

LA_{max} Analyysi

Nummelan lentopaikalle

Tämä täydentää 2025 tehtyä äänitasomallinnusta.

Windcraft Oy
Norolantie 14
15270 Kukkila
www.windcraft.fi

31.1.2025

Sisällysluettelo

0	Johdanto	1
1	Mikä tekee äänestä melua?.....	2
2	Luonnon äänet	3
3	Äänen voimakkuuden asteikko.....	4
4	Mitä.....	5
5	Eräs mittaus	7
6	Yhteensä.....	8
7	Äänen hetkellisyys.....	11
7	Lentoreitit.....	12
8	Huippuäänitasot eri tilanteissa ja eri ilma-alus tyypeillä	13
8.1	Helikopterit.....	13
8.1.1	Lentoonlähtö etelään.....	13
8.1.2	Laskeutuminen etelästä.....	14
8.1.3	Lentoonlähtö pohjoiseen.....	15
8.1.4	Laskeutuminen pohjoisesta	16
8.2	Ultrakeveät lentokoneet.....	17
8.2.1	Lentoonlähtö kiitoradalta 04.....	17
8.2.2	Lentoonlähtö kiitoradalta 09.....	18
8.2.3	Lentoonlähtö kiitoradalta 22.....	19
8.2.4	Lentoonlähtö kiitoradalta 27.....	20
8.2.5	Laskeutuminen kiitoradalle 04	21
8.2.6	Laskeutuminen kiitoradalle 09	22
8.2.7	Laskeutuminen kiitoradalle 22	23
8.2.8	Laskeutuminen kiitoradalle 27	24
8.3	Keveät kaksipaikkaiset lentokoneet.....	25
8.3.1	Lentoonlähtö kiitoradalta 04.....	25
8.3.2	Lentoonlähtö kiitoradalta 09.....	26
8.3.3	Lentoonlähtö kiitoradalta 22.....	27
8.3.4	Lentoonlähtö kiitoradalta 27.....	28
8.3.5	Laskeutuminen kiitoradalle 04	29
8.3.6	Laskeutuminen kiitoradalle 09	30
8.3.7	Laskeutuminen kiitoradalle 22	31
8.3.8	Laskeutuminen kiitoradalle 27	32
8.4	Nelipaikkaiset lentokoneet	33
8.4.1	Lentoonlähtö kiitoradalta 04.....	33
8.4.2	Lentoonlähtö kiitoradalta 22.....	34
8.4.3	Laskeutuminen kiitoradalle 04	35
8.4.4	Laskeutuminen kiitoradalle 22	36

8.5	Hinaus lentokoneet.....	37
8.5.1	Lentoonlähtö kiitoradalta 04.....	37
8.5.2	Lentoonlähtö kiitoradalta 22.....	38
8.5.3	Laskeutuminen kiitoradalle 04	39
8.5.4	Laskeutuminen kiitoradalle 22	40
8.5.5	Laskeutuminen kiitoradalle 27	41
	Lähteet:.....	42

0 Johdanto

Enimmäisäänitaso L_{\max} tai $L_{AF\max}$, on mittausjakson aikana mitattu korkein äänitaso.

Pohjois-Savon ELY, Alueidenkäytön koulutuspäivillä 4.12.2013 Larri Liikonen UUD ELY-keskus piti alustuksen ”JOHDATUS YMPÄRISTÖMELUUN Meluntorjunnan perusteet, Meluselvitykset ja niiden teettäminen sekä laatu”.

Tässä hän esitti Enimmäistasosta L_{MAX} seuraavaa:

”monin tavoin ongelmallinen suure (yksinään käytettynä)

- *yleistettävyys?*
- *tapahtuman satunnaisuus?*
- *määrän, toistuvuuden ym. arvion puuttuminen?”*

Tässä selvityksessä on vastattu näihin kysymyksiin. Ja sovellettu Nummelan meluselvityksen osoitettuihin puutteisiin.

1 Mikä tekee äänestä melua?

Jotta ymmärtäisimme mistä puhutaan pitää ensin ymmärtää, mikä tekee äänestä melua.

Melu on määritelty ääneksi, joka on ei-toivottua / ärsyttää kuulijaa. Ja joka häiritsee keskustelua. Määritelmä esim. /9/ 3 artikla "Määritelmät".

Lentokentän ja lentokoneiden melussa ainakin seuraavat tekijät vaikuttavat häirinnän laatuun ja miten se koetaan:

- äänen voimakkuus ja taajuus;
- ajankohta (kello ja viikonpäivä);
- äänitapahtuman kesto ja miten voimakkuus kasvaa ja vähenee;
- lentokenttää käyttävien lentokoneiden tyyppi ja lentoreitit;
- lentokenttää ympäröivän alueen käyttötarkoitus;
- muut äänenlähteet, kuten muu liikennemelu, teollisuus jne.

Tässä on jo muuttujia melkoisesti. Äänitason määrän muuttamiseksi lukuarvoksi on käytössä noin 25 eri menetelmää. Ilmailussa käytössä on lähinnä seuraavat viittä menetelmää lentomelun arvottamiseen.

Näitä ovat:

- dB(A), joka arvottaa äänenpaineen A painotuksella dB(A) asteikolle. Yleisilmailun ilma-alusten tyyppihyväksynnän melurajat on määritelty tällä asteikolla /3/,
- EPNdB (sanoista "effective perceived noise level") joka on painotus, jolla liikennelentokoneiden tyyppihyväksynnän melurajat on määritelty /3/,
- SEL (sanoista "single event level"), jolla annetaan yhden melutapahtuman, kuten lentokoneen yllilennon, lentoonlähdon tai laskeutumisen meluarvon tietyssä pisteessä maastoa. Tässä otetaan huomioon myös kesto.
- L_{MAX} , $L_{AS_{max}}$ on yhden melutapahtuman suurin (hetkellinen) äänitason arvo.
- L_{DEN} is äänienergian laskentapainotus, jossa ilta ja yö aikaiselle äänitapahtumalle annetaan 5 dB(A) (ilta) tai 10 dB(A) (yö) lisärasite.
D= day on 07-18 paikallista aikaa, E = evening on kello 18 – 22 paikallista aikaa ja N = night on 22 – 07 paikallista aikaa.
Tässä kaikki äänitapahtumat (annetussa ajassa) lasketaan yhteen ja äänienergia jaetaan annettuun aikajaksoon. L_{DEN} arvoja on vain yksi koko vuorokaudelle. Tämä on EU direktiivin 2002/49/EY mukainen vertailuarvo.
- $L_{Aeq(7-22)}$ dB(A) on ekvivalentti äänitaso (keskiäänitaso) aikajaksolle kello 7 -22 paikallista aikaa. Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista /8/ käyttää tätä yksikköä.
- $L_{Aeq(22-7)}$ dB(A) on ekvivalentti äänitaso (keskiäänitaso) aikajaksolle kello 22 07 paikallista aikaa, eli yöaika /8/

Suomessa Valtioneuvoston ohjearvot (993/1992) ovat tällä tavalla annettuja rajoja ($L_{Aeq(7-22)}$ dB(A) ja $L_{Aeq(22-7)}$ dB(A)). Ja koska näissä on eri raja-arvot päivä ja yö arvoille sitä ei voida verrata L_{DEN} arvoon

Aikapainotus: Enimmäistasossa (L_{MAX}) käytössä kolme eri aikapainotusta S, F, I. Kirjainlyhenteet S = slow, F = fast I = impulse.

I (impulse) on ääni, jossa on enintään 1 s kestäviä ja toisistaan selvästi erottuvia meluhuippuja. Käytetään erityisesti lyhyiden, voimakkaiden ääni-impulssien, kuten räjähdysten tai iskumelun arviointiin.

F (fast), käytetään lyhytkestoisten äänipiikkien mittaamiseen, kuten iskuäänet, laukaukset tai lyhyet koneäänet.

S (slow) asetuksen sijaan voidaan käyttää 1 sekunnin keskiäänitasoa. Sitä käytetään tässä.

2 Luonnon äänet

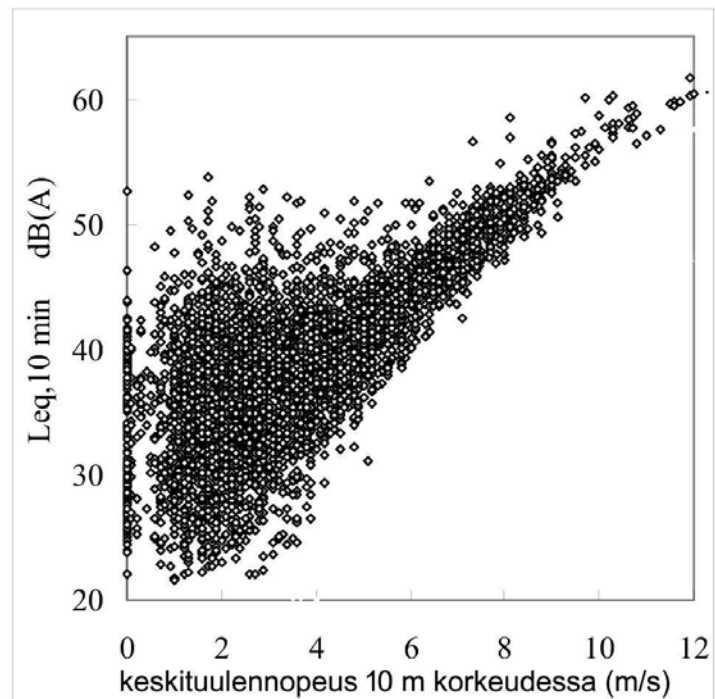
Teknisesti ääni (tai melu) on ilmassa liikkuvia paineaaltoja. Joita ihmisen korvat ovat oppineet tulkitsemaan äänenä ja käyttämään kommunikoinnin välineenä. Myös suuri osa maaeläimistä käyttää ilman välittämiä paineaaltoja keskinäiseen kommunikointiin. Ihmisen korvat ja aivot ovat kehittyneet myös erittelemään äänimassasta osia hyvinkin tehokkaasti. Vaikka taustamelu olisi melkoinen, me pystymme poimimaan toisen ihmisen puheen siitä, vaikka puheen voimakkuus olisi hiljaisempi kuin taustamelu. Tämä toimii myös ei-toivottuihin ääniin, pystymme poimimaan äänten joukosta (esim. ärsyttävät) erilaisen äänen ja tunnistamaan sen.

Luonnossa myös luonnonilmiöt synnyttävät paineaaltoja. Kun tuuli puhaltaa, syntyy esteiden (kuten puut) ympärille turbulenssia, joka on paineaaltoja. Tuulen kiihtyessä myös turbulenssin äänen voimakkuus kasvaa.

Seuraava kaavio on lähteestä /1/, jossa oli tutkittu tuulivoimalan melua. Kuvan mittaustulos on pitkäaikainen yleismelutaso (ilman tuulivoimalaa) mitattuna 10 m korkeudessa. Vasen asteikko on äänenpaineen arvo 10 minuutin keskiarvona.

Mittauksen taustäänessä on mukana ihmisen tekemiä ääni, joita ei voida välttää. Mittaukset tehty Hollannissa kuvien perusteella melko avoimella paikalla. Lisäksi eläinten äänet (kuten lokit) ovat syynä osaa suuremmista mittauspisteistä.

Tuulen äänitasoon vaikuttaa puusto, Suomessa kesällä tuulääni on voimakkaampaa, koska lehtipuissa on lehdet.



Kun Nummelan keskituuli on noin 3-4 m/s voidaan arvioida, että luonnon äänet Nummelassa ovat keskituulella noin tasolla 40 dB, kesällä enemmän, talvella vähemmän.

Mallinnus oli tehty ilman puuston vaimennusta, jotta puuston muutokset eivät aiheuttaisi uudelleen mallinnusta. Mallinnus oli siis pahin mahdollinen tilanne vaimennuksen suhteen. Äänitaso on mallinnettuna lentokentän korkeudella, todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästäkin tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.

Puusto vaikuttaa myös äänen vaimenemiseen. Mutta tätä ei alun perinkään ollut melumallinnuksessa mukana. Tämä oletus helpottaa muutosten hallintaa, kun vaimennusta ei ole mukana, puuston muutokset eivät aiheuta päivitystarvetta.

3 Äänen voimakkuuden asteikko

Äänitason mittaamisessa on otettava myös ihmisen fysiologia huomioon. Sama äänenpaine (paineyksiköissä) kuulostaa voimakkuudeltaan erilaiselta, jos sen taajuus on erilainen. Tämän arvioimiseksi on kehitetty äänitason mittauksen painotus. Ja yleisin on ns. A painotus. Painotus perustuu 1933 tehtyihin mittauksiin /2/, jossa joukko ihmisiä arvioi miten eri taajuiset äänet kuulostavat. Painotus toimii edelleen varsin hyvin, mutta sen puutteena pidetään, että se toimii hyvin vain hiljaisilla äänentasoilla. Myöskin on muistettava, että se on joukolla ihmisiä saatu keskimääräisesti edustava tulos. Yksilöeroja eri ihmisten välillä on. Havainnot uusissa tutkimuksissa paljastaa, että ihmisten välillä on jopa 10-15 dB eroja erityisesti matalilla taajuuksilla (jota lentomelu on).

Oheisessa kuvassa sininen käyrä on A painotus käyrä. Ihmisen korva on monimuotoinen instrumentti, jonka tarkka kuvaus yhdellä painotuskäyrällä on lähes mahdoton tehtävä.

A-painotus on puutteista huolimatta käytössä lähes yksinomaan kaikissa rajoituksissa mitä äänitasosta on säädetty.

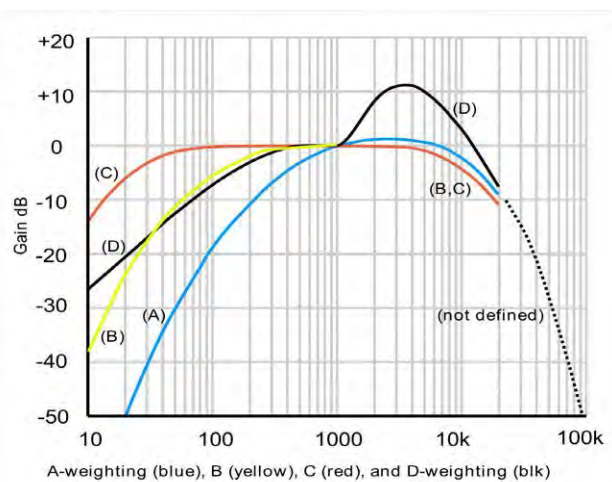
Äänitason yksikkö desibelin asteikko on logaritminen. 3 dB ero tarkoittaa kaksikertaistumista.

Logaritminen asteikko tarkoittaa myös yhteenlaskussa normaalista aritmetiikasta eroavaa tulosta /10/, esimerkiksi:

$$60 \text{ dB} + 60 \text{ dB} = 63 \text{ dB}, \text{ ja } 80 \text{ dB} + 80 \text{ dB} = 83 \text{ dB}$$

eri suuria ääniä yhteen laskettaessa suurempi dominoi. Esimerkiksi:

$$60.0 \text{ dB} + 70.0 \text{ dB} = 70.4 \text{ dB}.$$



4 Mitä

Katsellaan vaikka yhtä Suomen yleisintä pienlentokonetta, tyyppiä Ikarus C42.



Sen tyyppitarkastus asiakirjoista selviää, että lentokoneen hyväksynnässä mitatuksi äänitasoksi on saatu:

60,0 dB(A) /4/.

Verrataan tätä hieman suurempaan lentokoneeseen, tyyppiä Cessna C152.



Sen tyyppihyväksynnän äänitaso on: 55,0 dB(A) /5/.

Tarkoittaako tämä, että Ikarus on 5 dB(A) meluisampi kuin Cessna?

Ei tarkoita, koska koneiden tyyppihyväksyntä perusteet, ja sen takia melumittausmenetelmä on erilainen. Samalla tavalla mitattuna Ikarus on noista kahdesta hiljaisempi.

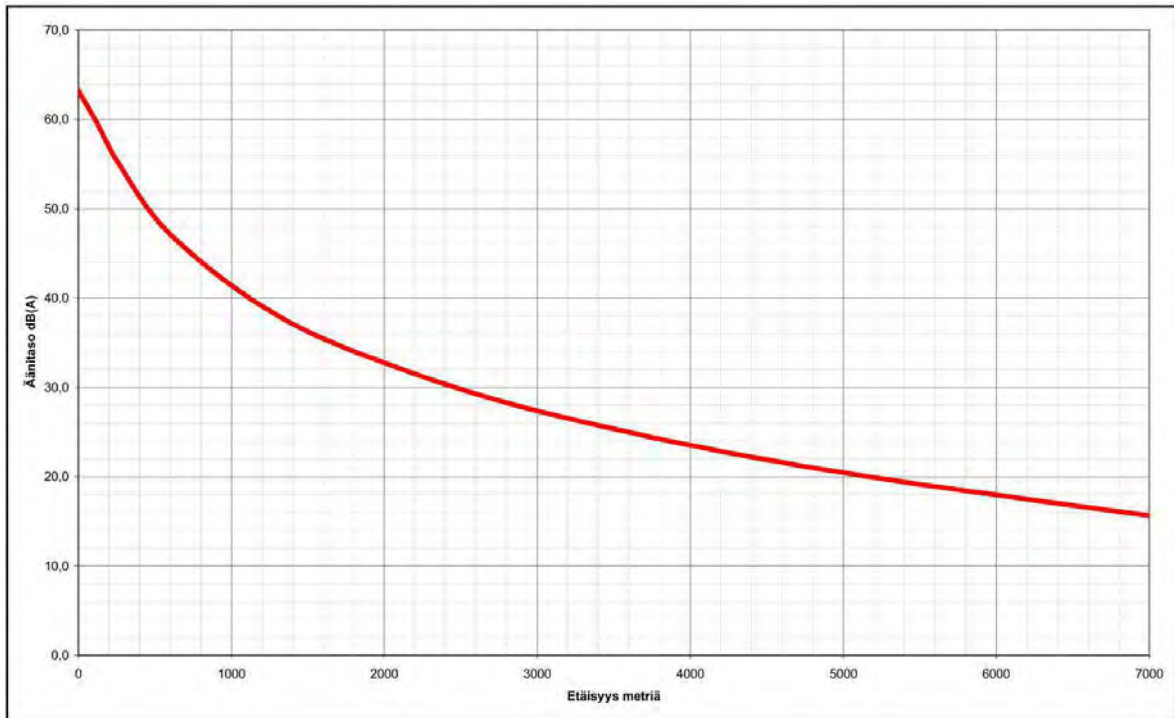
Lentoonlähdössä suoraan lentoreitin alla, kun koneen lentokorkeus on 122 metriä, Ikaruksen maksimi äänitaso on 73,2 dB(A) ja Cessnalla se on 75,8 dB(A). Tuon korkeuden kumpikin kone saavuttaa noin 2 km lentoonlähdön aloittamisesta. Ja oikeasti Ikarus on tuossa kohtaa korkeammalla, joten samasta maaston pisteestä sen äänitaso on tuotakin arvoa pienempi.

Jos olisit laskeutuvan koneen alla, Ikaruksen alla äänitasomittarin huippuarvo olisi noin 52,8 dB(A) ja Cessnalla 56,8 dB(A).

Tarkastellaan yhtä lentokonetta eri kohdista maanpinnalla. Lentokone lentää yleensä niin korkealla, että se näkyy metsän yms. yläpuolella. Eli kuuntelijalla on suora näköyhteys koneeseen. Tällöin ei metsä tms. vaimenna ääntä. Tilanne on siis melun kannalta pahin mahdollinen.

Arvioidaanpa miten vaakalennossa liikkuva Ikarus C42 meluaa. Lentokorkeus olkoon sääntöjen sallima minimi 150 m. Kone lentää tyypillisellä matkalentoasetuksella tyynellä säällä.

Suoraan alapuolella äänitasomittarin maksimiksi tulee 63,3 dB(A), kauempana vähemmän.



Noin kilometrin päässä yksittäisen lentokoneen ääni on suunnilleen hiljaisena päivänä luonnon taustamelun luokkaa. Kun tunnistettavan äänen, jota lentokoneen ääni on, taso vaipuu alle taustamelun äänitason, se on edelleen tunnistettavissa, mutta äänitasomittarissa sen vaikutus häviää nopeasti havaitsemattomaksi.

5 Eräs mittaus

7.9.2023 suoritettiin Nurmijärvi-Savikon lentopaikalla äänitasomittaus. Päivä oli sään suhteen ihanteellinen, täysin tyyni koko päivänä. Mittauksen tarkoitus oli verrata sitä aiemman ympäristöluvan liitteenä olleeseen mittaukseen.

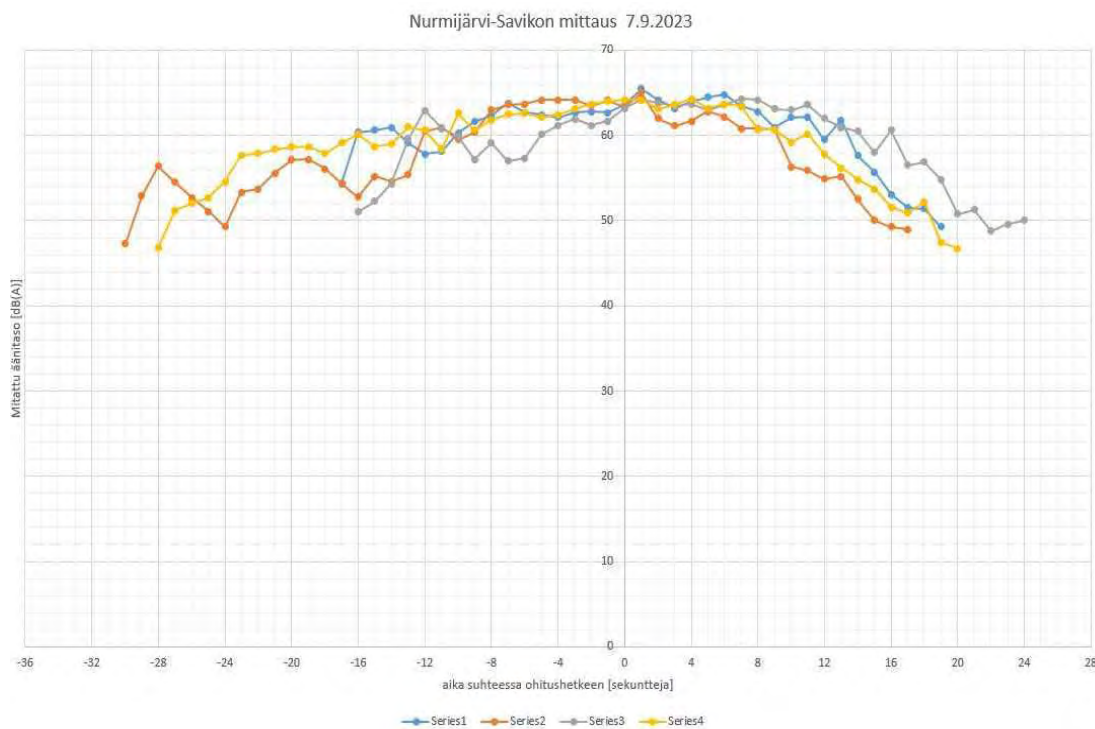
Mittaus tehtiin aikaisemman mittauksen (2010) paikoista ja samalla lentokoneella. Paikkoja oli kolme ja lentokone OH-PAE tyypiltään Piper PA J-3.

Täydellinen tyyni ilma mahdollisti mittauspaikalta 1,5 km päässä olevan moottoritien liikenteestä yksittäisten autojen tunnistamisen.

Helsinki-Vantaan lentoasemalle (joka on 23 km päässä) laskua tekevät liikennekoneet, jotka ko. kohdassa ovat noin 600 metrin korkeudessa tehoasetuksen ollessa pieni, aiheuttivat niin paljon ääntä, että niistä äänitaso oli sellainen, että ko. mittaus piti hylätä. Tämä liikennekoneen (Airbus?) äänitaso ja sen ero mittauskohteeseen oli vähemmän kuin 10 dB.

Ohessa tulokset mittauspisteestä B, joka sijaitti 1000 m lähtöpisteestä 130 metriä kiitotien keskilinjalta sivussa.

Oheisessa graafissa on neljän mittauksen tulokset. Mittapisteitä oli sekunnin välein, sekunnin aikavakiolla. Tuloksiin rajattiin ne mittapisteet, joissa tulos oli pysyvästi suurempi kuin huippuarvo miinus 10 dB. Mittapisteiden arvot muutettu laskennallisesti vastaamaan samaa ohitusetäisyyttä 179,4 m. Ohitusetäisyyksien keskihajonta oli vain 14,9 m, joka on erittäin pieni hajonta.



Varsin hitaan ohilentävän lentokoneen ääni on 10 dB ikkunassa noin 30 sekuntia. Tämä aika riippuu tietenkin lentokoneen nopeudesta.

Nummelan kentän kalustosta tämä vastaa hitaampaa luokkaa. Tuo mittaus etäisyys on melko tarkkaan sama kuin kenttäalueen puuston reunasta reunaan etäisyys.

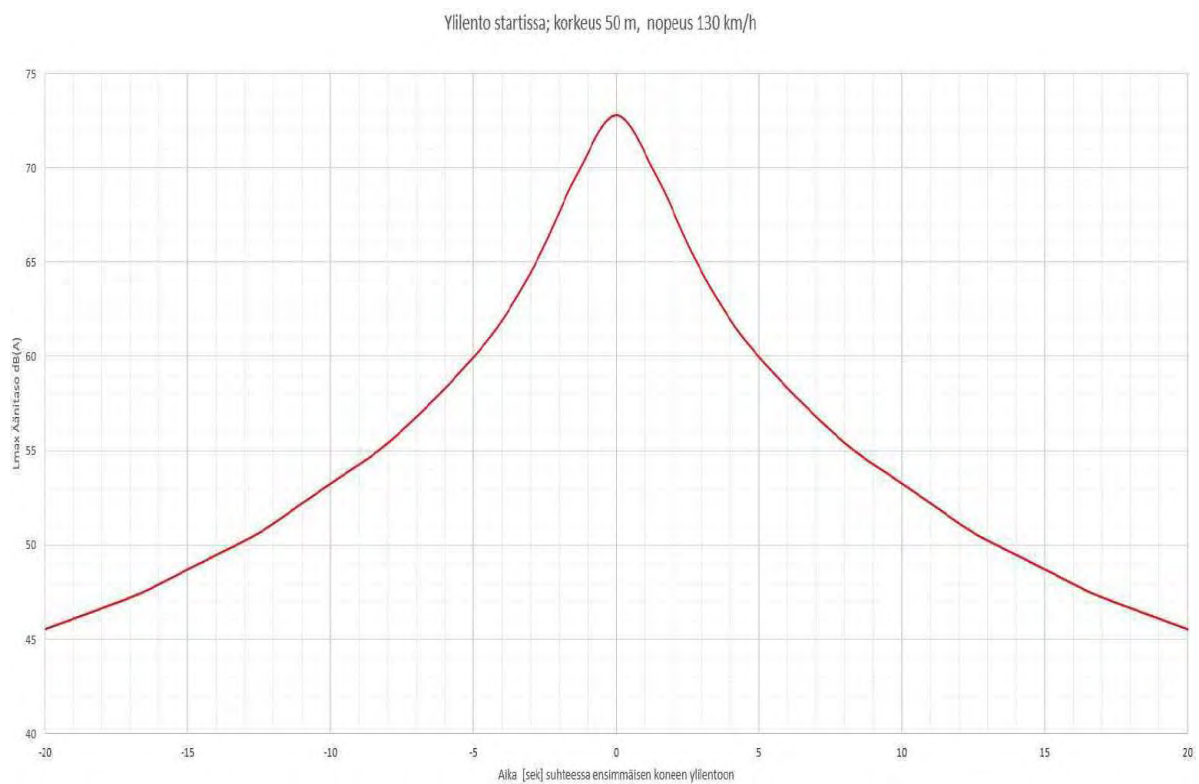
6 Yhteensä

Kun yhdistetään edelliset käytäntöön, saadaan seuraava analyysi.

Lentokone:	Ikarus C42
lennonopeus nousussa	130 km/h
Arviointi pisteessä korkeus	50 metriä

Ko. lentokone on tyynellä tuossa korkeudessa 1133 metrin päässä lähtökiidon aloituksesta. Eli lentoonlähdössä Nummelan kiitoradalla 22 juuri kiitoradan loppumiskohdalla.

Suoraan kiitoradalla, eli lentokoneen alapuolella huippuäänitaso LAS_{max} arvot suhteessa ylityshetkeen ovat:

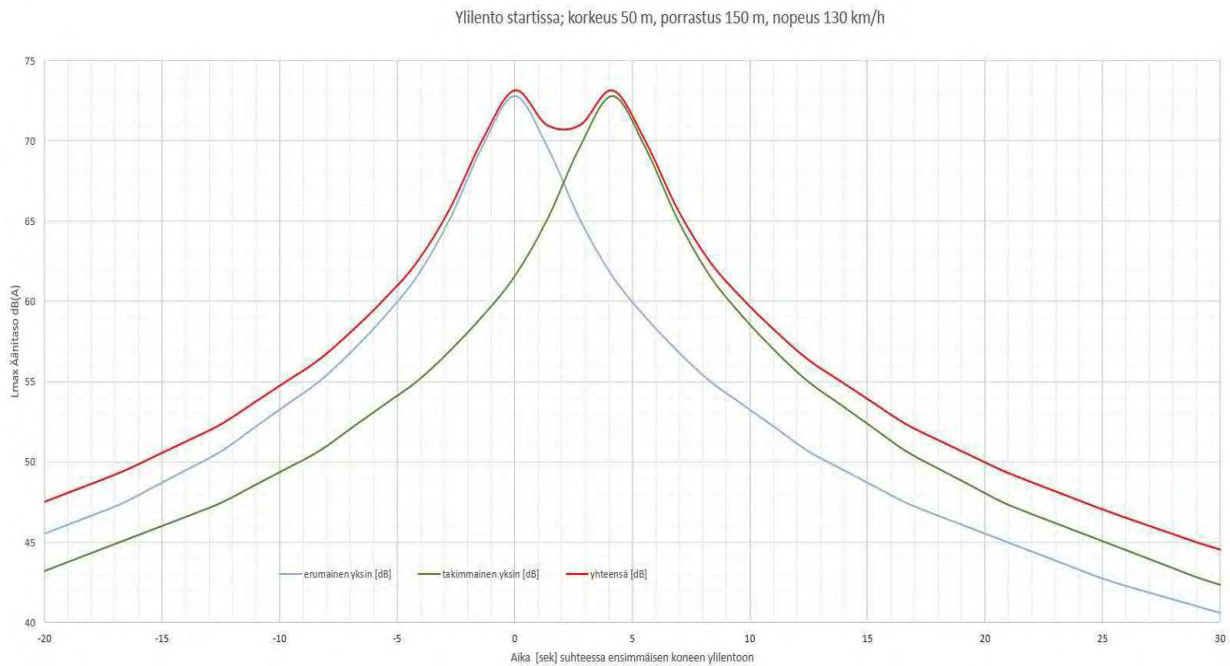


Suurin arvo on 72,8 dB(A) ja aika, jolloin arvo ylittää -10 dB(A) maksimista, on noin 6,5 sekuntia.

Tämä on yhden lennon huippuarvo. Jotta saadaan arvio, miten lentomäärien kasvaminen vaikuttaa, lasketaan seuraavaksi kahden peräkkäisen lennon huippuarvot. Kahden äänen yhteen laskeminen, katso kohtaa ”3. Äänen voimakkuuden asteikko” sivulla 4.

Normaalisti lentäjä ei lähde lähtökiitoon, ennen kuin edeltävä lentokone on päässyt lentokentän toiseen päähän. Eli Nummelassa noin 1000 metrin päähän. Tämä on myös turvallisuus tekijä. Lentokoneen siivet jättävät ilmaan jättöpyörteen, johon osuminen voi aiheuttaa vaaratilanteen.

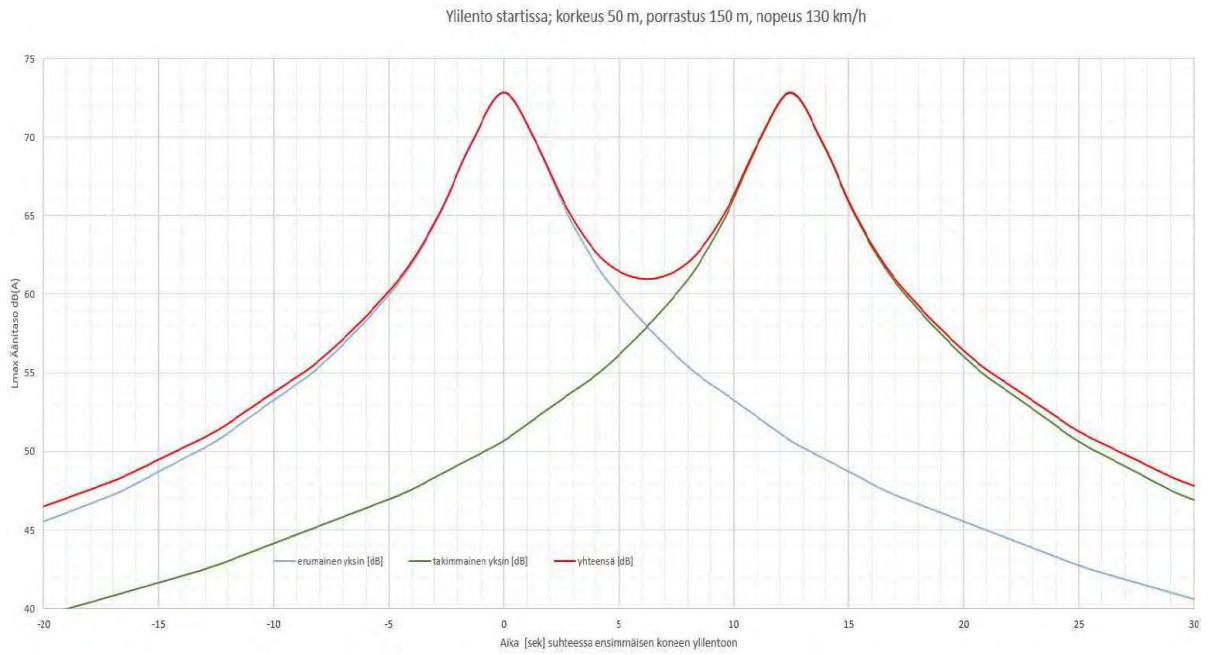
Mutta lasketaan ensin tilanne, jossa seuraava lentokone lähtisi heti kun edeltävä on irronnut maasta, eli se seuraisi ensimmäistä lentokonetta noin 150 metrin etäisyydellä.



Suurin arvo on 73,1 dB(A). Maksimi kasvasi noin 0,3 dB(A). Vertailuksi, sanotaan että pienin äänen voimakkuuden ero, jonka ihminen pystyy havaitsemaan, on noin 2-3 dB. Jos ääni muuttuu suoraan voimakkaammaksi tai hiljaisemmaksi. Harjaantunut kuuntelija pysyy erottamaan 1 dB eron.

Käytännössä noin lähellä edellä menevää lentokonetta kukaan ohjaaja ei lennä lentoonlähdössä (tai laskussa). Lisäksi jos edeltävä kone lähtee kiitoradan päästä, seuraavan pitää rullata sinne ja kääntyä radan suuntaan ennen lähtöä. Siihen kuluu helposti 10-15 sekuntia, jos ohjaaja on hyvin ripeä.

Realistinen kahden lentokoneen ero voisi olla 450 metriä (eli 15 sekuntia), jolloin:



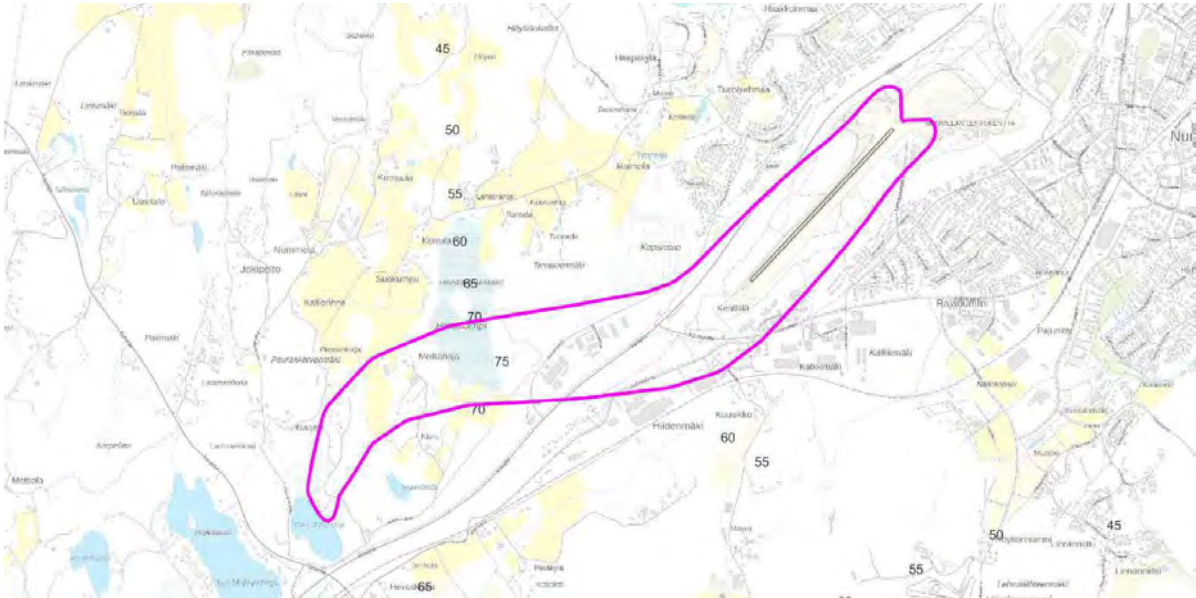
Jolloin maksimiarvo on 72,9 dB(A). Kun käytetään enemmän desimaaleja, ero yksittäiseen ylilentoon 0,03 dB(A).

Voidaan hyvin todeta, että lentojen määrä ei vaikuta L_{Amax} arvoon.

7 Äänen hetkellisyys

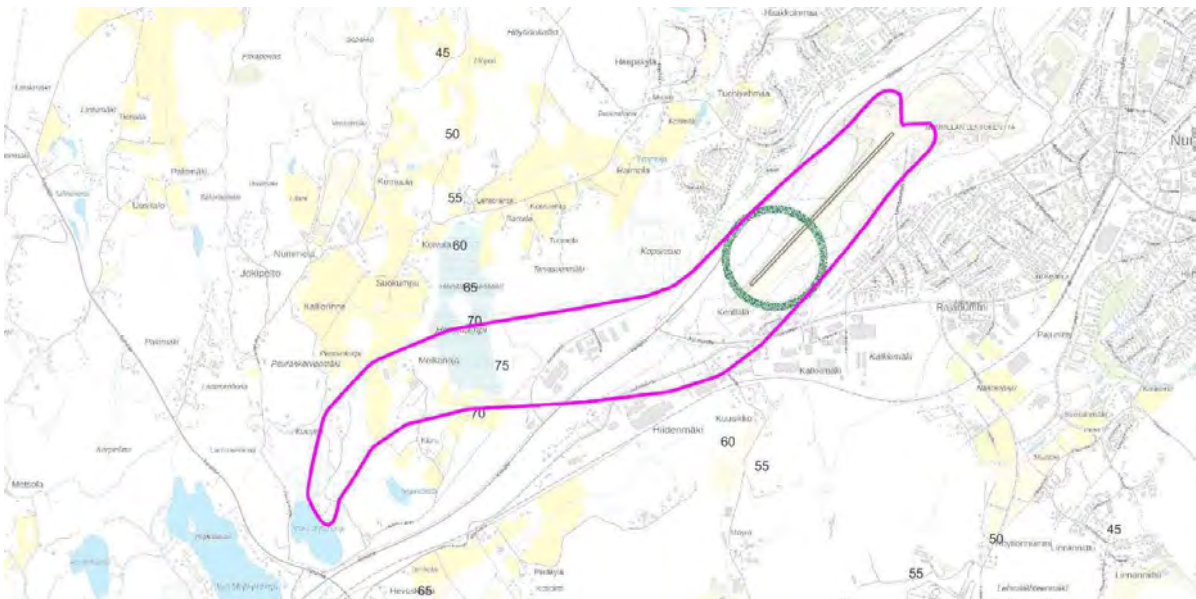
Vaikka myöhemmin on esitetty huippuäänentason karttoja, niitä ei voi lukea, että alueella vaikuttaisi huippuäänentaso koko ajan.

Otetaan esimerkiksi Hinauslennon startti radalla 22 ja tarkastellaan L_A_{max} 70 dB(A) esitystä.



Äänitaso ei ole koko ajan >70 dB tuolla alueella. Vaan yksittäisessä ajanhetkessä 70 dB vallitsee vain alla olevan kuvan vihreän ympyrän kohdalla, jonka keskipisteen paikka voi olla mikä tahansa piste lentoreitillä. Ääni leviää liikkeellä olevasta lentokoneesta melko tarkkaan yhtäläisesti joka suuntaan. Helikopterien ääni on epäsymmetrinen.

Ja tuo ympyräalue liikkuu lentonopeuden mukaisella vauhdilla reittiä pitkin. Eli punaisen reunaviivan kohdalla äänitaso on 70 dB vain ohimenevän silmänräpäyksen ajan. Suoraan lentoreitin alla äänitaso ylittää 70 dB vain 7,8 sekunnin ajan.



7 Lentoreitit

Lentokoneen reitti ei ole suora viiva. Ei edes tilanteessa, jossa lentäjä pyrkii lentämään paikasta A paikkaan B lyhintä reittiä. Todellinen reitti kiemurtelee aina hieman, ja tavallisen lentäjän 100 km matkalennolla todellisuus voi olla 5-10 km suoran viivan sivussa ennen kuin lentäjä edes havaitsee sen.

Kaikki vapaa ilmatila on sallittua lentoreititysalueita.

Normaalisti lentäjät väistävät julkaistua lentokenttää, koska lentosääntöjen, SERA 3210 /11/, mukaan lentäjän on väistettävä nousevaa tai laskevaa toista lentokonetta. Tämä sääntö iskostetaan niin perusteellisesti peruskoulutuksessa, että useimmat lentäjät väistävät lentokenttää, vaikka tiedossa ei olisikaan yhtään lentokonetta, joka olisi laskemassa tai nousemassa.

Voidaan siis todeta, että olemassa oleva lentokentän yli lentävä lentoliikenne vähenee verrattuna tilanteeseen, jossa lentokenttää ei olisi. Vähentäen siis paikan melukuormaa.

Mitään sovittua tapaa arvioida ohi/yli lentävän lentoliikenteen aiheuttamaa äänitasokuormaa lentopaikan lentomelua arvioitaessa ei ole. Mutta lähistön asutuksella se helposti mielletään samaan nippuun itse lentokentän oman liikenteen kanssa.

Nummelan kentän ja Vihdin keskustan yli on reititetty Helsinki-Vantaan saapuvia ja lähteviä vakio menetelmiä. Nämä on esitelty äänitasomallinnuksen kohdassa 4.4.

8 Huippuäänitasot eri tilanteissa ja eri ilma- alus tyypeillä

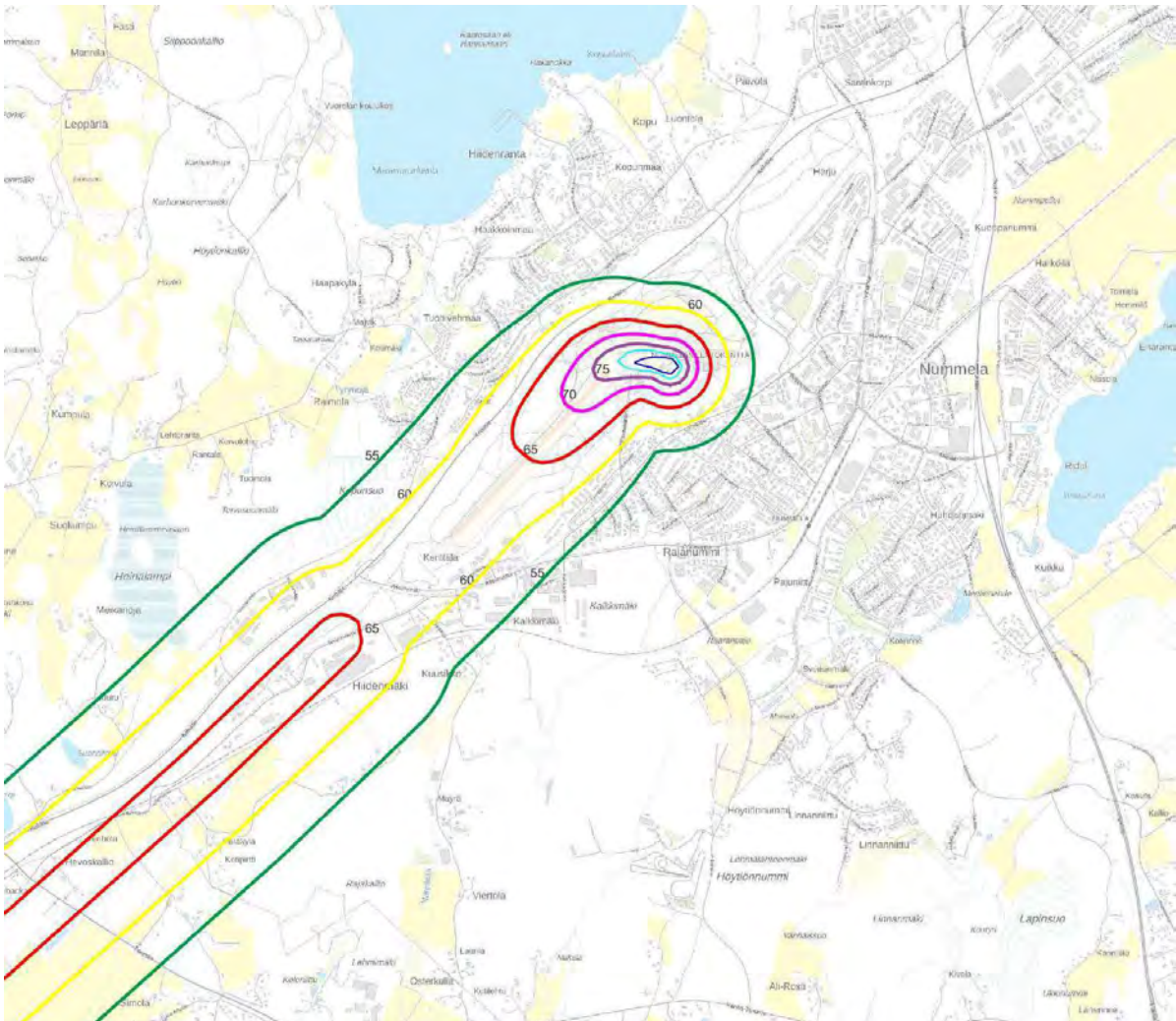
8.1 Helikopterit

8.1.1 Lentoonlähtö etelään

Mallinnus helikopterin lähtiessä etelän suuntaan. Tämä on hetkellinen huippuäänitaso, joka esiintyy vain lyhyen hetken. Numerot käyrissä on dB(A) arvo.

Helikopterin toimintatavan mukaisesti lentoonlähdön alussa moottoria lämmitetään ja nousun alussa helikopterin ollessa vähän irti maasta, sen moottori toimii täydellä teholla ja tämä vaihe kestää muutaman kymmenen sekuntia. Itse nousu (kiitoradan päällä) tapahtuu nopeasti ja huippuääni silloin on ohimenevä hetki, noin muutama sekunti. Keskiäänitasossa, jossa on mukana myös aika, suurin äänikuormitus tulee lennon alusta. Huippuäänien luonteen takia, tätä ei voi summata muiden huippuäänien kanssa.

Tässä laskelmassa ei ole puuston vaimennusta mukana, ja äänitaso mallinnettuna lentokentän korkeudella. Todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästä tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.

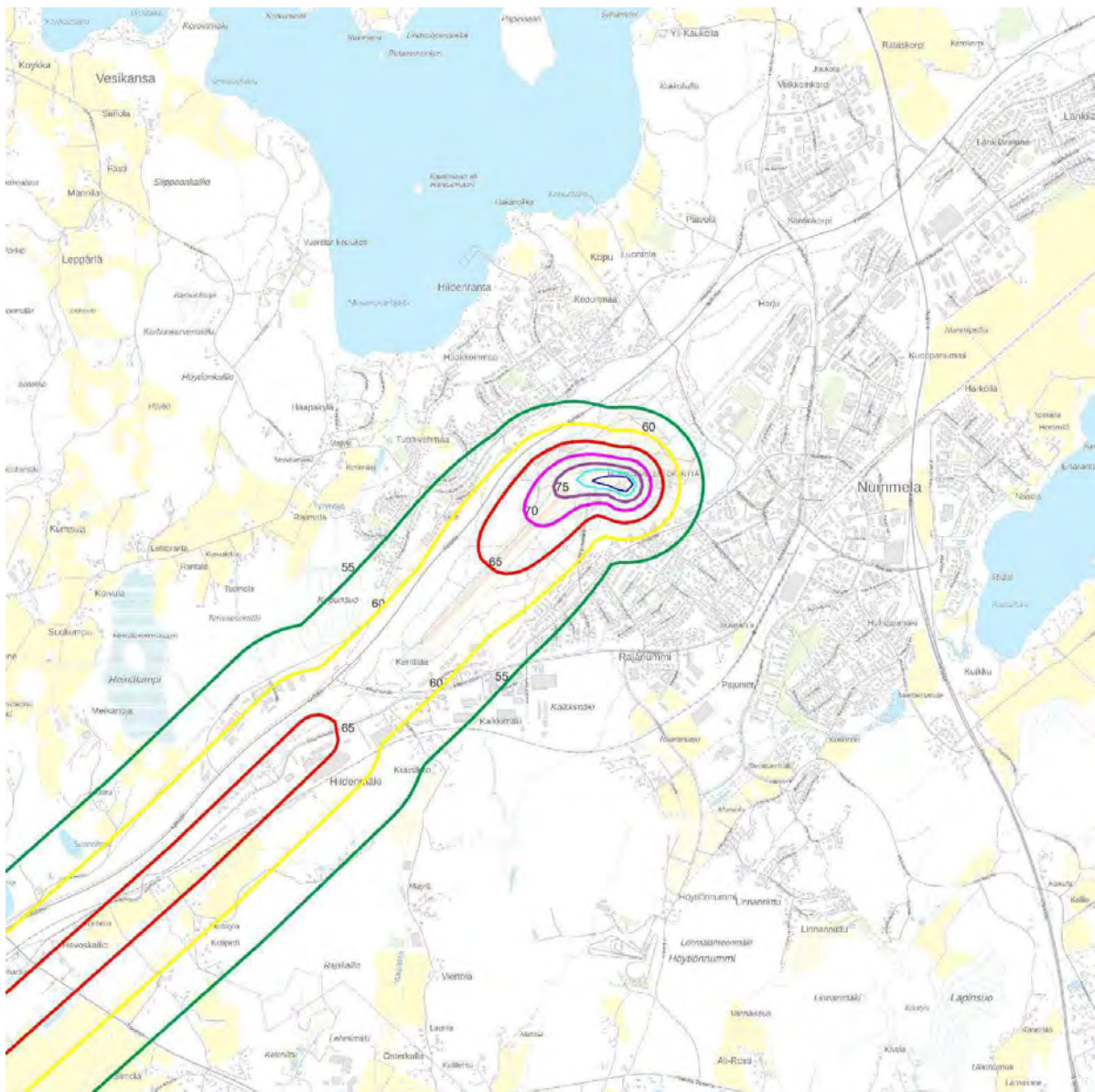


8.1.2 Laskeutuminen etelästä

Mallinnus helikopterin saapuessa etelän suunnasta. Tämä on hetkellinen huippuäänitaso, joka esiintyy vain lyhyen hetken. Numerot käyrissä on L_{Amax} dB(A) arvo.

Helikopterin toimintatavan mukaisesti lentoalähdön alussa moottoria lämmitetään ja nousun alussa helikopterin ollessa vähän irti maasta, sen moottori toimii täydellä teholla ja tämä vaihe kestää muutaman kymmenen sekuntia. Itse nousu (kiitoradan päällä) tapahtuu nopeasti ja huippuääni silloin on ohimenevä hetki, noin muutama sekunti. Keskiäänitasossa, jossa on mukana myös aika, suurin äänikuormitus tulee lennon alusta. Huippuäänien luonteen takia, tätä ei voi summata muiden huippuäänien kanssa.

Tässä laskelmassa ei ole puuston vaimennusta mukana, ja äänitaso mallinnettuna lentokentän korkeudella. Todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästä tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.

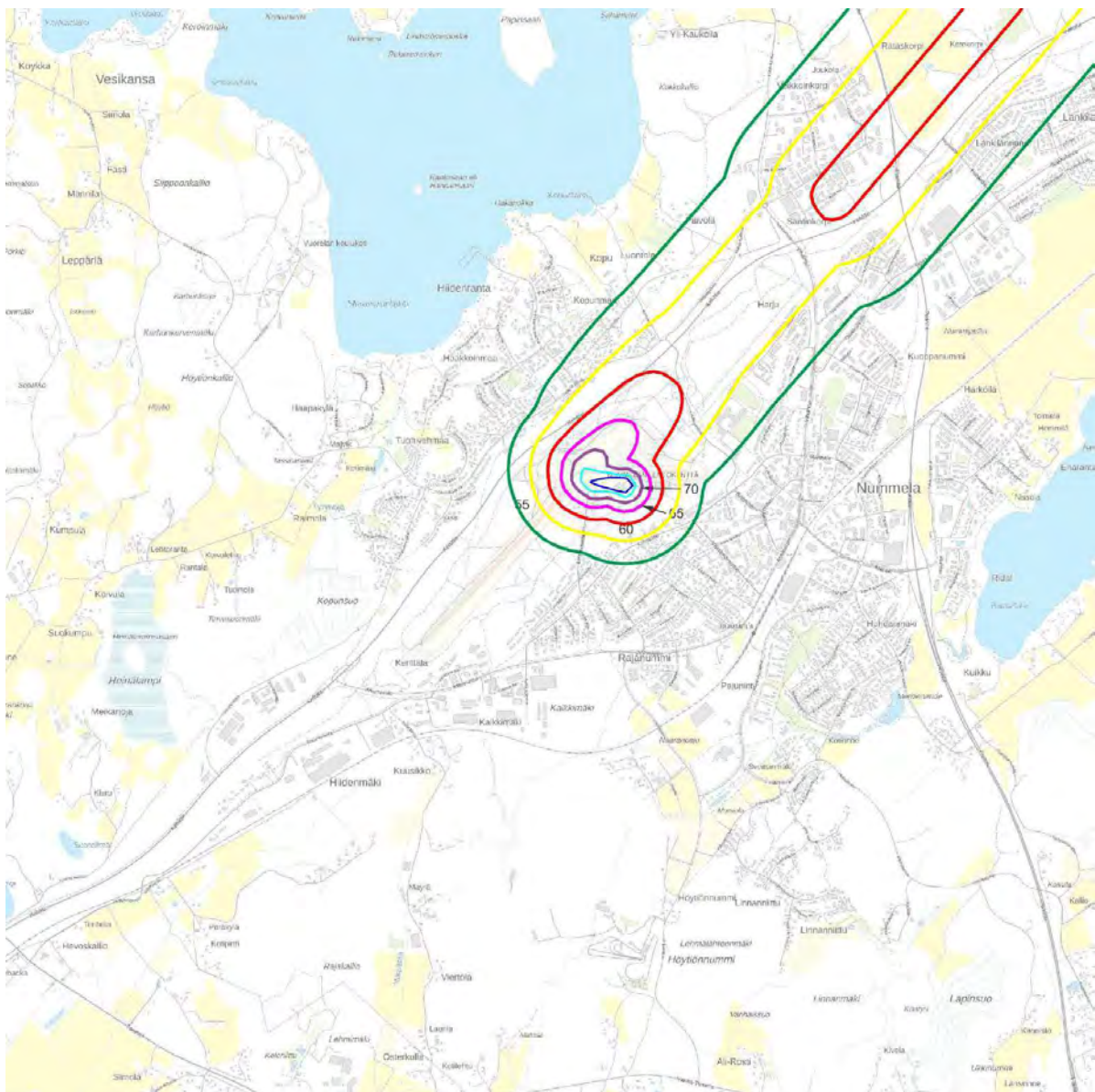


8.1.3 Lentoonlähtö pohjoiseen

Mallinnus helikopterin lähtiessä pohjoisen suuntaan. Tämä on hetkellinen huippuäänitaso, joka esiintyy vain lyhyen hetken. Numerot käyrissä on $L_{AS_{max}}$ dB(A) arvo.

Helikopterin toimintatavan mukaisesti lentoonlähdön alussa moottoria lämmitetään ja nousun alussa helikopterin ollessa vähän irti maasta, sen moottori toimii täydellä teholla ja tämä vaihe kestää muutaman kymmenen sekuntia. Itse nousu (kiitoradan päällä) tapahtuu nopeasti ja huippuääni silloin on ohimenevä hetki, noin muutama sekunti. Keskiäänitasossa, jossa on mukana myös aika, suurin äänikuormitus tulee lennon alusta. Huippuäänien luonteen takia, tätä ei voi summata muiden huippuäänien kanssa.

Tässä laskelmassa ei ole puuston vaimennusta mukana, ja äänitaso mallinnettuna lentokentän korkeudella. Todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästä tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.

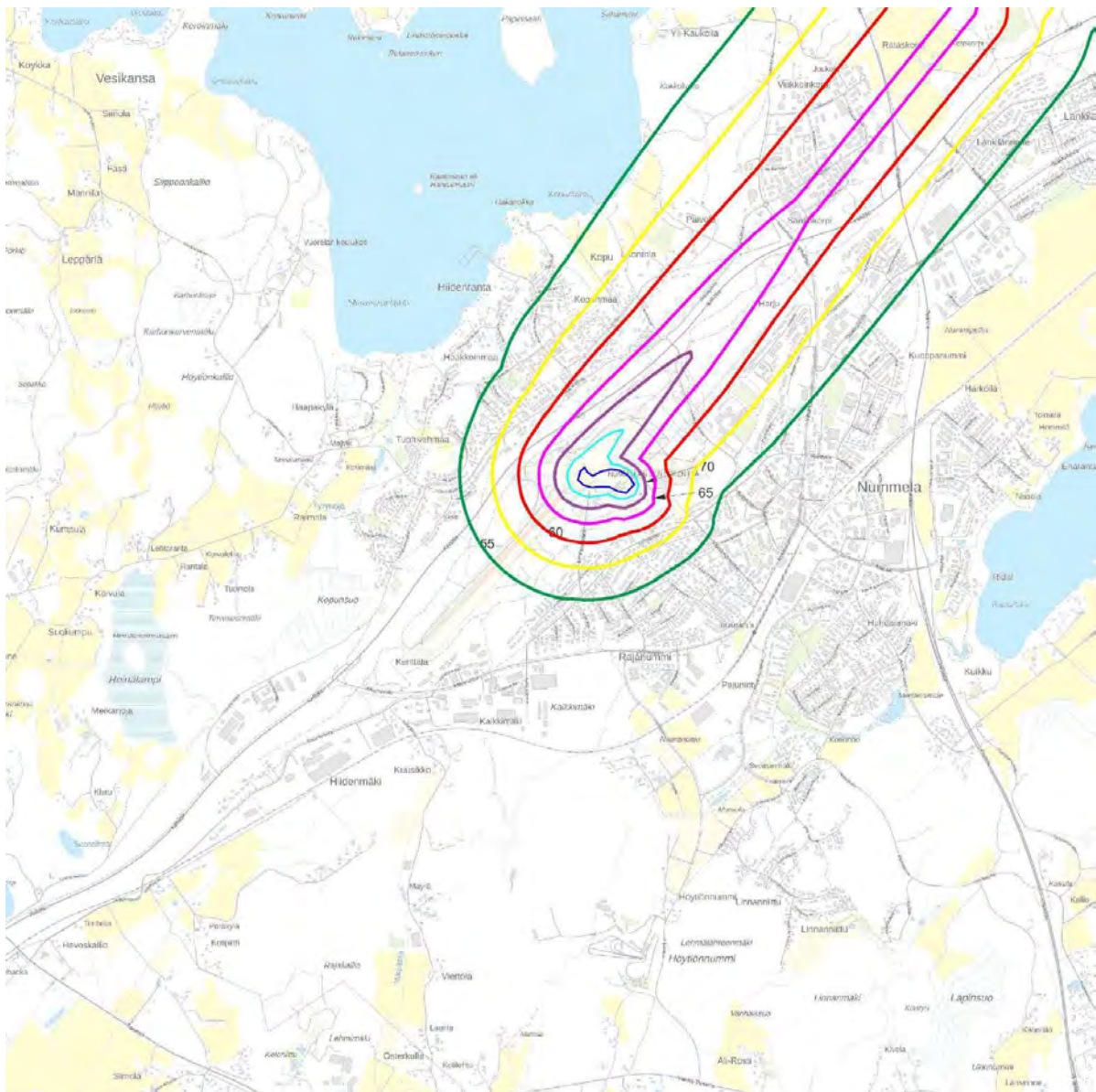


8.1.4 Laskeutuminen pohjoisesta

Mallinnus helikopterin saapuessa pohjoisen suunnasta. Tämä on hetkellinen huippuäänitaso, joka esiintyy vain lyhyen hetken. Numerot käyriä on L_{Amax} dB(A) arvo.

Helikopterin toimintatavan mukaisesti lentoalähdön alussa moottoria lämmitetään ja nousun alussa helikopterin ollessa vähän irti maasta, sen moottori toimii täydellä teholla ja tämä vaihe kestää muutaman kymmenen sekuntia. Itse nousu (kiitoradan päällä) tapahtuu nopeasti ja huippuääni silloin on ohimenevä hetki, noin muutama sekuntia. Keskiäänitasossa, jossa on mukana myös aika, suurin äänikuormitus tulee lennon alusta. Huippuäänien luonteen takia, tätä ei voi summata muiden huippuäänien kanssa.

Tässä laskelmassa ei ole puuston vaimennusta mukana, ja äänitaso mallinnettuna lentokentän korkeudella. Todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästä tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.



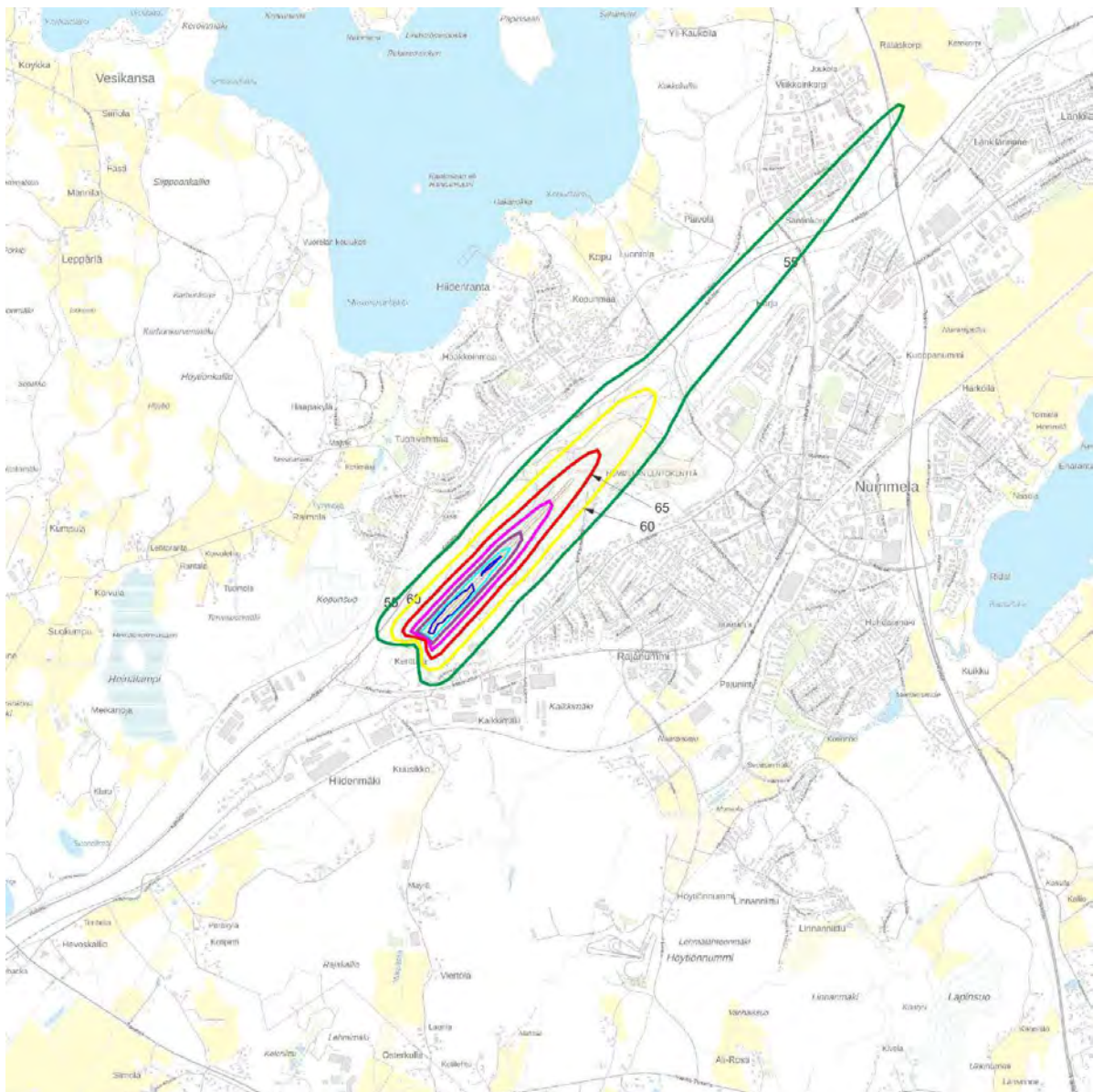
8.2 Ultrakeveät lentokoneet

Ultrakeveät ovat Nummelan lentopaikalla monilukuisin ryhmä. Ja myös hiljaisin ryhmä.

8.2.1 Lentoonlähtö kiitoradalta 04

Mallinnus ultrakeveän lentokoneen lähtiessä pohjoisen suuntaan kiitoradalta 04. Tämä on hetkellinen huippuäänitaso, joka esiintyy vain lyhyen hetken. Huippuäänien luonteen takia, tätä ei voi summata muiden huippuäänien kanssa. Numerot käyrissä on L_{ASmax} dB(A) arvo.

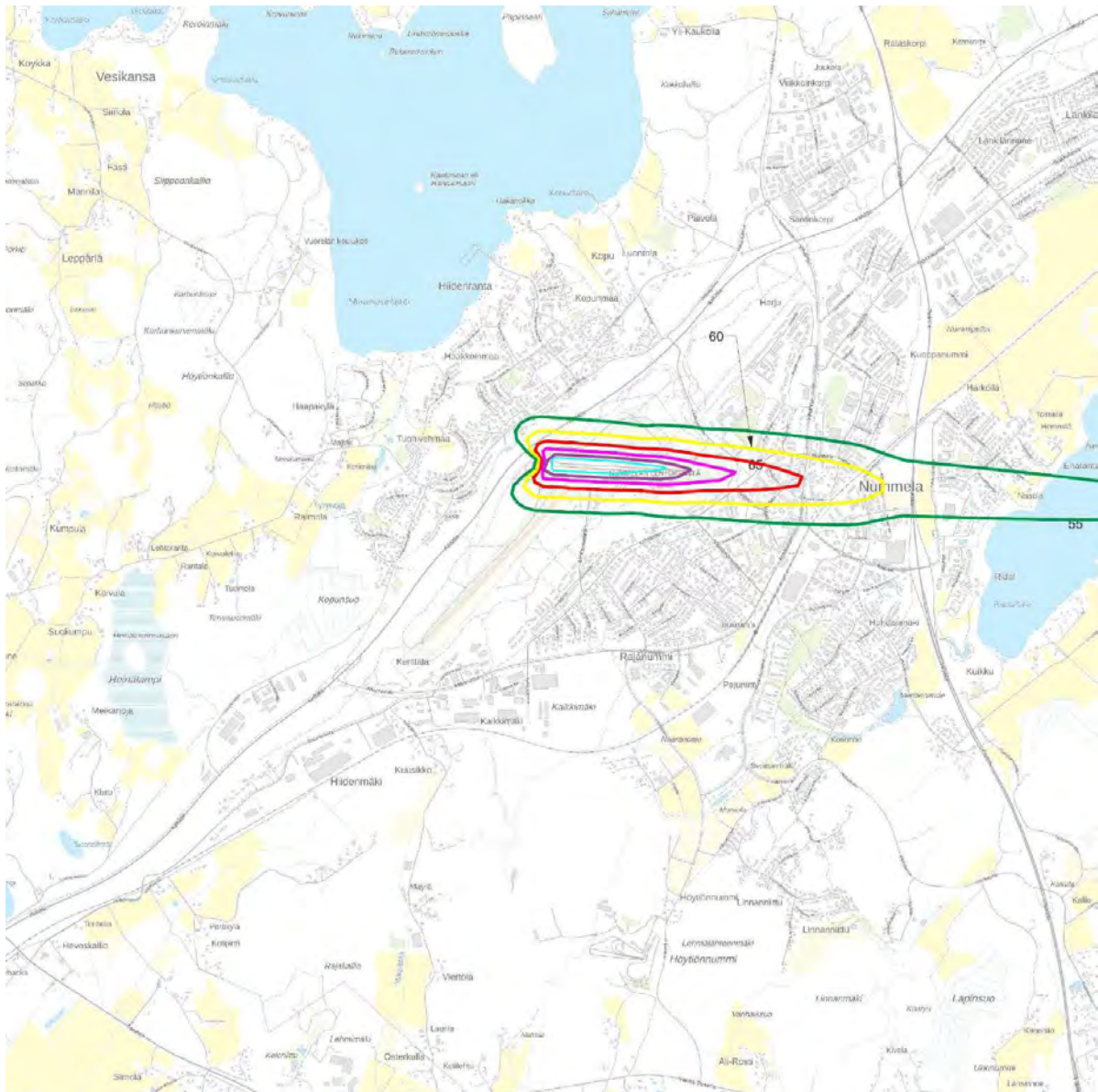
Tässä laskelmassa ei ole puuston vaimennusta mukana, ja äänitaso mallinnettuna lentokentän korkeudella. Todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästä tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.



8.2.2 Lentoonlähtö kiitoradalta 09

Mallinnus ultrakeveän lentokoneen lähtiessä idän suuntaan kiitoradalta 09. Tämä on hetkellinen huippuäänitaso, joka esiintyy vain lyhyen hetken. Huippuäänien luonteen takia, tätä ei voi summata muiden huippuäänien kanssa. Numerot käyrissä on LAS_{max} dB(A) arvo.

Tässä laskelmassa ei ole puuston vaimennusta mukana, ja äänitaso mallinnettuna lentokentän korkeudella. Todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästä tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.

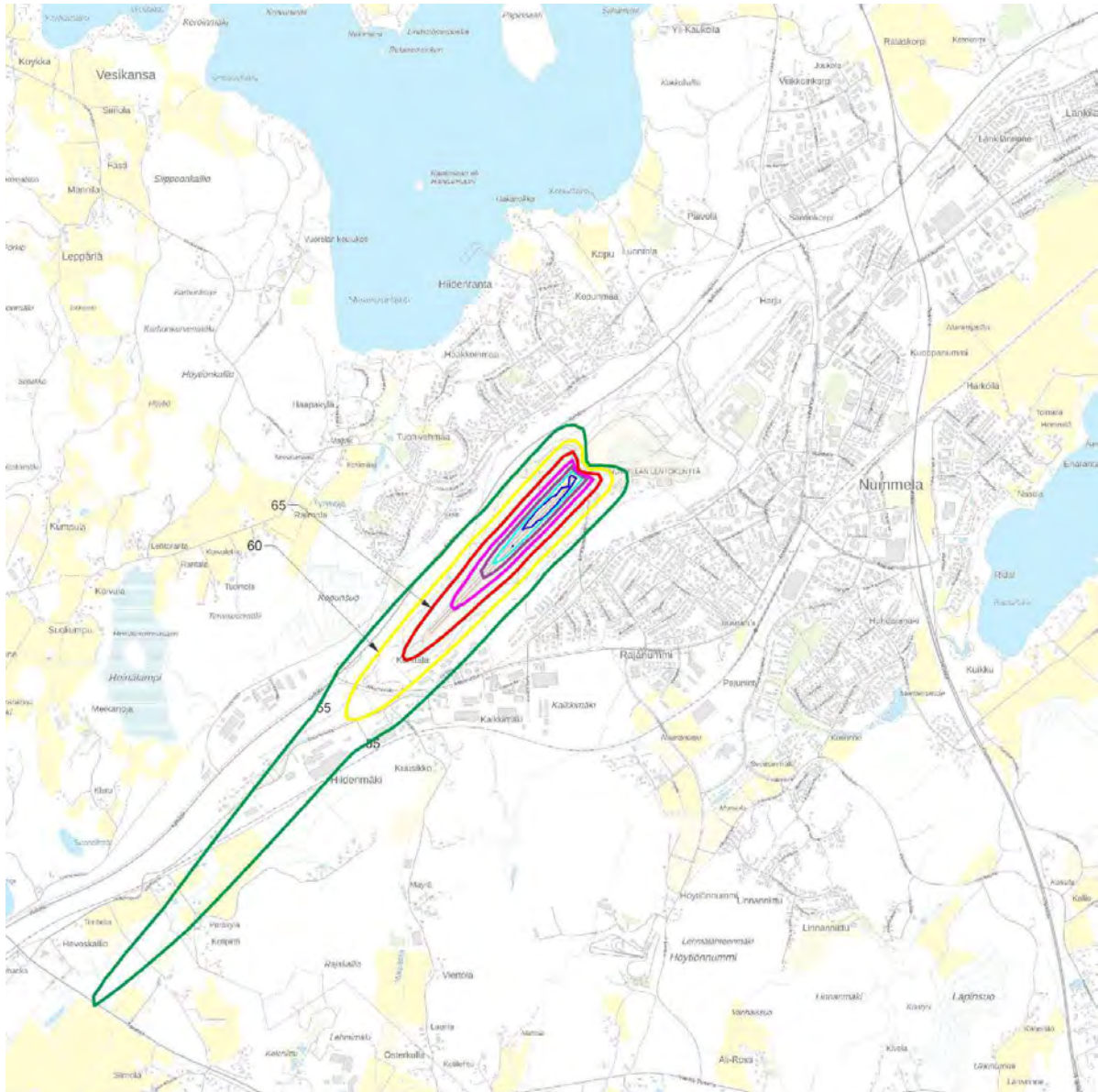


8.2.3 Lentoonlähtö kiitoradalta 22

Mallinnus ultrakeveän lentokoneen lähtiessä etelän suuntaan kiitoradalta 22. Tämä on hetkellinen huippuäänitaso, joka esiintyy vain lyhyen hetken. Huippuäänien luonteen takia, tätä ei voi summata muiden huippuäänien kanssa.

Numerot käyrissä on L_{Amax} dB(A) arvo.

Tässä laskelmassa ei ole puuston vaimennusta mukana, ja äänitaso mallinnettuna lentokentän korkeudella. Todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästä tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.

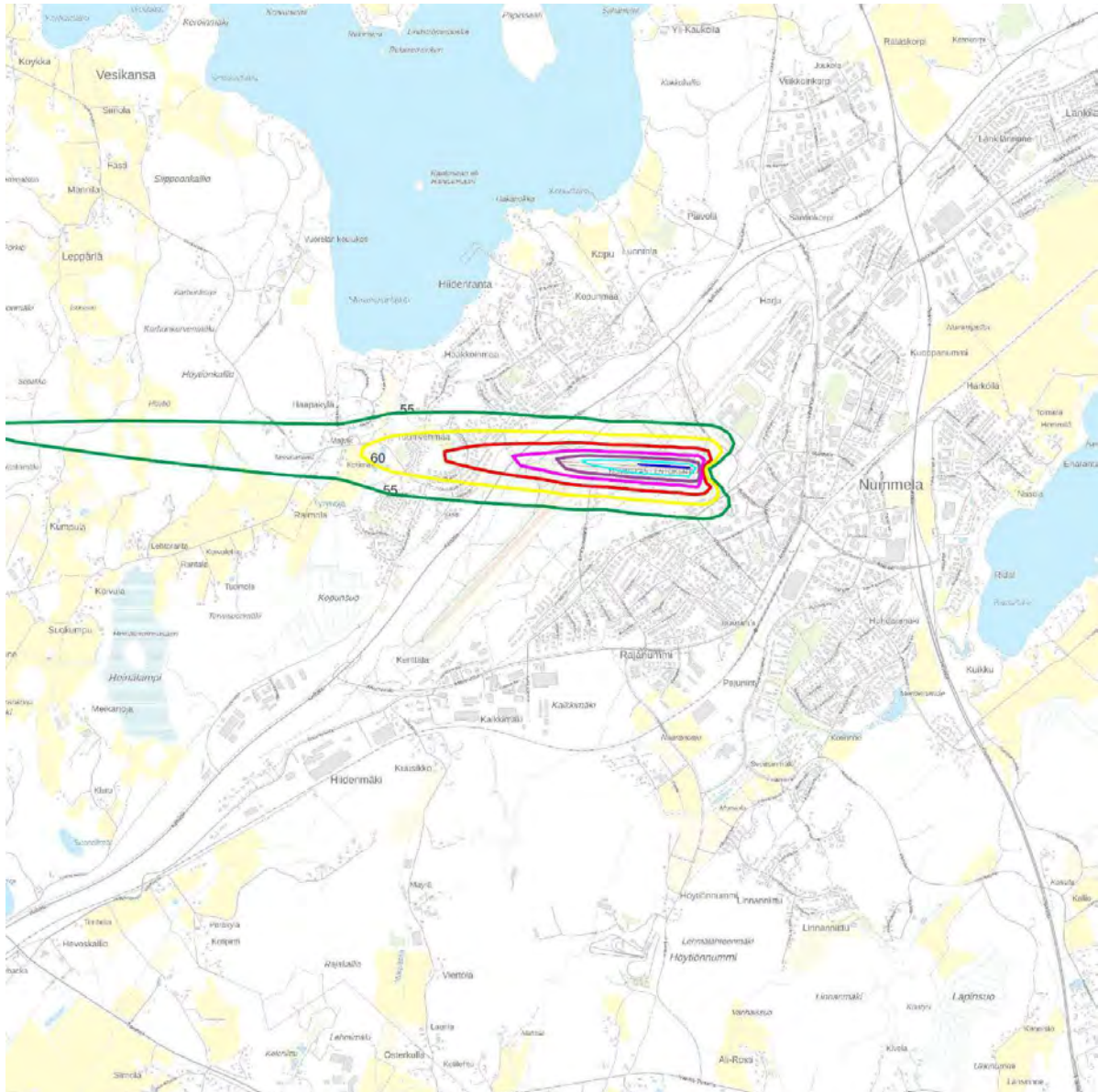


8.2.4 Lentoonlähtö kiitoradalta 27

Mallinnus ultrakeveän lentokoneen lähtiessä lännen suuntaan kiitoradalta 27. Tämä on hetkellinen huippuäänitaso, joka esiintyy vain lyhyen hetken. Huippuäänien luonteen takia, tätä ei voi summata muiden huippuäänien kanssa.

Numerot käyrissä on L_{Amax} dB(A) arvo.

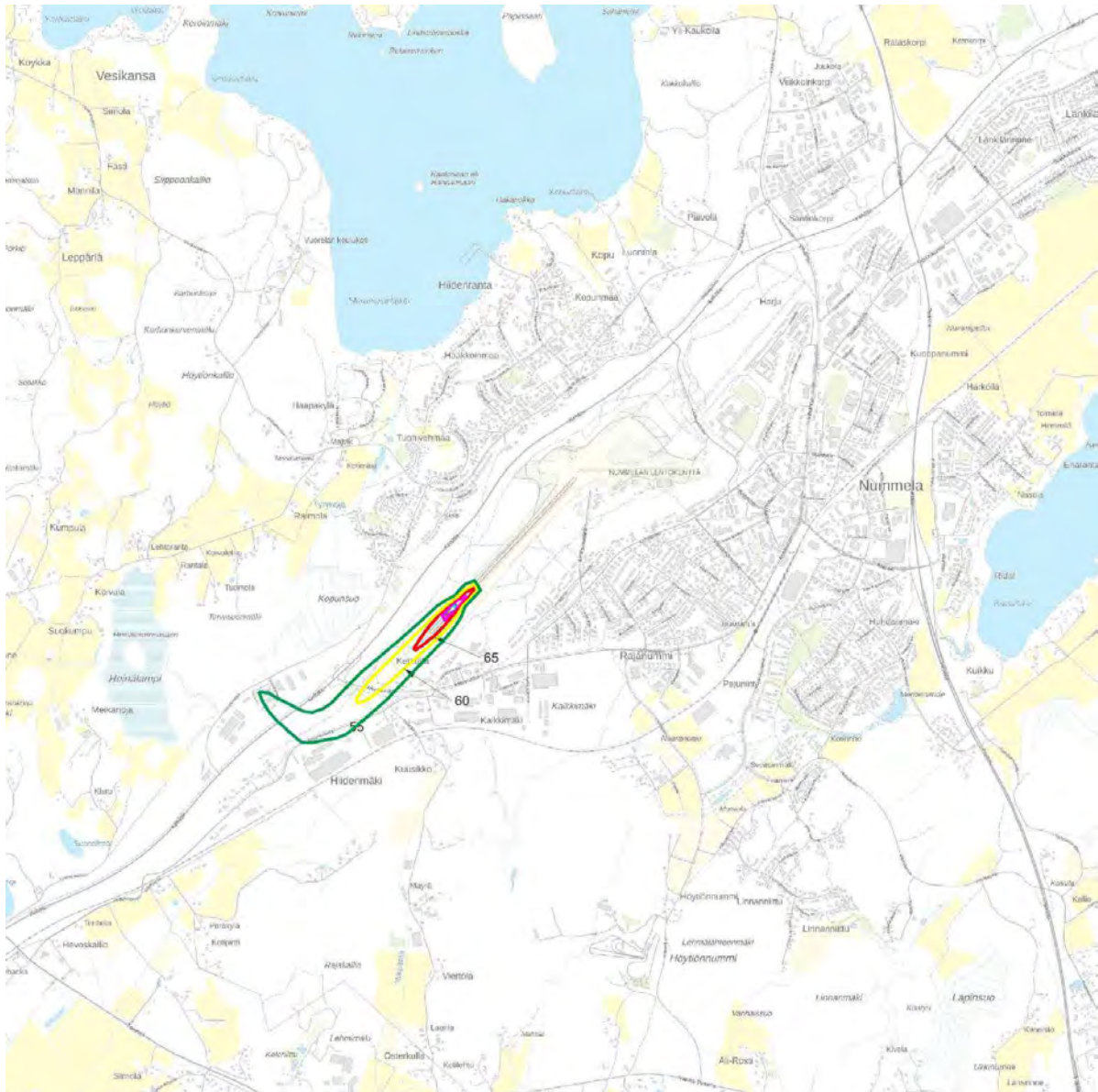
Tässä laskelmassa ei ole puuston vaimennusta mukana, ja äänitaso mallinnettuna lentokentän korkeudella. Todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästä tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.



8.2.5 Laskeutuminen kiitoradalle 04

Mallinnus ultrakeveän lentokoneen laskeutuessa etelän suunnasta kiitoradalle 04. Tämä on hetkellinen huippuäänitaso, joka esiintyy vain lyhyen hetken. Huippuäänien luonteen takia, tätä ei voi summata muiden huippuäänien kanssa. Numerot käyrissä on L_{Amax} dB(A) arvo.

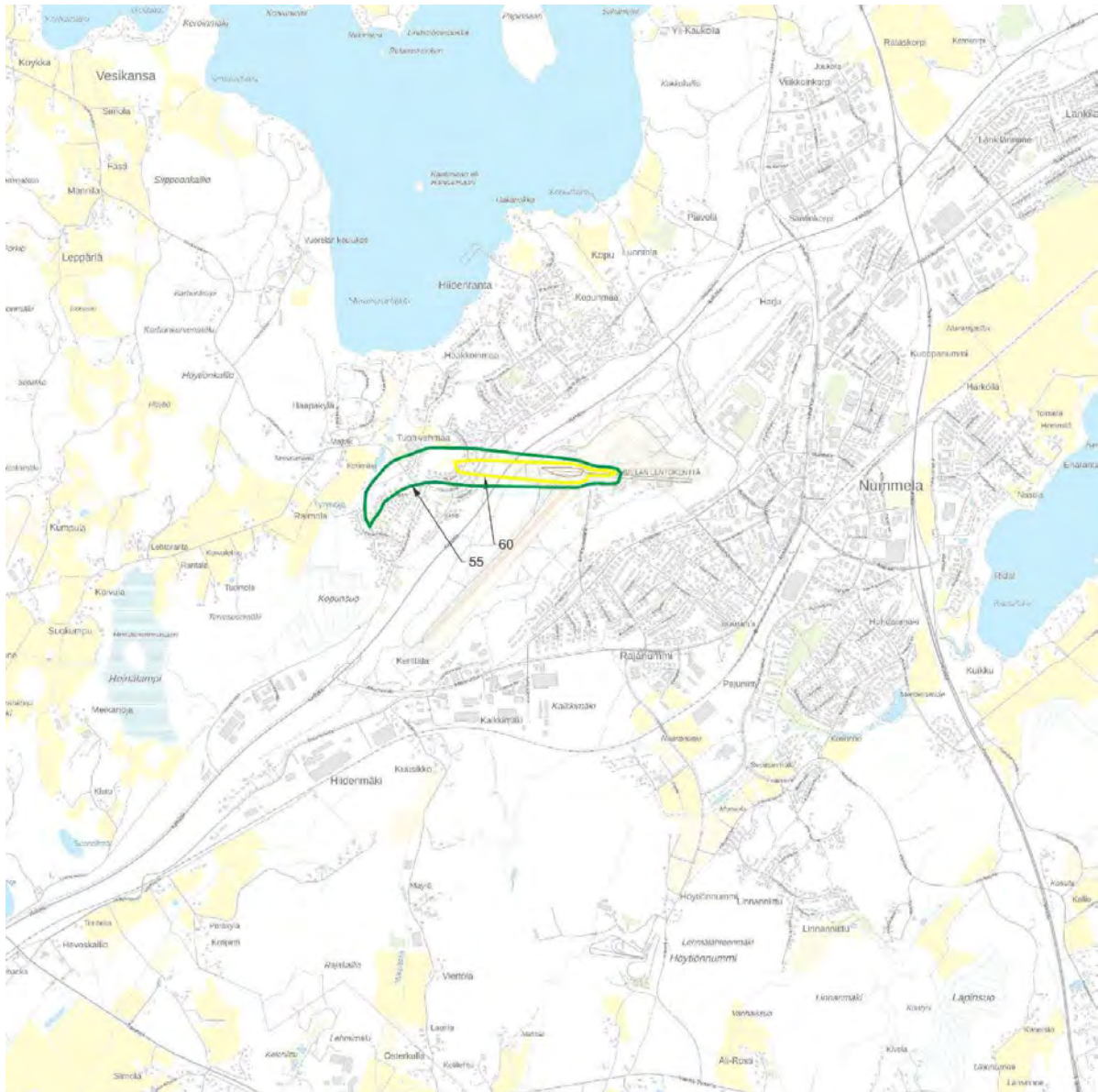
Tässä laskelmassa ei ole puuston vaimennusta mukana, ja äänitaso mallinnettuna lentokentän korkeudella. Todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästä tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.



8.2.6 Laskeutuminen kiitoradalle 09

Mallinnus ultrakeveän lentokoneen laskeutuessa lännen suunnasta kiitoradalle 09. Tämä on hetkellinen huippuäänitaso, joka esiintyy vain lyhyen hetken. Huippuäänien luonteen takia, tätä ei voi summata muiden huippuäänien kanssa. Numerot käyrissä on L_{Amax} dB(A) arvo.

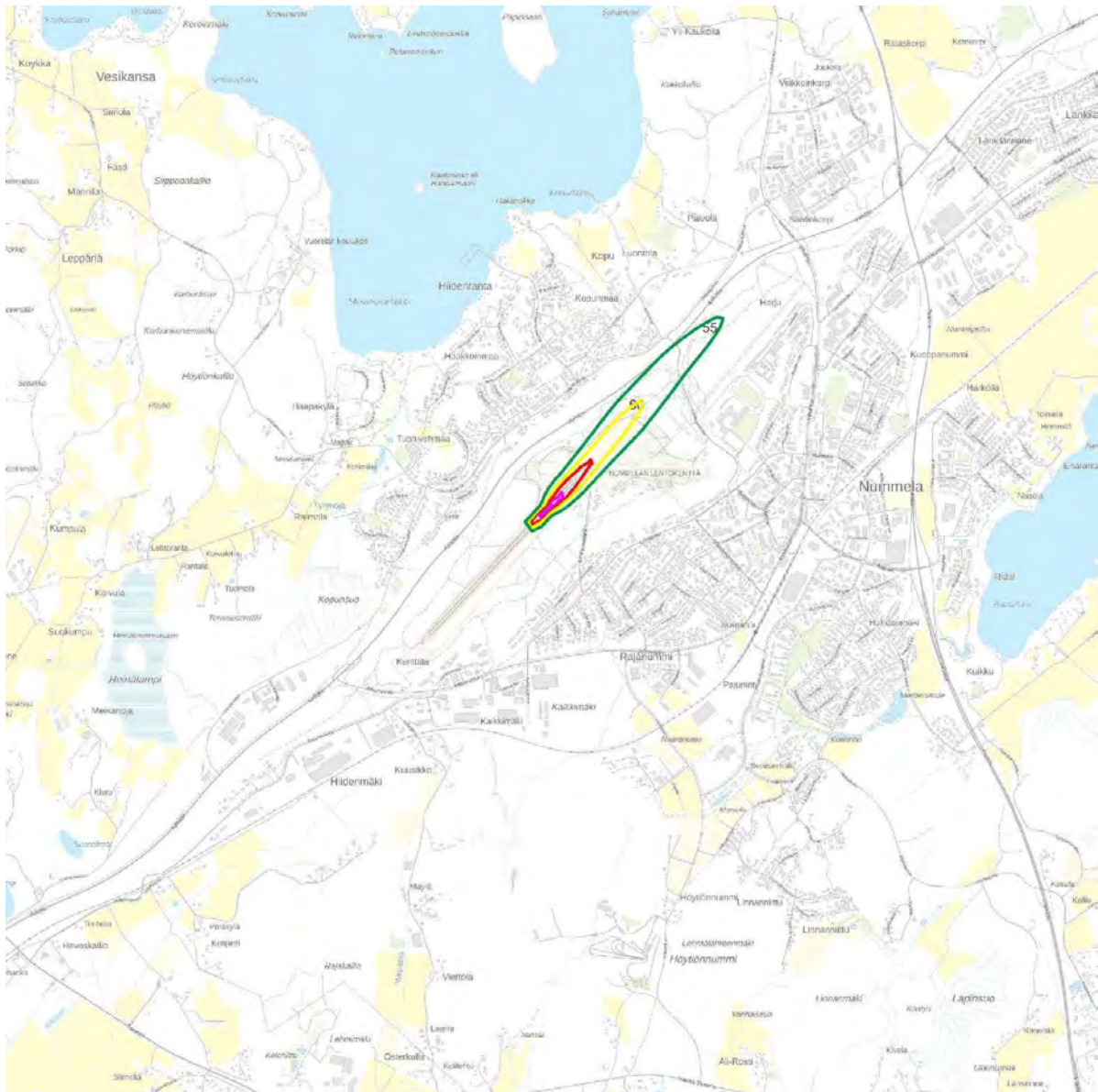
Tässä laskelmassa ei ole puuston vaimennusta mukana, ja äänitaso mallinnettuna lentokentän korkeudella. Todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästä tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.



8.2.7 Laskeutuminen kiitoradalle 22

Mallinnus ultrakeveän lentokoneen laskeutuessa pohjoisen kiitoradalle kiitoradalta 22. Tämä on hetkellinen huippuäänitaso, joka esiintyy vain lyhyen hetken. Huippuäänien luonteen takia, tätä ei voi summata muiden huippuäänien kanssa. Numerot käyriä on L_{Amax} dB(A) arvo.

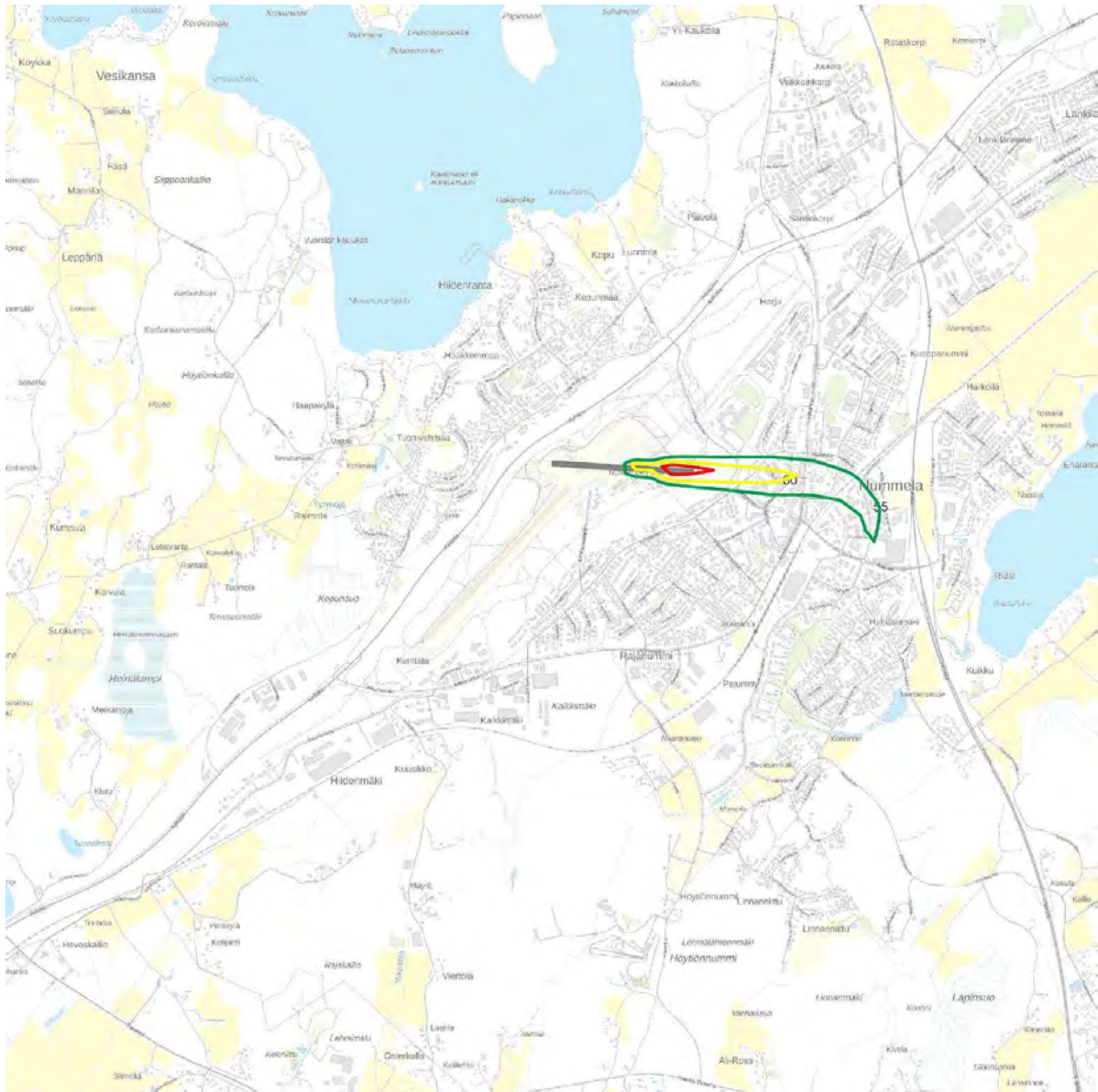
Tässä laskelmassa ei ole puuston vaimennusta mukana, ja äänitaso mallinnettuna lentokentän korkeudella. Todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästä tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.



8.2.8 Laskeutuminen kiitoradalle 27

Mallinnus ultrakeveän lentokoneen laskeutuessa idän suunnasta kiitoradalle 27. Tämä on hetkellinen huippuäänitaso, joka esiintyy vain lyhyen hetken. Huippuäänien luonteen takia, tätä ei voi summata muiden huippuäänien kanssa. Numerot käyrissä on L_{Amax} dB(A) arvo.

Tässä laskelmassa ei ole puuston vaimennusta mukana, ja äänitaso mallinnettuna lentokentän korkeudella. Todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästä tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.



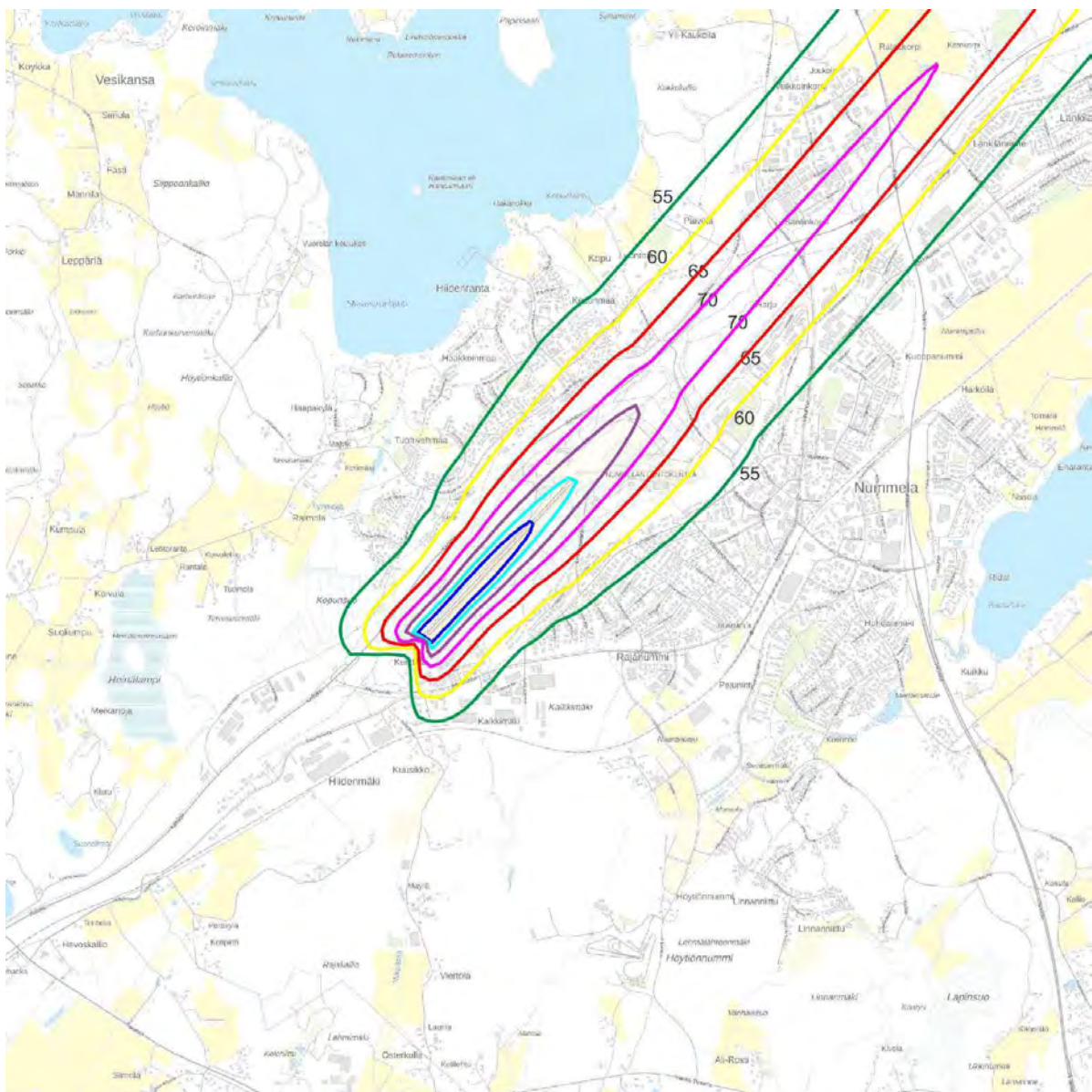
8.3 Keveät kaksipaikkaiset lentokoneet

Näitä lentokoneita ovat Nummelan lentopaikalla toimivien lentokoulujen kalustoa. Mallinnus tehty käyttäen Cessna C152 lentokoneen tietoja.

8.3.1 Lentoonlähtö kiitoradalta 04

Mallinnus kaksipaikkaisen lentokoneen lähtiessä pohjoisen suuntaan kiitoradalta 04. Tämä on hetkellinen huippuäänitaso, joka esiintyy vain lyhyen hetken. Huippuäänien luonteen takia, tätä ei voi summata muiden huippuäänien kanssa. Numerot käyrissä on LAS_{max} dB(A) arvo.

Tässä laskelmassa ei ole puuston vaimennusta mukana, ja äänitaso mallinnettuna lentokentän korkeudella. Todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästä tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.

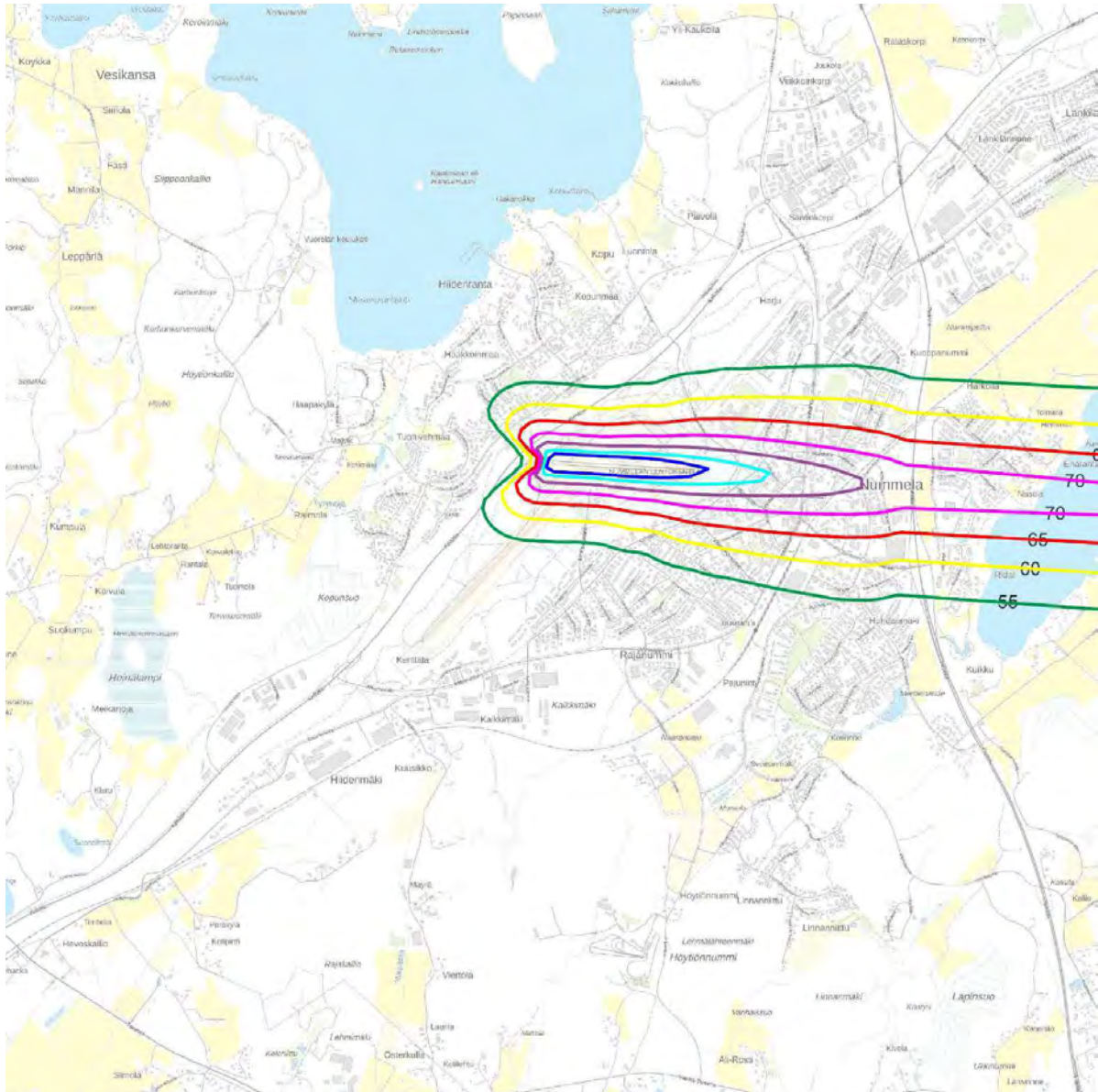


8.3.2 Lentoonlähtö kiitoradalta 09

Mallinnus kaksipaikkaisen lentokoneen lähtiessä idän suuntaan kiitoradalta 09. Tämä on hetkellinen huippuäänitaso, joka esiintyy vain lyhyen hetken. Huippuäänien luonteen takia, tätä ei voi summata muiden huippuäänien kanssa.

Numerot käyrissä on LAS_{max} dB(A) arvo.

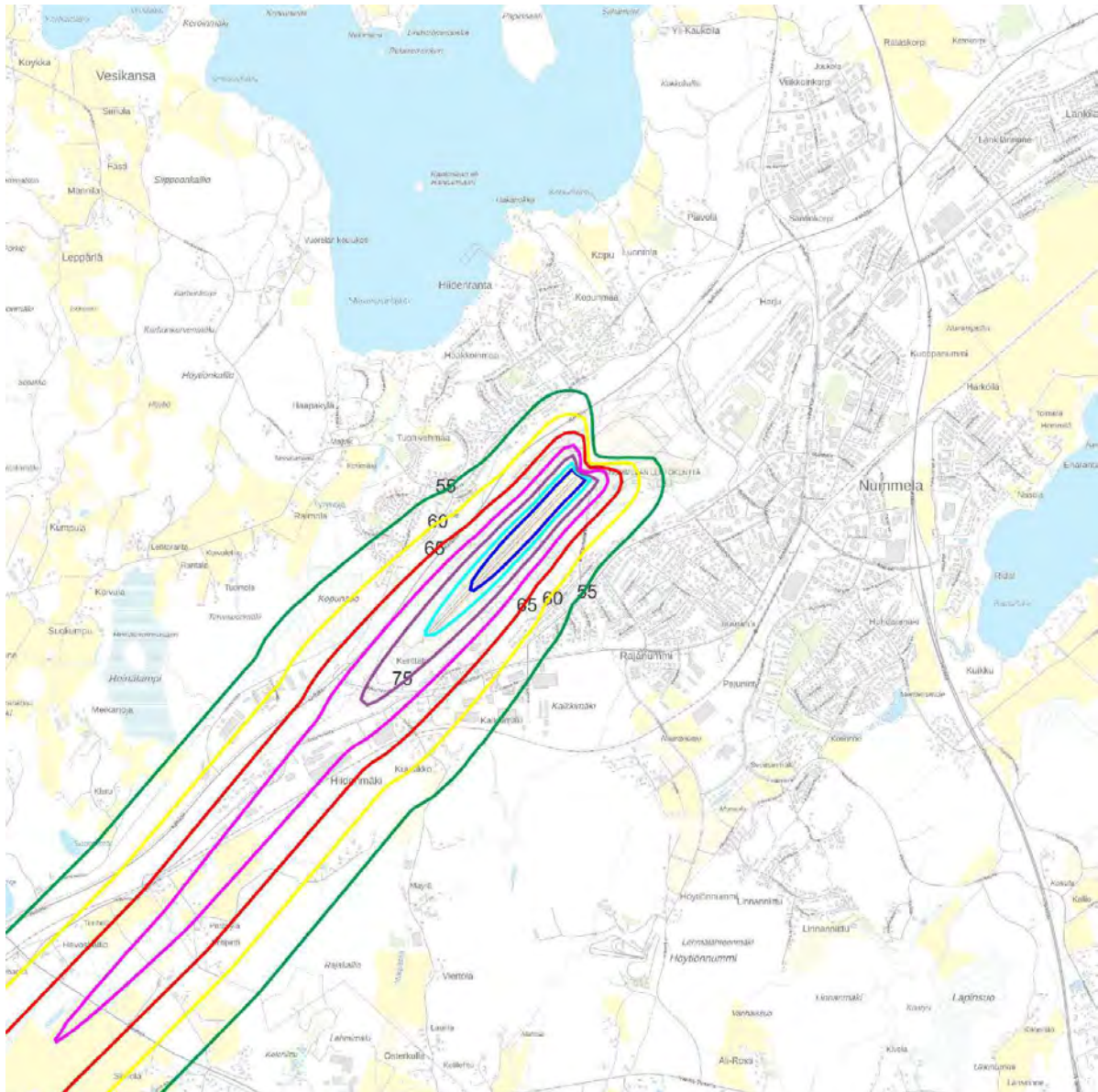
Tässä laskelmassa ei ole puuston vaimennusta mukana, ja äänitaso mallinnettuna lentokentän korkeudella. Todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästä tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.



8.3.3 Lentoonlähtö kiitoradalta 22

Mallinnus kaksipaikkaisen lentokoneen lähtiessä etelän suuntaan kiitoradalta 22. Tämä on hetkellinen huippuäänitaso, joka esiintyy vain lyhyen hetken. Huippuäänien luonteen takia, tätä ei voi summata muiden huippuäänien kanssa. Numerot käyrissä on L_{Amax} dB(A) arvo.

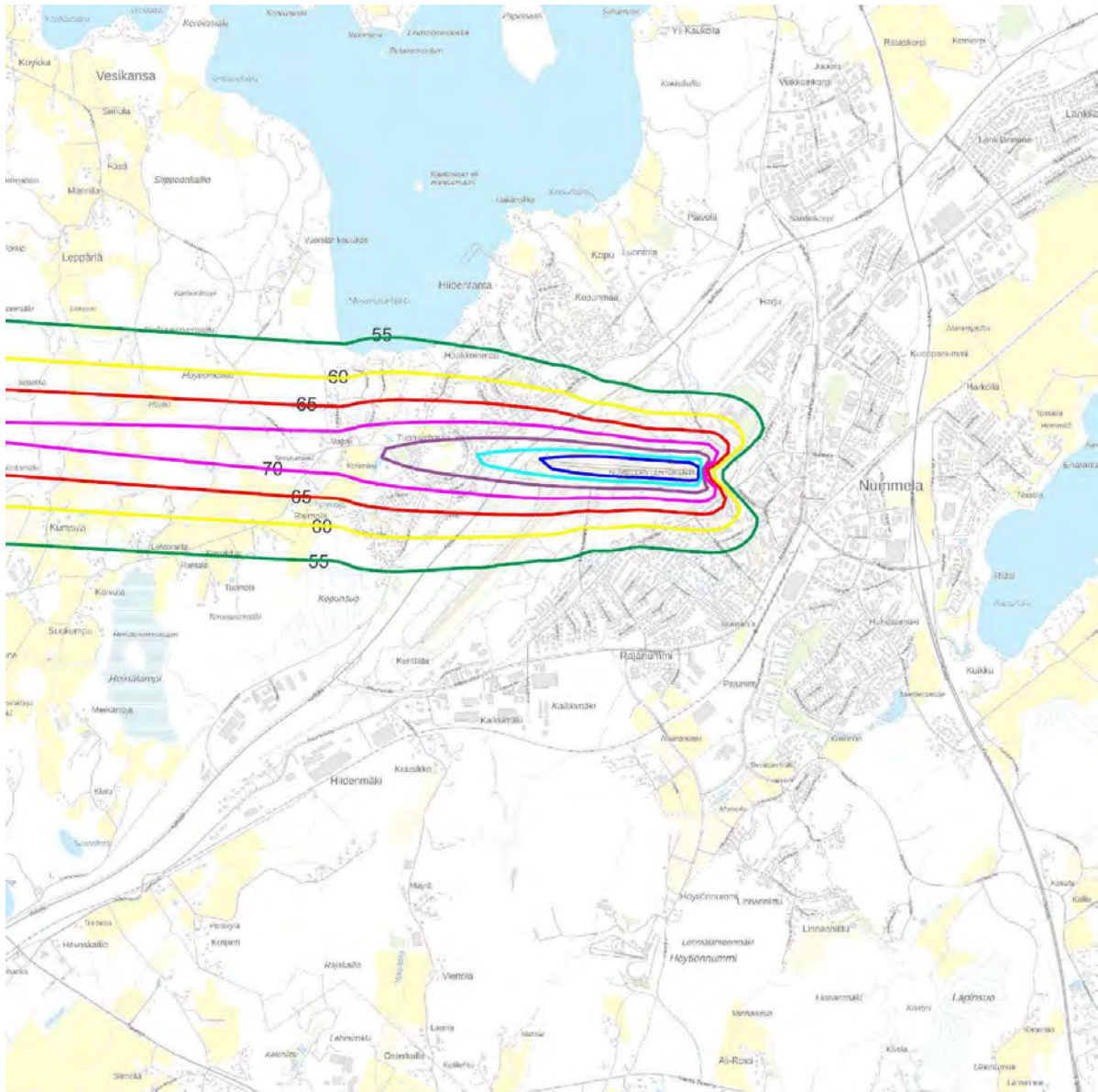
Tässä laskelmassa ei ole puuston vaimennusta mukana, ja äänitaso mallinnettuna lentokentän korkeudella. Todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästä tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.



8.3.4 Lentoonlähtö kiitoradalta 27

Mallinnus kaksipaikkaisen lentokoneen lähtiessä lännen suuntaan kiitoradalta 27. Tämä on hetkellinen huippuäänitaso, joka esiintyy vain lyhyen hetken. Huippuäänien luonteen takia, tätä ei voi summata muiden huippuäänien kanssa. Numerot käyrissä on L_{Amax} dB(A) arvo.

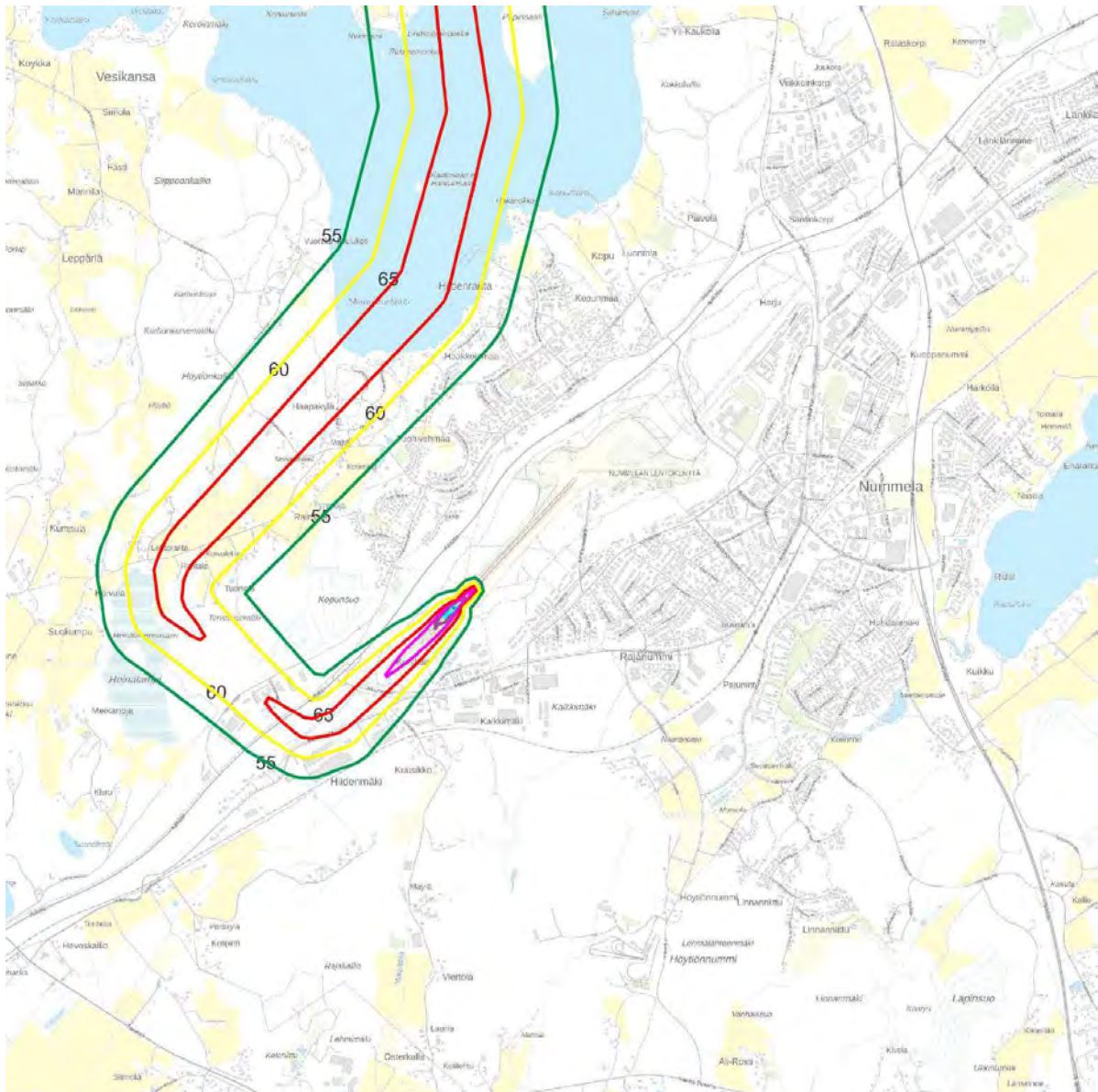
Tässä laskelmassa ei ole puuston vaimennusta mukana, ja äänitaso mallinnettuna lentokentän korkeudella. Todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästä tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.



8.3.5 Laskeutuminen kiitoradalle 04

Mallinnus kaksipaikkaisen lentokoneen laskeutuessa etelän suunnasta kiitoradalle 04. Tämä on hetkellinen huippuäänitaso, joka esiintyy vain lyhyen hetken. Huippuäänien luonteen takia, tätä ei voi summata muiden huippuäänien kanssa. Numerot käyrissä on L_{Amax} dB(A) arvo.

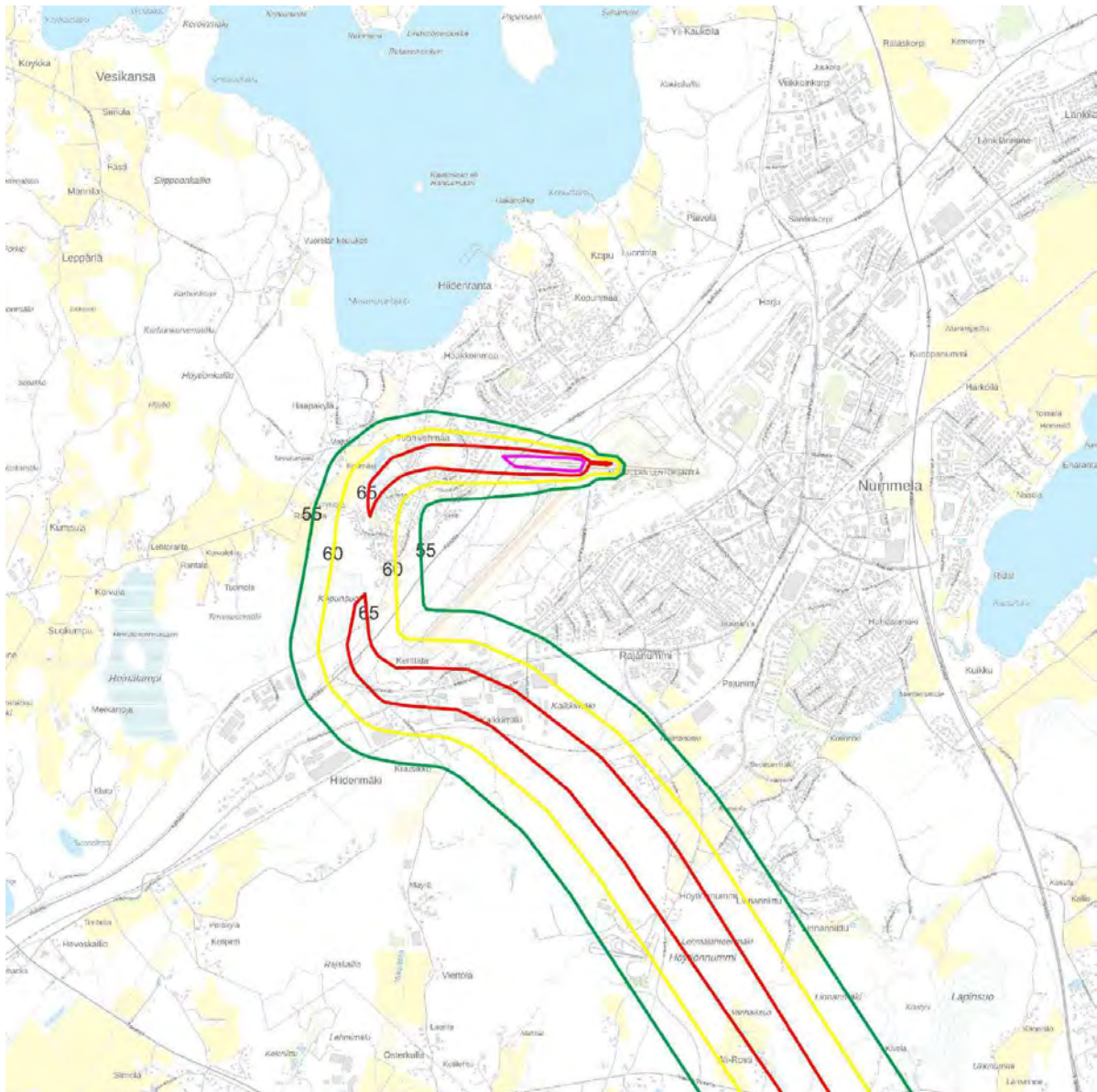
Tässä laskelmassa ei ole puuston vaimennusta mukana, ja äänitaso mallinnettuna lentokentän korkeudella. Todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästä tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.



8.3.6 Laskeutuminen kiitoradalle 09

Mallinnus kaksipaikkaisen lentokoneen I laskeutuessa lännen suunnasta kiitoradalle 09. Tämä on hetkellinen huippuäänitaso, joka esiintyy vain lyhyen hetken. Huippuäänien luonteen takia, tätä ei voi summata muiden huippuäänien kanssa. Numerot käyrissä on L_{Amax} dB(A) arvo.

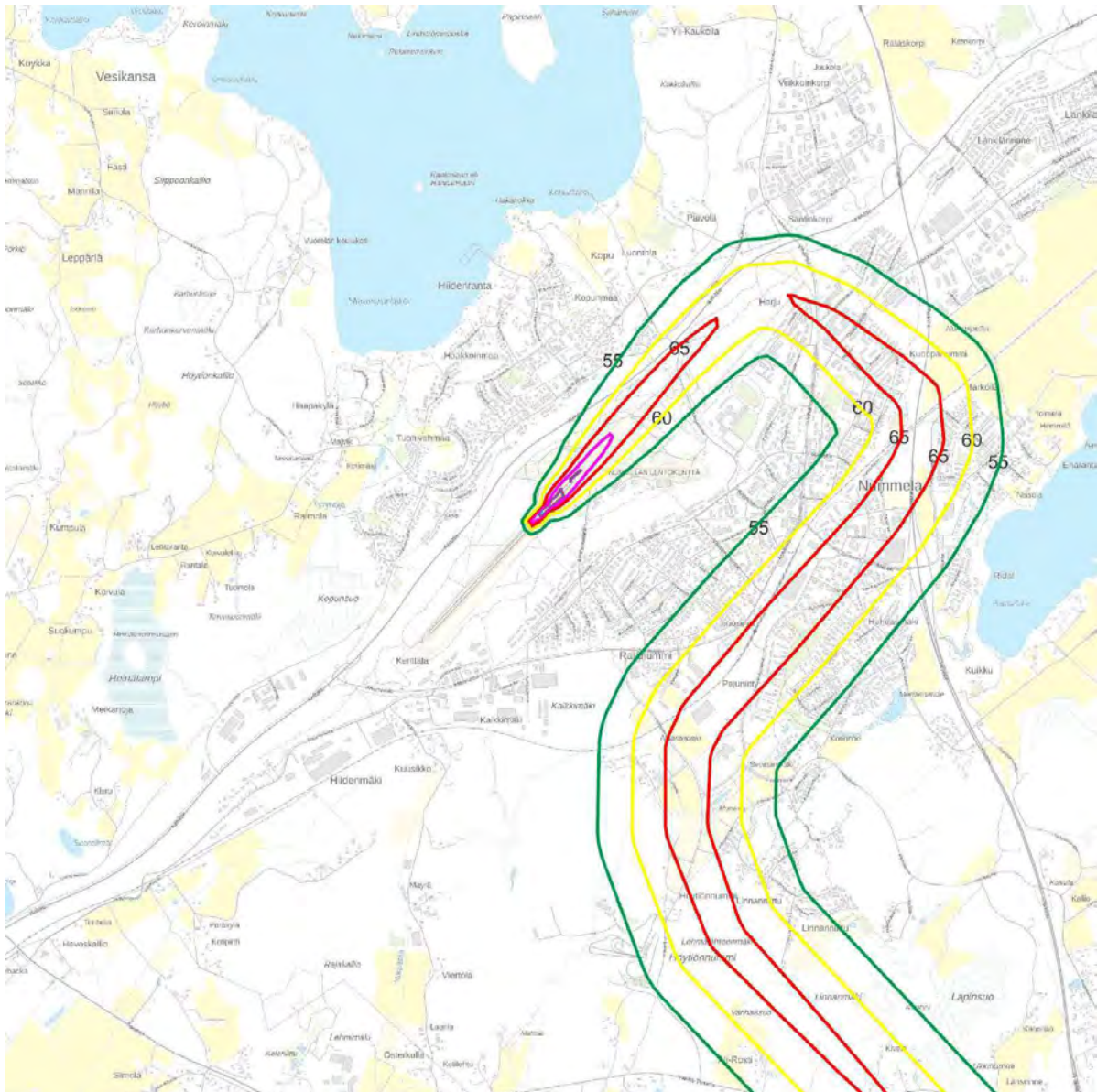
Tässä laskelmassa ei ole puuston vaimennusta mukana, ja äänitaso mallinnettuna lentokentän korkeudella. Todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästä tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.



8.3.7 Laskeutuminen kiitoradalle 22

Mallinnus kaksipaikkaisen lentokoneen laskeutuessa pohjoisen suunnasta kiitoradalle 22. Tämä on hetkellinen huippuäänitaso, joka esiintyy vain lyhyen hetken. Huippuäänien luonteen takia, tätä ei voi summata muiden huippuäänien kanssa. Numerot käyrissä on L_{Amax} dB(A) arvo.

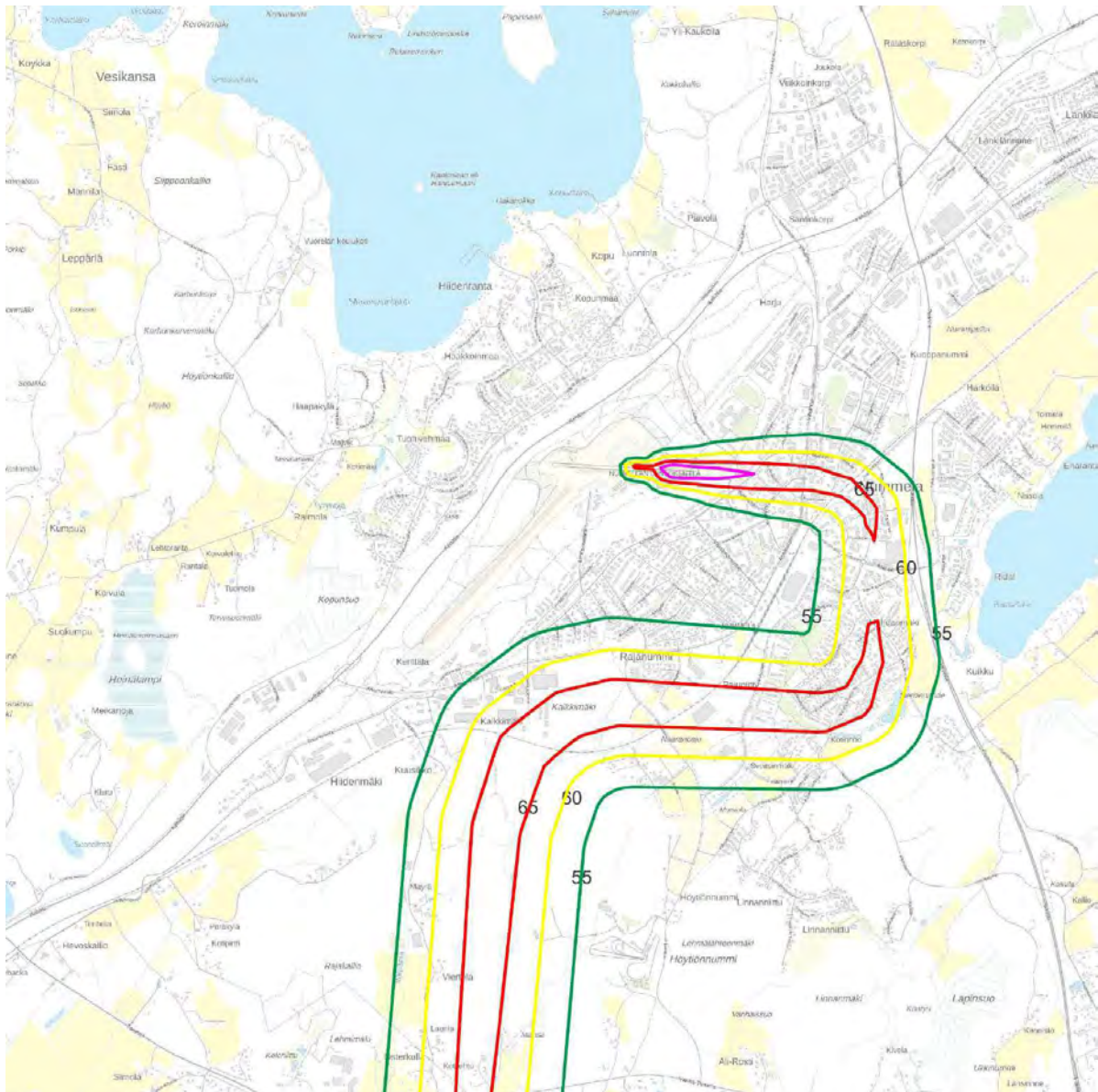
Tässä laskelmassa ei ole puuston vaimennusta mukana, ja äänitaso mallinnettuna lentokentän korkeudella. Todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästä tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.



8.3.8 Laskeutuminen kiitoradalle 27

Mallinnus kaksipaikkaisen lentokoneen laskeutuessa idän suunnasta kiitoradalle 27. Tämä on hetkellinen huippuäänitaso, joka esiintyy vain lyhyen hetken. Huippuäänien luonteen takia, tätä ei voi summata muiden huippuäänien kanssa. Numerot käyrissä on L_{Amax} dB(A) arvo.

Tässä laskelmassa ei ole puuston vaimennusta mukana, ja äänitaso mallinnettuna lentokentän korkeudella. Todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästä tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.



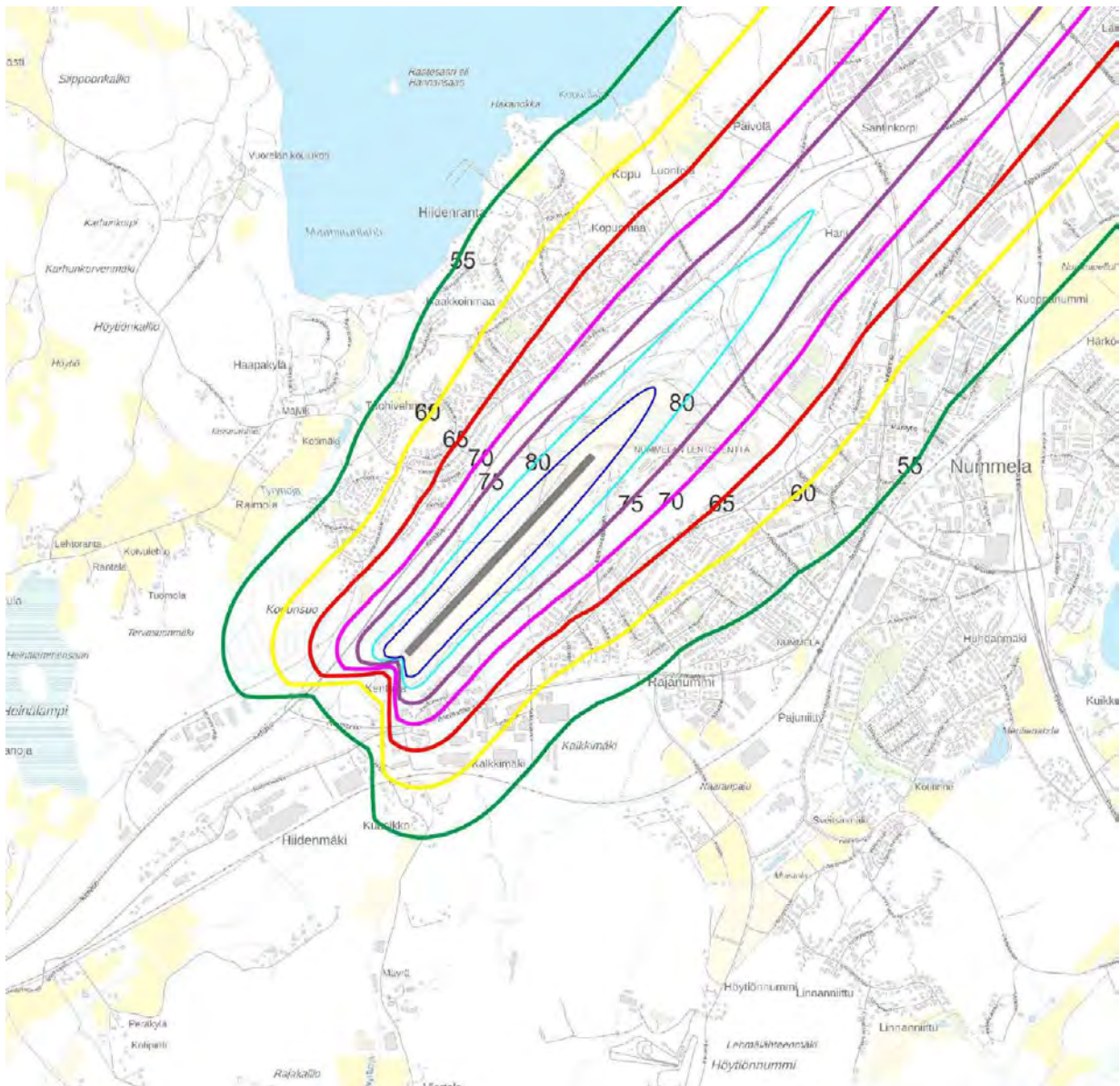
8.4 Nelipaikkaiset lentokoneet

Näitä lentokoneita on Nummelan lentopaikalla joitakin. Tässä analysissä ne edustavat äänekkäimpiä koneita. Mallinnus tehty Piper PA-28R lentokoneella, jossa on 200 hevosvoimainen mäntämoottori. Nämä lentokoneet tarvitsevat pidemmän kiitoradan kuin kevyet lentokoneet, joten mallinnus tehdään vain kiitoradalle 04/22, koska poikkirata on näille koneille lyhyt.

8.4.1 Lentoonlähtö kiitoradalta 04

Mallinnus 4p lentokoneen lähtiessä pohjoisen suuntaan kiitoradalta 04. Tämä on hetkellinen huippuäänitaso, joka esiintyy vain lyhyen hetken. Huippuäänien luonteen takia, tätä ei voi summata muiden huippuäänien kanssa. Numerot käyrissä on LAS_{max} dB(A) arvo.

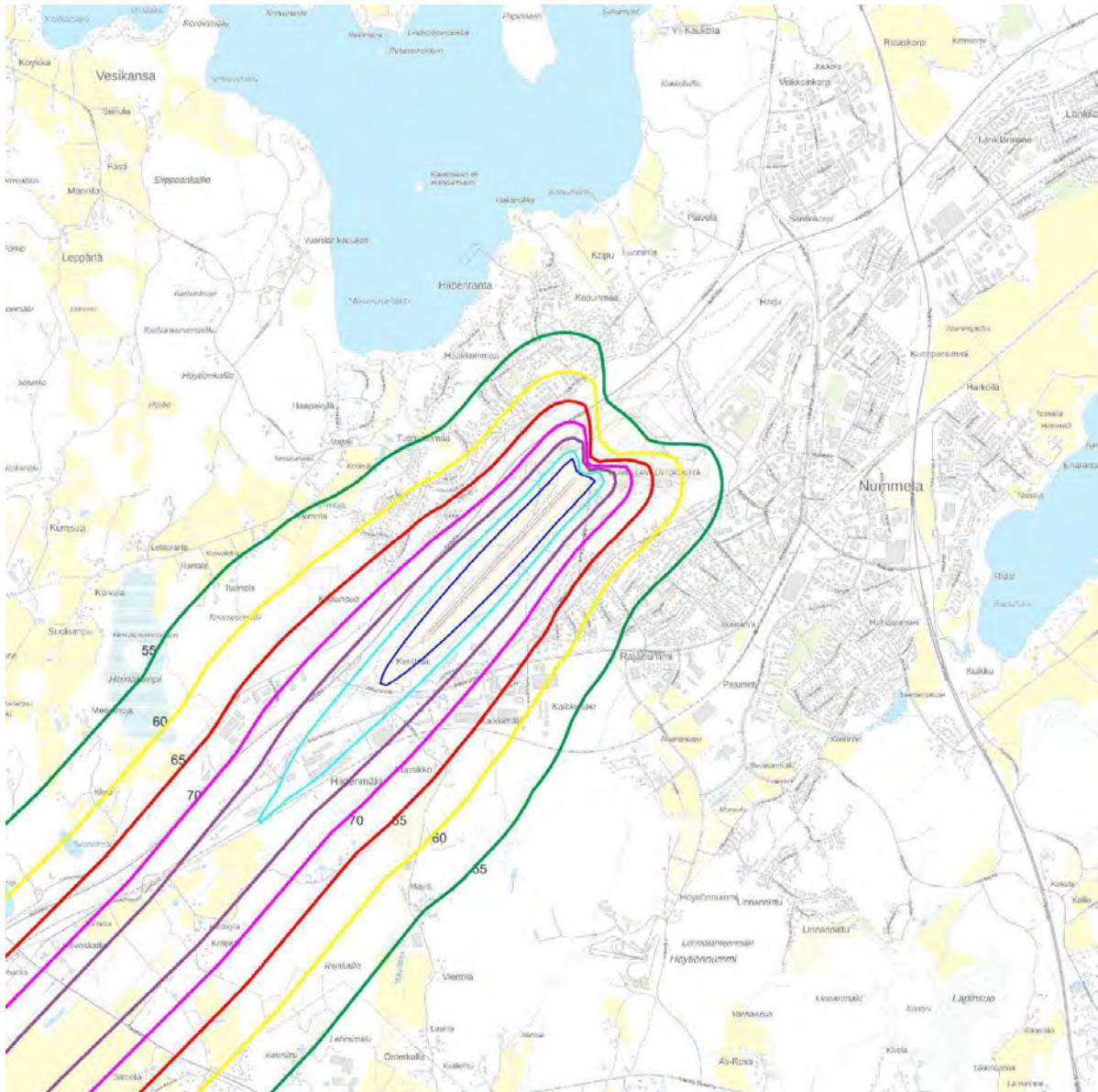
Tässä laskelmassa ei ole puuston vaimennusta mukana, ja äänitaso mallinnettuna lentokentän korkeudella. Todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästä tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.



8.4.2 Lentoonlähtö kiitoradalta 22

Mallinnus 4p lentokoneen lähtiessä etelän suuntaan kiitoradalta 22. Tämä on hetkellinen huippuäänitaso, joka esiintyy vain lyhyen hetken. Huippuäänien luonteen takia, tätä ei voi summata muiden huippuäänien kanssa. Numerot käyrissä on LAS_{max} dB(A) arvo.

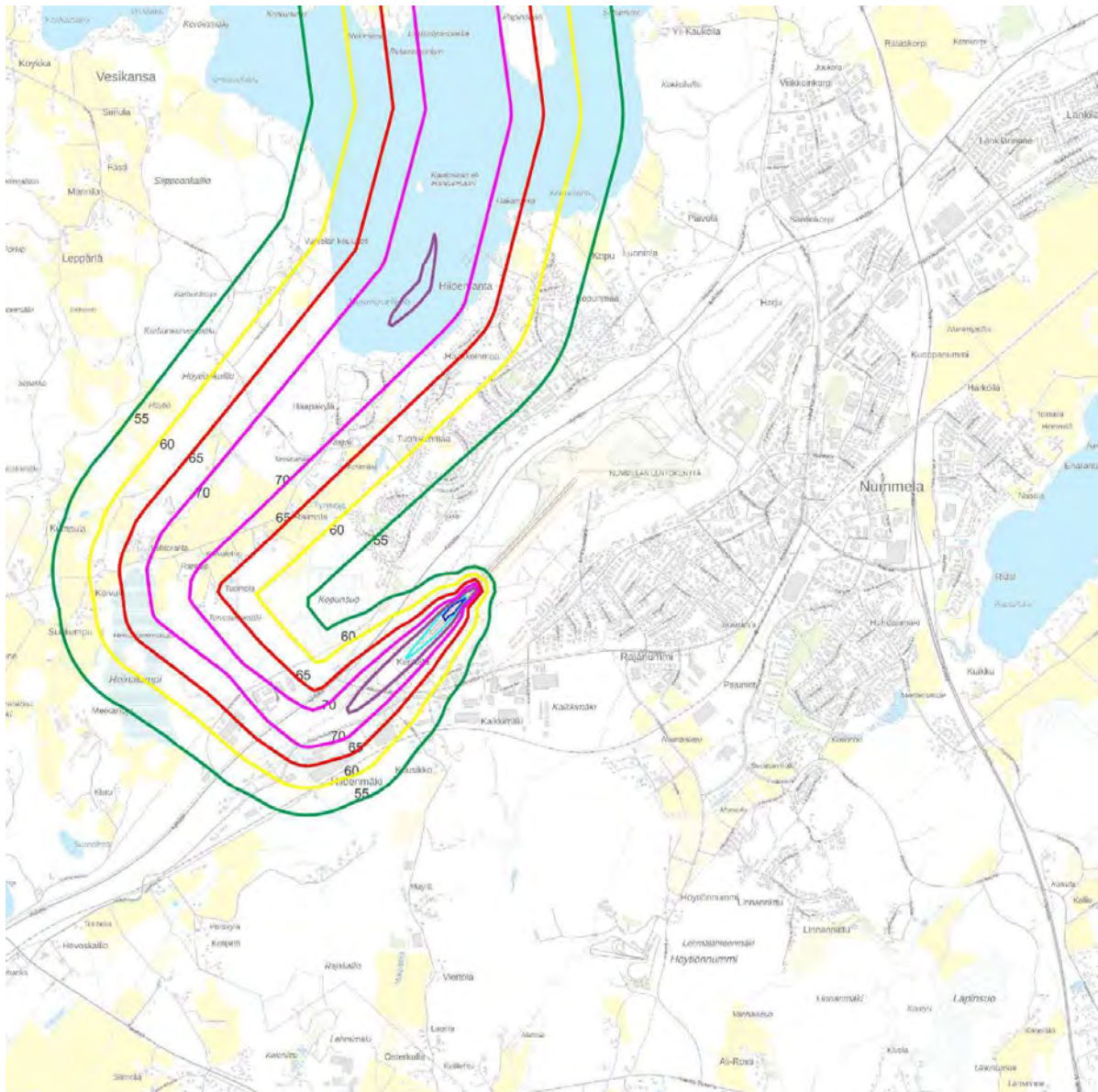
Tässä laskelmassa ei ole puuston vaimennusta mukana, ja äänitaso mallinnettuna lentokentän korkeudella. Todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästä tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.



8.4.3 Laskeutuminen kiitoradalle 04

Mallinnus 4p lentokoneen laskeutuessa etelän suunnasta kiitoradalle 04. Tämä on hetkellinen huippuäänitaso, joka esiintyy vain lyhyen hetken. Huippuäänien luonteen takia, tätä ei voi summata muiden huippuäänien kanssa. Numerot käyrissä on LAS_{max} dB(A) arvo.

Tässä laskelmassa ei ole puuston vaimennusta mukana, ja äänitaso mallinnettuna lentokentän korkeudella. Todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästä tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.

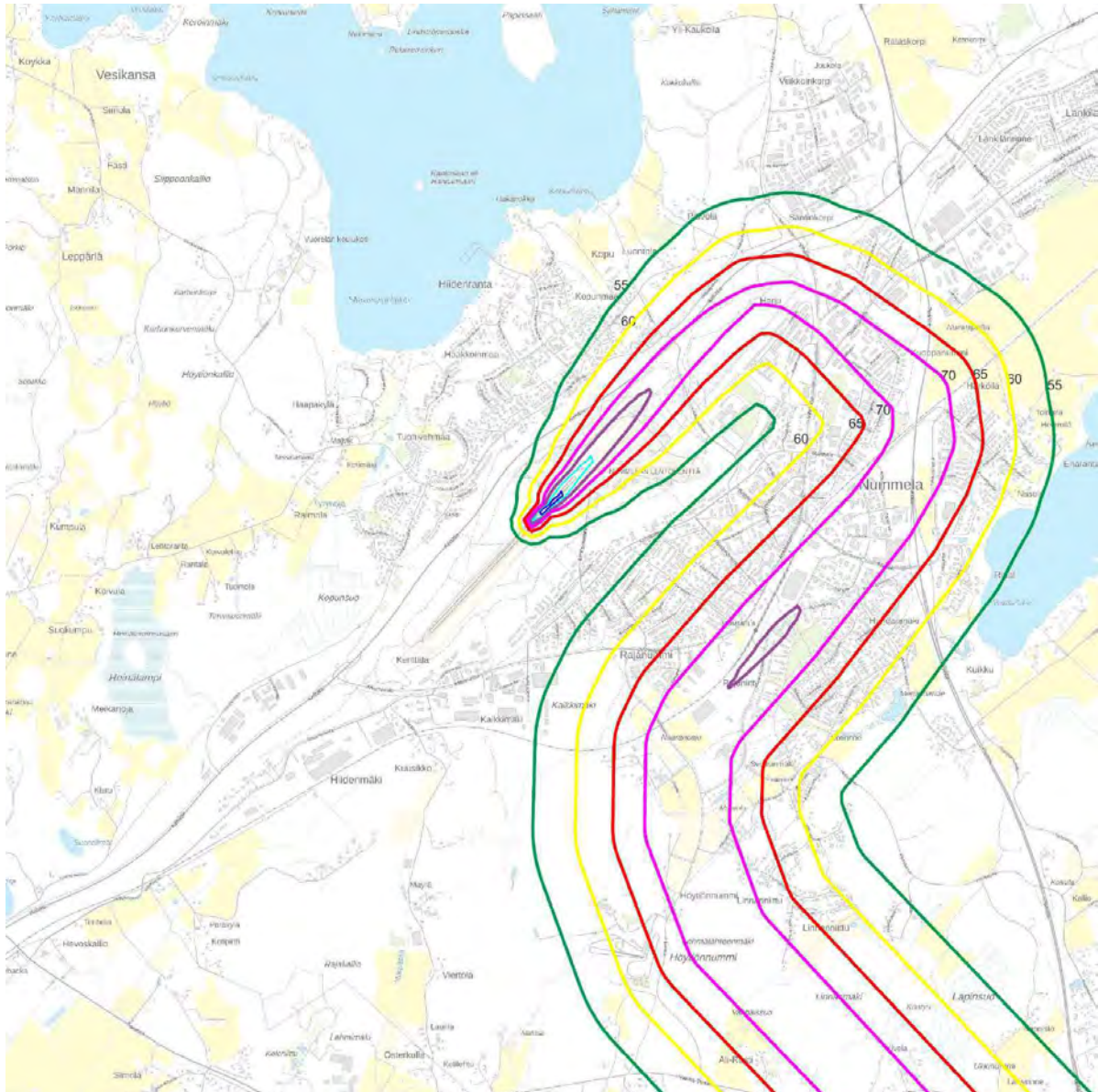


8.4.4 Laskeutuminen kiitoradalle 22

Mallinnus 4p lentokoneen laskeutuessa pohjoisen suunnasta kiitoradalle 22. Tämä on hetkellinen huippuäänitaso, joka esiintyy vain lyhyen hetken. Huippuäänien luonteen takia, tätä ei voi summata muiden huippuäänien kanssa.

Numerot käyrissä on LAS_{max} dB(A) arvo.

Tässä laskelmassa ei ole puuston vaimennusta mukana, ja äänitaso mallinnettuna lentokentän korkeudella. Todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästä tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.



8.5 Hinaus lentokoneet

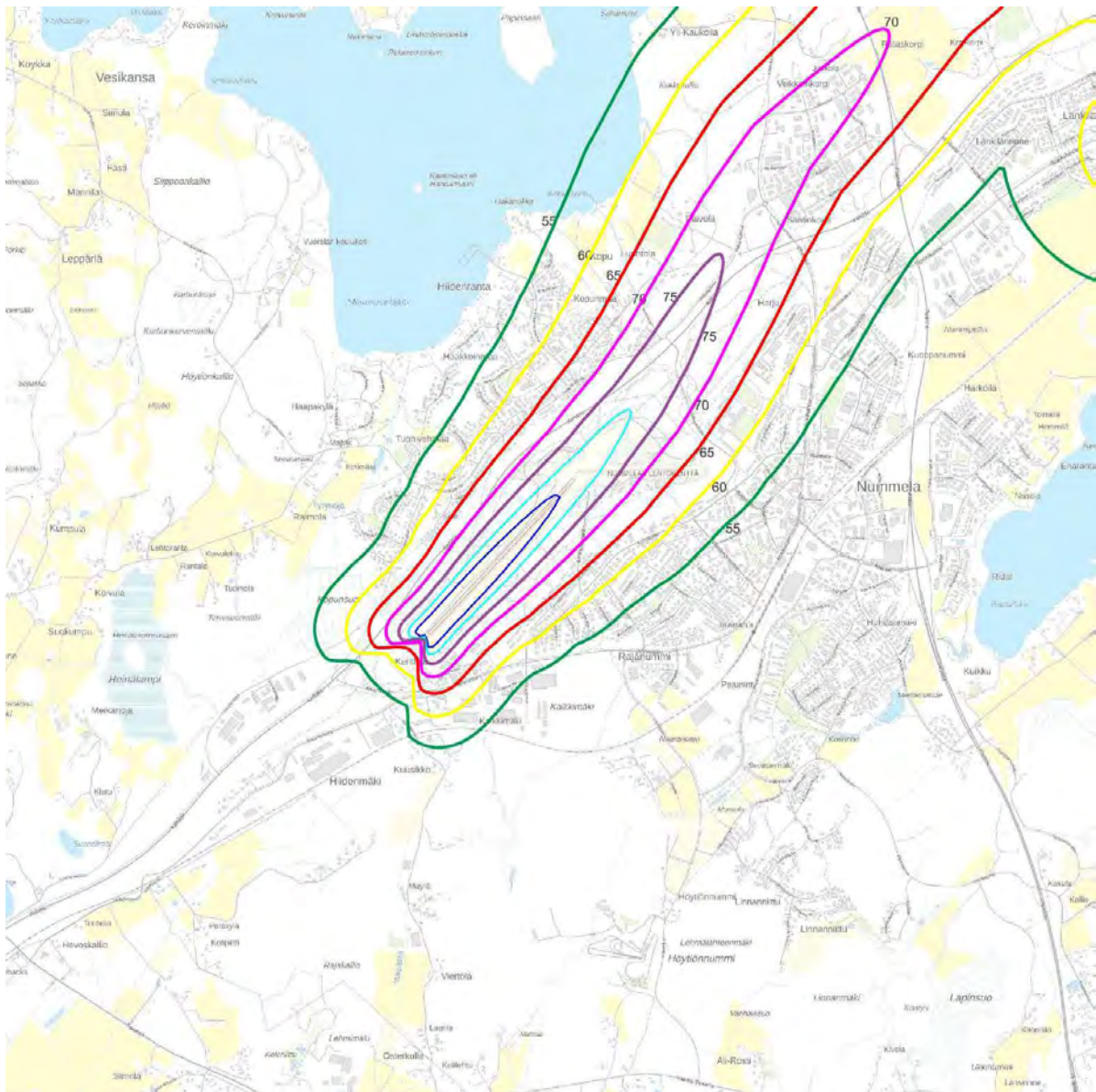
Mallinnus Nummelan hinauskoneille, joilla purjekoneita hinataan taivaalle. Nämä yhdistelmät tarvitsevat hieman pidemmän kiitoradan kuin kevyemmät lentokoneet, joten mallinnus tehdään vain kiitoradalle 04/22, koska poikkirata on turhan lyhyt.

8.5.1 Lentoonlähtö kiitoradalta 04

Mallinnus hinaus lentokoneen lähtiessä pohjoisen suuntaan kiitoradalta 04. Tämä on hetkellinen huippuäänitaso, joka esiintyy vain lyhyen hetken. Huippuäänien luonteen takia, tätä ei voi summata muiden huippuäänien kanssa.

Numerot käyrissä on LAS_{max} dB(A) arvo.

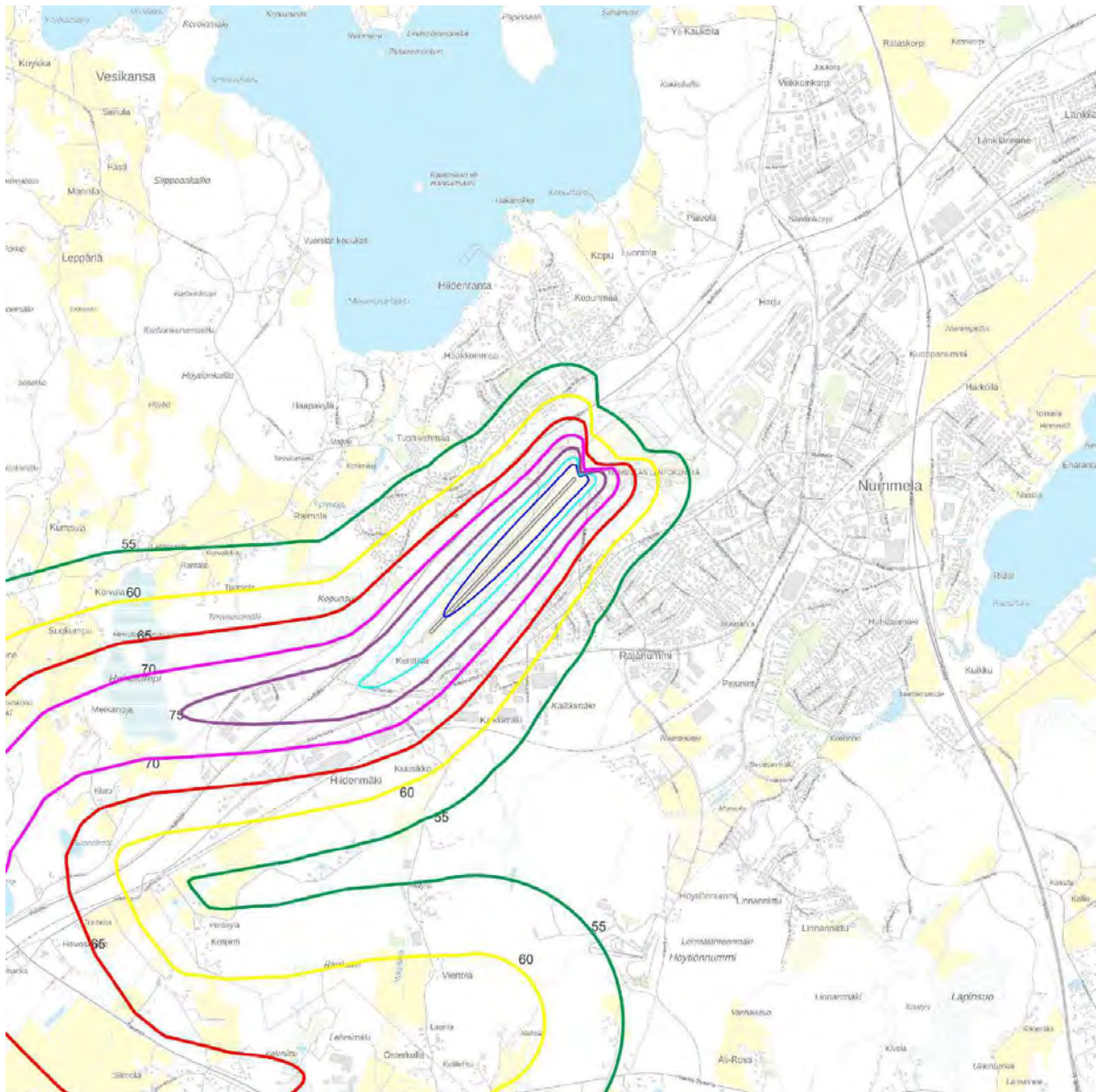
Tässä laskelmassa ei ole puuston vaimennusta mukana, ja äänitaso mallinnettuna lentokentän korkeudella. Todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästä tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.



8.5.2 Lentoonlähtö kiitoradalta 22

Mallinnus hinaus lentokoneen lähtiessä etelän suuntaan kiitoradalta 22. Tämä on hetkellinen huippuäänitaso, joka esiintyy vain lyhyen hetken. Huippuäänien luonteen takia, tätä ei voi summata muiden huippuäänien kanssa. Numerot käyriä on LAS_{max} dB(A) arvo.

Tässä laskelmassa ei ole puuston vaimennusta mukana, ja äänitaso mallinnettuna lentokentän korkeudella. Todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästä tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.

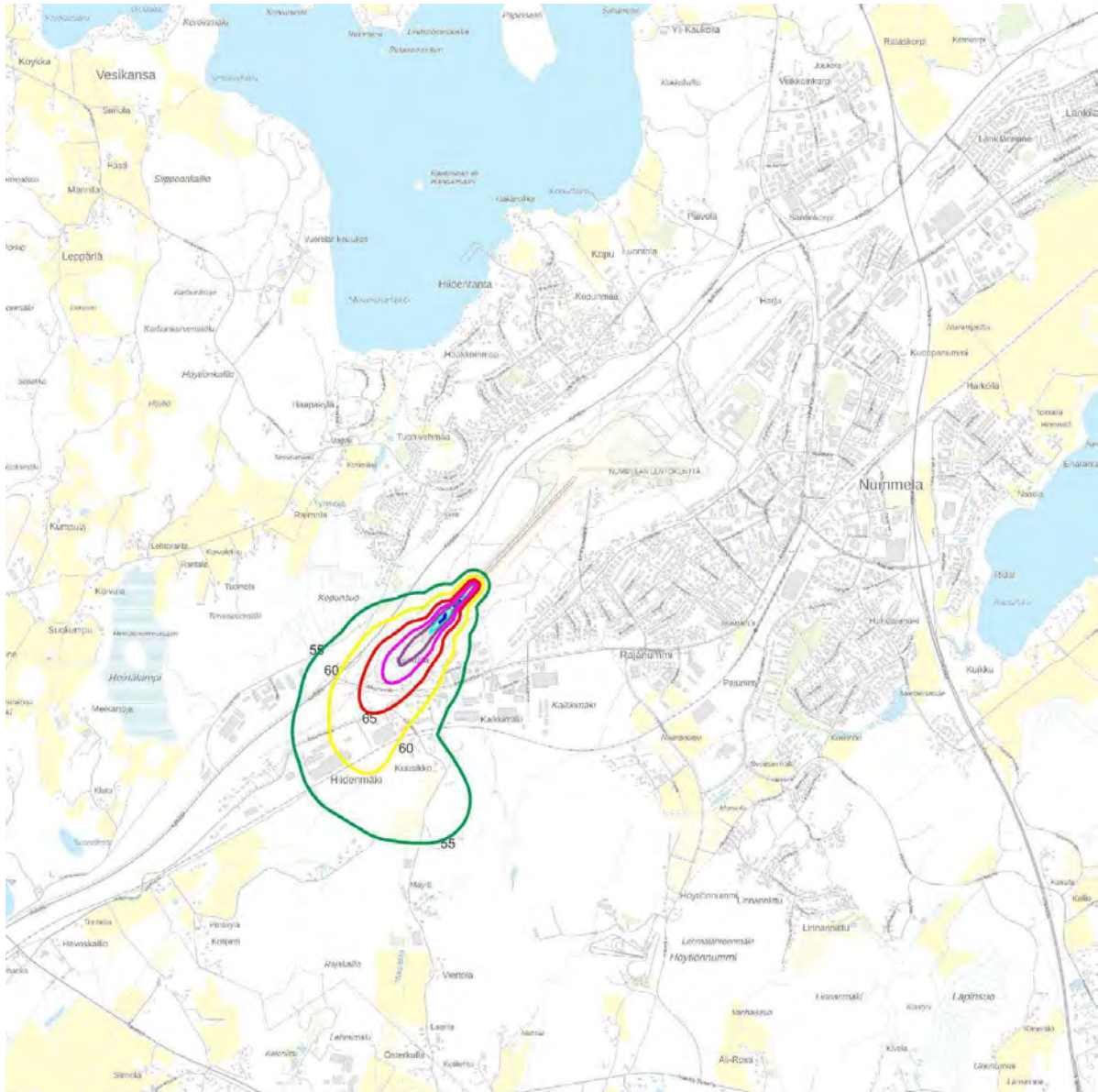


8.5.3 Laskeutuminen kiitoradalle 04

Mallinnus hinaus lentokoneen laskeutuessa etelän suunnasta kiitoradalle 04. Tämä on hetkellinen huippuäänitaso, joka esiintyy vain lyhyen hetken. Huippuäänien luonteen takia, tätä ei voi summata muiden huippuäänien kanssa.

Numerot käyrissä on LAs_{max} dB(A) arvo.

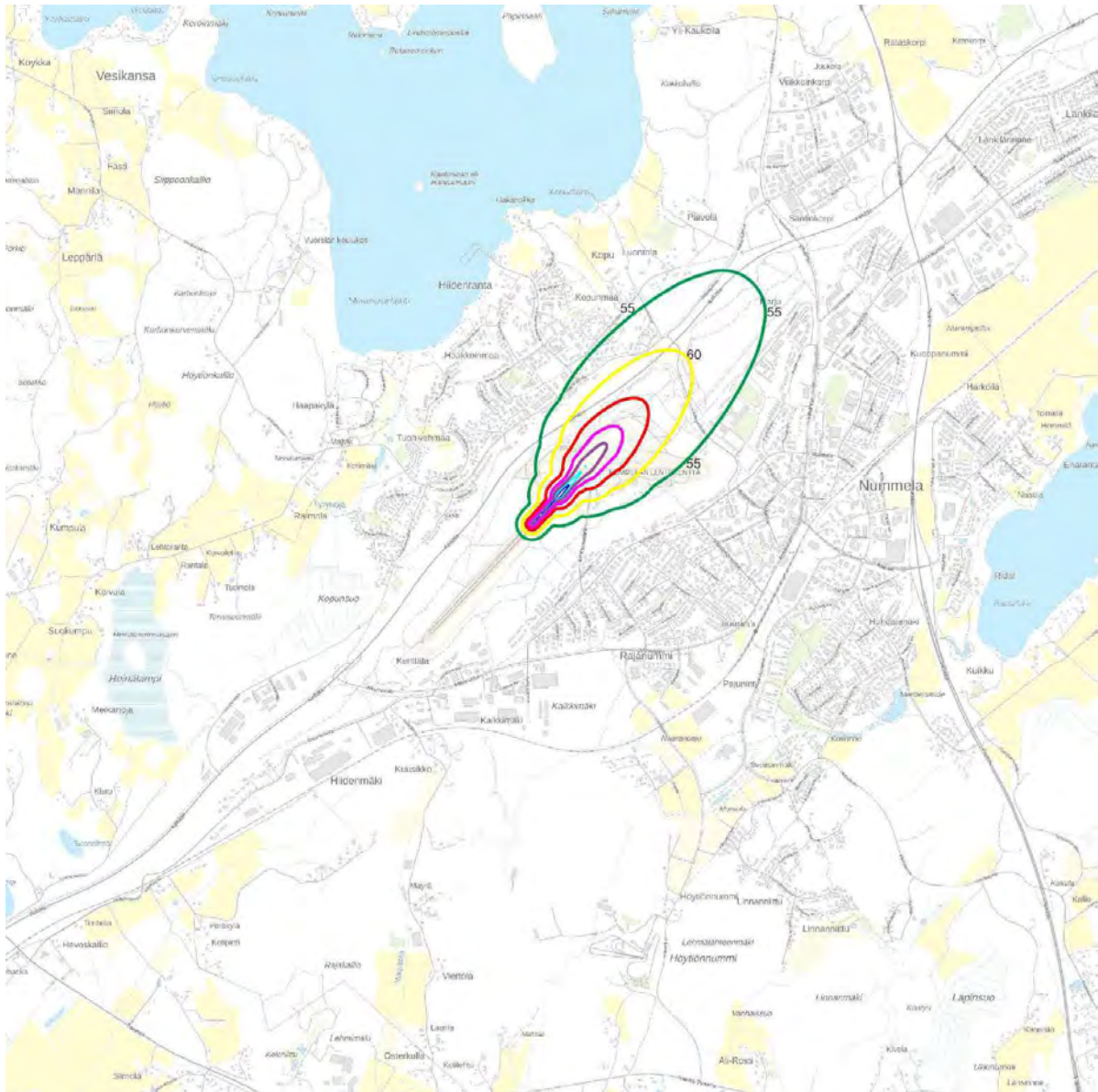
Tässä laskelmassa ei ole puuston vaimennusta mukana, ja äänitaso mallinnettuna lentokentän korkeudella. Todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästä tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.



8.5.4 Laskeutuminen kiitoradalle 22

Mallinnus hinaus lentokoneen laskeutuessa pohjoisen suunnasta kiitoradalle 22. Tämä on hetkellinen huippuäänitaso, joka esiintyy vain lyhyen hetken. Huippuäänien luonteen takia, tätä ei voi summata muiden huippuäänien kanssa. Numerot käyrissä on L_{Amax} dB(A) arvo.

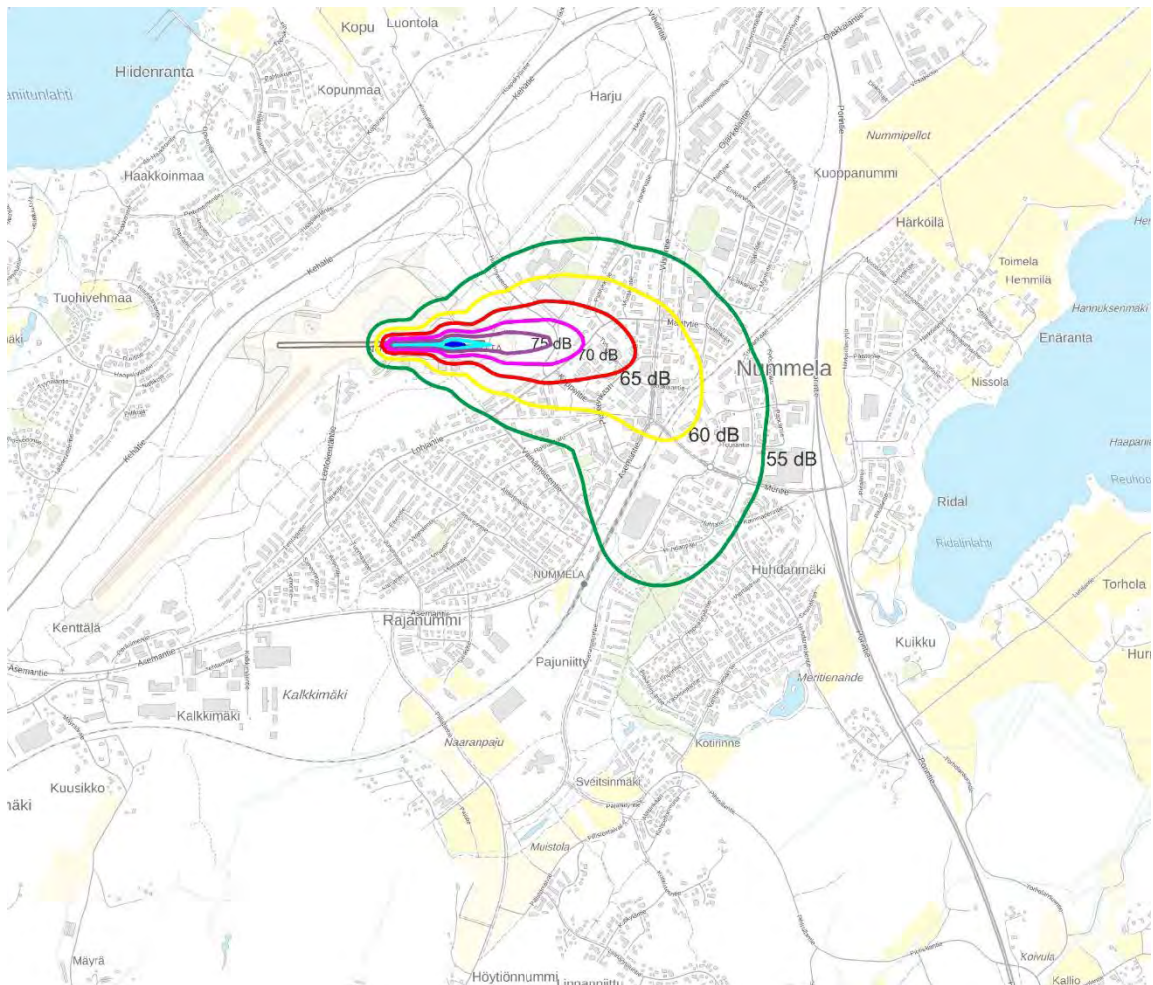
Tässä laskelmassa ei ole puuston vaimennusta mukana, ja äänitaso mallinnettuna lentokentän korkeudella. Todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästä tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.



8.5.5 Laskeutuminen kiitoradalle 27

Mallinnus hinaus lentokoneen laskeutuessa pohjoisen suunnasta kiitoradalle 27. Tämä on hetkellinen huippuäänitaso, joka esiintyy vain lyhyen hetken. Huippuäänien luonteen takia, tätä ei voi summata muiden huippuäänien kanssa. Numerot käyrissä on L_{Amax} dB(A) arvo.

Tässä laskelmassa ei ole puuston vaimennusta mukana, ja äänitaso mallinnettuna lentokentän korkeudella. Todellisuudessa asutus on alempana kuin kenttä, joten tästä tulisi vielä hieman etäisyyden kasvaessa aiheutuvaa lisävaimennusta. Lisävaimennuksen arvio on -3dB.



Lähteet:

1. <<https://intranet.sfa.asso.fr/archives/J56-bruiteolienne/actes-J56/fvdberg2>>
2. <<https://en.wikipedia.org/wiki/A-weighting>>
Loudness, Its Definition, Measurement and Calculation, Harvey Fletcher; W. A. Munson, October 01 1933, <https://doi.org/10.1121/1.1915637>
3. ICAO Annex 16, Environmental Protection, Volume I Aircraft Noise, Sixth Edition, July 2011
4. https://www.daec.de/fileadmin/user_upload/files/2012/luftsportgeraete_buero/kennblaetter/141-1.pdf
5. www.faa.gov/regulations_policies/advisory_circulars/index.cfm/go/document.information/documentID/22945 täällä liite https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/Appx_pg1T-19T.pdf
6. Ympäristömelun mittaaminen, Ympäristöministeriö, Ohje I 1995. ISBN 951-731-082-X
7. JOHDATUS YMPÄRISTÖMELUUN – Meluntorjunnan perusteet
Meluselvitykset ja niiden teettäminen sekä laatu
Pohjois-Savon ELY, ALUEIDENKÄYTÖN KOULUTUSPÄIVÄ 4.12.2013
Larri Liikonen UUD ELY-keskus
8. Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista. Annettu Helsingissä 29 päivänä lokakuuta 1992
9. EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON DIREKTIIVI 2002/49/EY, annettu 25 päivänä kesäkuuta 2002, ympäristömelun arvioinnista ja hallinnasta
10. Äänitekniikan opas, <https://climeconair.com/fi-fi/suunnittelijalle/opaat-jaohjeet/aanitekniikan-opas/>
11. EU:n yhteiset lentosäännöt, KOMISSION TÄYTÄNTÖÖNPANOASETUS (EU) N:o 923/2012, annettu 26 päivänä syyskuuta 2012,

loppu
