat till tre decimaler) uppdelat på flygplanstyp och tid

Flygplanstyp	Dag	Kväll	Natt
737800	55,865	17,684	11,479
747400	0,644	0,236	0,395
A330-301	1,629	0,576	0,142
BAE300	32,091	10,204	1,203
EMB145	53,940	13,369	4,413
GV	37,995	11,859	1,616
SF340	11,350	3,885	3,400
Totalsumma	193,513	57,813	22,647

1.3 BILAGA 3: Mätningar

ÅF-INFRASTRUCTURE AB / INGEMANSSON har utfört bullermätningar²⁸ under perioden juli-september 2011. Syftet med mätningarna var att kontrollera hur aktuella bullerberäkningar stämmer överens med den uppmätta buller-exponeringen. Uppdraget omfattar mätning av maximal ljudnivå, L_{ASMax} ²⁹ och SEL³⁰ enligt mätstandard ISO 20906 samt den tidigare mätstandard ISO 3891 i tillämpliga delar. Mätning har utförts i en mätpunkt ca 7 km nordöst om flygplatsen vid Härskogen i Lerums kommun. Mätstandarder³¹ ISO 20906:2009 samt ISO 3891 har använts i tillämpliga delar. Mätstandarden ställer krav på meteorologin under mätningarna. Till exempel skall följande villkor uppfyllas vid varje mätning för att mätresultatet skall ingå i den slutliga analysen:

- Vindhastighet max 5 m/s
- Ingen nederbörd (regn, snö och dis)
- Den relativ fuktigheten ska ligga i intervallet 30 % till 90 %.

Totalt 2095 flygrörelser som uppfyller meteorologiska krav har sammanställts för mätperioden. Totalt antal flygrörelser under mätperioden före väderkorrigering var 3541 st. Tabell 42 samt Tabell 43 sammanfattar resultat för maximal ljudnivå mätningar. Respektive SEL.

Grupperna A330 och övriga (helikopter och propeller under 7 ton) hade inte tillräckligt många passager för att uppfylla statistiska krav i mätstandarden.

²⁸ Pär Wigholm - Göteborg Landvetter Airport – Mätning av flygbuller 2011 – Uppdragsnr:565982

²⁹ Med L_{ASMax} avses den högsta ljudnivån under t ex en flygplanspassage

³⁰ SEL avser den ljudnivå som skulle ha uppnåtts om hela den ljudenergi som kan mätas in under en överflygning skulle exponeras under 1 sekund.

³¹ ISO 3891 har ersatts av ISO 20906:2009. Den senare behandlar främst automatiserad hantering av flygbullermätningar där permanenta bullermätare används. Tillämpliga delar av ISO 3891 har använts i detta projekt för att kunna relatera till manuella mätmetoder, flygbullerberäkningar samt till tidigare års mätrapporter.

Flygplans-grupp/-typ	Rörelse	Antal	Medel-max, (L _{ASmax})	Std Av	Statistiska krav enligt ISO 3891 innehålls	Beräknad L _{Amax}	Differens beräkning-mätning
Grupp 1	Landning	176	69,6	2,4	Ja	69,3	-0,3
SF34 (typ)	Landning	12	67,1	1,6	Ja	69,3	2,2
Grupp 2	Landning	665	70,7	2,4	Ja	69,1	-1,6
E145 (typ)	Landning	178	70,6	2,4	Ja	69,1	-1,5
CRJ9 (typ)	Landning	86	70,3	1,9	Ja	72,0	1,7
Grupp 3	Landning	1064	72,5	2,1	Ja	74,8	2,3
B738 (typ)	Landning	202	73,0	1,4	Ja	74,8	1,8
Grupp 4	Landning	3	77,3	2,6	Nej	*	*
A330 (typ)	Landning	-				*	*
Grupp 5	Landning	11	77,5	1,7	Ja	80,8	3,3
B744 (typ)	Landning	10	77,2	1,6	Ja	80,8	3,6
Grupp MD	Landning	171	72,8	1,7	Ja	70,5	-2,3
MD 82 (typ)	Landning	105	72,9	1,7	Ja	70,5	-2,4
Grupp Övriga	Landning	5	72,0	4,5	Nej	Ingen beräkning utförd.	*

Tabell 42: Sammanställning maximala ljudnivåer mätpunkt Härskogen 2011.

Flygplans-grupp /-typ	Rörelse	Antal	SEL	Std Av	Statistiska krav enligt ISO 3891 innehålls	Beräknad SEL	Differens beräkning-mätning
Grupp 1	Landning	176	78,7	2,3	Ja	77,3	-1,4
SF34 (typ)	Landning	12	76,8	1,2	Ja	77,3	0,5
Grupp 2	Landning	665	79,7	2,0	Ja	80,2	0,5
E145 (typ)	Landning	178	79,1	1,8	Ja	80,2	1,1
CRJ9 (typ)	Landning	86	79,6	1,2	Ja	82,7	3,1
Grupp 3	Landning	1064	81,5	1,9	Ja	85,4	3,9
B738 (typ)	Landning	202	82,2	1,2	Ja	85,4	3,2
Grupp 4	Landning	3	85,7	1,7	Nej	*	*
A330 (typ)	Landning	-				*	*
Grupp 5	Landning	11	87,3	2,0	Ja	89,6	2,3
B744 (typ)	Landning	10	87,1	2,0	Ja	89,6	2,5
Grupp MD	Landning	171	82,0	1,4	Ja	80,3	-1,7
MD 82 (typ)	Landning	105	82,2	1,4	Ja	80,3	-1,9
Grupp Övriga	Landning	5	81,0	4,6	Nej	Ingen beräkning utförd.	*

Tabell 43: Sammanställning SEL ljudnivåer mätpunkt Härskogen 2011.