



CADNA A - MELUMALLINNUSOHJELMAN KÄYTTÖ MAA-AINESTEN OTTOALUEIDEN MELUMALLINNUKSESSA

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Ympäristötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Anna-Maria Tirkkonen			
Työn nimi Cadna A melumallinnusohjelman käyttö maa-ainesten ottoalueiden melumallinnuksessa			
Päiväys	10.5.2013	Sivumäärä/Liitteet	46/10
Ohjaaja(t) Päätoiminen tuntiopettaja Teemu Räsänen, Yliopettaja Merja Tolvanen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Suomen GPS-Mittaus Oy/Ympäristöinsinööri Santtu Tenhunen			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Insinööritöiden tavoitteena oli laatia toimeksiantajalle työohjeet melumallinnukseen. Työohjeiden tuli sisältää yksityiskohtaiset ohjeet, kuinka luodaan melumalli yrityksen käytössä olevilla 3d-Win- ja Cadna A-ohjelmilla. Tämän lisäksi työohjeiden tuli sisältää melumallinnusraportointiohjeet. Tilajayritys on uudistamassa toimintajärjestelmäänsä ja sen myötä syntyi tarve tälle opinnäytetyölle. Melumallinnus on yrityksen uusi aluevaltaus ja nyt yritys tarvitsee uuden toimintajärjestelmän mukaiset suomenkieliset työohjeet melumallinnukseen.</p> <p>Tässä työssä tehtiin melumallinnuksia kahdelle maa-ainesten ottoalueelle. Tehtyjen mallinnusten edetessä laadittiin työohjetta mallinnuksesta. Ennen itsenäistä mallinnusta ja ohjeiden laadintaa työn tilaaja antoi koulutuksen ohjelmien käyttöön ja yritysten tarpeisiin tehtävien melumallinnusten tekoon. Lisäohjeita mallinnuksen laadintaan oli saatavilla koko opinnäytetyöprojektin ajan. Kun työohjeet oli laadittu ja tilaajan hyväksymät, työohjeiden luotettavuus, ymmärrettävyys ja selkeys testattiin koehenkilön avulla. Koehenkilö suoritti ohjeiden mukaisen mallinnuksen. Tämän koemallinnuksen aikana ohjeista korjattiin viimeisetkin puutteet ja epäselvyydet.</p> <p>Työn tuloksena saatiin yksityiskohtaiset työohjeet melumallinnukseen tilajayrityksen käyttöön. Työohjeissa kaikki työvaiheet tarvittavista lähtötiedoista valmiin mallin tulostukseen ohjeistetaan tarkasti. Työohjeen lopussa annetaan esimerkki hyvän melumallinnusraportin rungosta. Melumallin avulla on helppo havainnollistaa melun leviämistä mallinnusalueella ja tarvittaessa suunnitella mahdollisimman kustannustehokkaita meluntorjuntatoimenpiteitä. Tämän opinnäytetyön pohjalta voidaan todeta, että Cadna A -melumallinnusohjelmalla pystytään tuottamaan laadukkaita ja luotettavia melumalleja ympäristö- ja muiden lupien myöntämispäätösten tueksi.</p>			
Avainsanat Melu, melumallinnus, maa-ainesten ottoalue, Cadna A			
Julkinen			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author(s) Anna-Maria Tirkkonen			
Title of Thesis Noise Prediction in Soil Extraction Areas using Cadna A Software			
Date	10 May 2013	Pages/Appendices	46/10
Supervisor(s) Mr Teemu Räsänen, Lecturer and Mrs Merja Tolvanen, Principal Lecturer			
Client Organisation /Partners SGM Consulting/ Mr Santtu Tenhunen, Environmental Engineer			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to draw up working instructions on noise prediction. These working instructions were supposed to contain detailed instructions on how to create a noise map using the 3d-win and Cadna A software. In addition, reporting guidelines were supposed to be included. The need for this thesis arose as the company was restructuring its integrated management systems. Noise prediction is company's new line of business and the prospective integrated management system requires working instructions in Finnish.</p> <p>In this thesis noise predictions were made on two soil extraction areas and the working instructions were compiled during these modellings. The usage of the software and the procedure of modeling were instructed by the company prior to the actual noise prediction and compiling of the working instructions. Additional instructions to the modelling procedure were constantly available during the thesis project. After the working instructions were completed and approved by the company the working instructions were tested by a testee. The testee performed a modelling according to the work instructions and the authenticity, intelligibility and clarity of the instructions were observed. The final defects and incoherencies were rectified during this test modelling.</p> <p>As a result of this thesis, the company got detailed instructions on noise prediction using their software. In the work instructions every step from the needed data to printing the completed model is told accurately. An example outline of a good noise modeling report is also included after the instructions. With noise prediction software it is simple to illustrate the spread of noise and to plan as cost-effective noise abatement actions as possible. Based on this thesis it can be mentioned that high quality and reliable noise maps to support the granting process of soil excavation and environmental permits can be created using Cadna A software.</p>			
Keywords Noise, Noise prediction, Soil extraction area, Cadna A			
Public			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	ÄÄNI	8
2.1	Taajuus.....	8
2.2	Äänen voimakkuus.....	8
2.3	Äänen eteneminen ilmassa	8
3	MELU JA ÄÄNEKKYYS.....	10
3.1	Vakioäänekkyyssäyrästä.....	10
3.2	Melutasojen ohjearvot.....	11
3.3	Melutasojen korjaukset.....	12
3.3.1	Impulssimelu	12
3.3.2	Kapeakaistainen melu.....	13
4	MAA-AINESTEN OTTOALUEITA KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ.....	14
4.1	Maa-ainelaki ja -asetus	14
4.2	Ympäristönsuojelulaki ja -asetus	14
4.3	Muut lait ja asetukset.....	15
5	MELUSELVITYKSET.....	17
5.1	Laskennallinen melunleviämismalli	17
5.2	Maa-ainestuotannon aiheuttama melu.....	19
5.3	Cadna A -mallinnuksen lähtökohtia	21
5.4	Maanmittauslaitoksen tietoaineistot.....	23
6	MELUMALLINNUKSEN JA TYÖOHJEEN LAADINTA.....	25
6.1	Mallinnuksen kulku.....	25
6.2	Mallinnuskohde 1: Pielaveden Laajakummun maa- ja kiviainesalue	28
6.2.1	Lähtötiedot	28
6.2.2	Melunleviämismalli	29
6.2.3	Laajakummun maa-ainesten ottoalueelta mitatut melutasot.....	31
6.2.4	Mallien luotettavuuden arviointi.....	32
6.3	Mallinnuskohde 2: Rukasmäen maa-ainesalue, Karttula.....	33
6.3.1	Lähtötiedot	33
6.3.2	Melunleviämismalli	36
6.3.3	Mallien luotettavuuden arviointi.....	40

7 JOHTOPÄÄTÖKSET	41
LÄHTEET	43

LIITTEET

Liite 1 Cadna A -melumallinnusohjelman laskennan pohjalla olevat ohjeet, raportit ja standardit

Liite 2 Työohjeen sisällysluettelo

Liite 3 Tien pinnoitteen vaikutus melutasoihin eri ajonopeuksilla ja raskaan liikenteen suhteellisilla osuuksilla

Liite 4 Laajakummun maa-ainesten ottoalueen melumalli nro 1

Liite 5 Laajakummun maa-ainesten ottoalueen melumalli nro 2

Liite 6 Laajakummun maa-ainesten ottoalueen melumalli nro 3

Liite 7 Laajakummun maa-ainesten ottoalueen melumalli nro 1

Liite 8 Laajakummun maa-ainesten ottoalueen melumalli nro 2

Liite 9 Laajakummun maa-ainesten ottoalueen melumalli nro 3

Liite 10 Laajakummun maa-ainesten ottoalueen melumalli nro 4

1 JOHDANTO

Melumallinnusten avulla voidaan selvittää meluongelmien laajuutta, sekä informoida asukkaita ja päättäjiä melua aiheuttavan toiminnon meluvaikutuksista. Lisäksi meluselvityksiä voidaan käyttää apuna kaupunki- ja liikennesuunnittelussa sekä arvioida meluntorjuntatoimenpiteiden tarpeellisuutta ja tehokkuutta. Maa-ainesten ottoalueiden melumallinnuksilla pyritään selvittämään, kuinka suurta meluhaittaa maa-ainesten ottotoiminta aiheuttaa lähiympäristössään. Myös meluvallien ja muiden meluntorjuntatoimenpiteiden mitoittaminen pystytään tekemään mallinnusohjelmilla. Melumalli liitetään usein myös ympäristölupahakemukseen osoittamaan toiminnan aiheuttamaa melun leviämistä ja mahdollisten meluntorjuntatoimenpiteiden vaikutusta. Melumallinnuksista on tulossa yhä tärkeämpi osa ympäristövaikutusten arviointia.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä maa-ainesten ottoalueiden melumallinnustarpeeseen ja luoda Suomen GPS-Mittaus Oy:n toimintajärjestelmään suomenkieliset työohjeet melumallin tekemisestä yrityksen tarpeisiin Cadna A -melumallinnusohjelmalla. Melumallinnusohjelman lisäksi käytetään 3D-win -ohjelmaa maastotiedon hankintaan ja käsittelyyn. Työohjeen laadinnan tueksi tehdään melumallinnuksia kahdesta kohteesta. Erityyppisten mallinnuskohteiden avulla saadaan työohjeesta tarpeeksi kattava yrityksen tarpeisiin. Molemmat kohteet ovat maa-aineksen ottoalueita, joihin mallinnetaan myös tieliikennemelu. Raskaan liikenteen aiheuttama tieliikennemelu on osa maa-ainesten ottoalueiden aiheuttamaa meluhaittaa. Työn tavoitteena on laatia yksityiskohtaiset työohjeet yrityksen käyttöön. Laadittavien työohjeiden avulla on tarkoitus pystyä tekemään luotettava melumallinnus yrityksen käytössä olevilla tietokoneohjelmilla ilman erillisiä ohjelmien käyttöohjeita. Työohjeiden selkeys, ymmärrettävyys ja paikkansapitävyys testataan sellaisen koehenkilön avulla, joka ei ole ennen käyttänyt vastaavia ohjelmia.

Tässä työssä käytetään Cadna A -melumallinnusohjelmaa. Cadna A (Computer Aided Noise Abatement) on saksalaisen DataKustik GmbH:n tuottama ympäristömelun laskentaohjelma. Cadna A:n avulla voidaan laskea ja mallintaa teollisuuden, urheilutapahtumien ja vapaa-ajan toimintojen, sekä tie-, rautatie- ja lentoliikenteen aiheuttamaa melua. Laskennan ja mallinnuksen lisäksi tulokset saadaan esitettyä havainnollisesti karttapohjalla, jonka päällä on esitetty melutasot melukaistoittain, esimerkiksi 5 dB välein. Jokainen melukaista esitetään omalla värillään tai mustavalkoisessa tulosteessa rastereilla. Melumallinnuksen lisäksi Cadna A -ohjelmalla saadaan mallinnettua ilmansaasteiden leviämistä.

Muita ympäristömelun mallinnusohjelmia ovat muun muassa suomalainen Noisy, saksalaiset SoundPLAN ja SAOS-NP, saksalais-hollantilainen Lim-A, espanjalainen CUSTIC, kyproslainen Olive Tree Lab Terrain, iso-britannialainen IMMI sekä amerikkalaiset SPM9613 ja lentomelun mallinnusohjelma INM. Osassa näistä ohjelmista on mahdollista mallintaa myös päästöjen leviäminen teollisuuskohteista sekä sisätilamelu. Sisätilamelun mallinnusohjelmia ovat esimerkiksi saksalaiset Cadna R ja SoundPLAN, ranskalainen CATT-Acoustic, espanjalainen SONarchitect ISO, kyproslainen Olive Tree Lab Terrain sekä saksalais-hollantilainen NoiseATWork. Äänieristeiden ja rakenteiden melumallinnuksia voidaan laatia muun muassa saksalaisen BASTIAN ja espanjalaisen SONarchitect ISO ohjelmien

avulla. Cadna A:n lisäksi DataKustik GmbH:n on kehittänyt myös Cadna R ja BASTIAN –mallinnus-ohjelmat.

Työn tilaajana toimii Suomen GPS-Mittaus Oy (SGM Oy), joka on vuonna 1993 perustettu Savon Kuljetus Oy:n tytäryhtiö. SGM Oy on infra-alan palveluita tuottava insinööritoimisto, joka työllistää 18 henkilöä Kuopiossa ja Jyväskylässä. Yrityksen päätoimipaikka sijaitsee Kuopion Itkonniemen teollisuusalueella. Yrityksen toimialaan kuuluvat mm. infra-alan mittaus, testaus ja suunnittelupalvelut. SGM Oy on uudistamassa toimintajärjestelmäänsä ja sen myötä syntyi tarve tälle opinnäytetyölle. Melumallinnus on yrityksen uusi aluevaltaus ja nyt yritys tarvitsee uuden toimintajärjestelmän mukaiset suomenkieliset työohjeet melumallinnukseen.

2 ÄÄNI

Ääni on mekaanista aaltoliikettä, joka etenee väliaineessa. Korvan kuuloluiden värähtely tämän mekaanisen aaltoliikkeen pakottamana tuottaa kuuloaistimuksen. Äänen fysikaalisia ominaisuuksia ovat taajuus, voimakkuus ja kesto.

2.1 Taajuus

Taajuus kertoo kuinka monta aaltoa kulkee havainnointipisteen ohi sekunnissa. Taajuutta ilmaistaan yksikössä Hz (hertsi). Ihminen kykenee havaitsemaan 20–20 000 Hz:n taajuusalueella esiintyvät äänet kuuloaistimuksena. Alle 20 Hz:n taajuusalueella olevat äänet ovat nimeltään ultraääniä ja yli 20 000 Hz:n taajuiset äänet infraääniä. Ääntä, joka sisältää kaikkia taajuuksia, ja jossa jokaisen taajuuden voimakkuus on yhtä suuri, kutsutaan valkoiseksi ääneksi tai kohinaksi. Puolestaan ääntä, joka sisältää vain yhden taajuista ääntä, kutsutaan ääneksi. Lähes kaikki luonnolliset äänilähteet tuottavat ääntä, joka sisältää useita eri taajuuksia, joiden voimakkuus voi vaihdella. (Jauhiainen 2007, 11; liite 2.)

Äänen taajuussisältöä voidaan kuvata spektrien avulla. Spektrissä äänenpainetasot on ilmoitettu joko oktaavi- tai terssikaistoittain. Oktaavi- ja terssispektrit on luokiteltu standardissa SFS-EN ISO 266 (1997) *Akustiikka. Suositeltavat taajuudet*. Oktaavi on taajuusalue, joka määritellään siten, että oktaavikaistan yläraja on kaksi kertaa niin suuri, kuin sen alaraja. Terssikaista puolestaan on geometrisesti kolmasosa oktaavikaistasta. (Airola 2008, 7.) Oktaavi- ja terssikaistat on nimetty suositeltavan taajuuden mukaan (SFS-EN ISO 266 1997).

2.2 Äänen voimakkuus

Äänen voimakkuus, eli äänenpainetaso ilmoitetaan yksikössä dB (desibeli) ja se on hetkellisen ja staattisen ilmanpaineen ero suhteutettuna vertailuarvoon. Vertailuarvona käytetään 20 μPa :n (mikroPascal) tehollisarvoa ilmassa. (TEPA.) 20 μPa :n tehollisarvoa vastaa 0 dB, joka on ihmisen kuulokynnyksen alaraja 1 000 Hz:n taajuudella. Ihmiskorvalla ei pystytä havaitsemaan pieniä paineen muutoksia, vaan kuulo toimii logaritmisesti. Äänenpaineen mitta-asteikkona käytetään logaritmista desibeliasteikkoa, jolloin asteikko vastaa paremmin ihmisen kuuloaistimusta. Äänitehon kaksinkertaistuminen vastaa 3 dB:n nousua äänenpainetasossa. Ihmisen kuuloaistin kipukynnys on noin 130 dB. (Jauhiainen 2007, 11.)

2.3 Äänen eteneminen ilmassa

Äänen etenemiseen ilmassa vaikuttavat väliaineen ominaisuudet ja ympäristö. Äänen etenemiseen ilmassa vaikuttavat lämpötila, auringon säteilyn määrä, maanpinnan laatu, muodot ja esteet, tuulen suunta ja nopeus sekä ilman suhteellinen kosteus. Edellä mainittujen ominaisuuksien lisäksi myös lämpötila- ja tuuligradientit, eli olosuhteiden vaihtelevuus eri korkeuksilla, vaikuttavat äänen etenemiseen. (Eurasto 2003, 5.)

Auringon säteily lämmittää maaperää ja lähellä maanpintaa olevaa ilmakehää. Lämmennyt ilma nousee ylöspäin ja aiheuttaa turbulenssia. Turbulenssi ja paikalliset lämpötilaerot puolestaan vaikuttavat äänen etenemiseen. Maanpinnan laatu puolestaan vaikuttaa paitsi maanpintaa lähellä olevan ilman lämpenemiseen ja sitä kautta äänen taittumiseen, myös muihin akustisiin ominaisuuksiin, kuten heijastukseen. Maaperän muodot vaikuttavat äänen taipumiseen ja esteet diffraktioon. Myös äänen absorptio väliaineeseen ja esteisiin on huomioitava. (Eurasto 2003.)

Tuulen vaikutus äänen etenemiseen on suuri. Myötätuulella ääni etenee paremmin, kun taas vastatuulella äänen eteneminen hidastuu. Vastatuulen vaikutus äänen etenemiseen on erittäin suuri. Lämpötilan ja suhteellisen ilmankosteuden vaikutusta äänen vaimenemiseen on esitelty taulukossa 1. Taulukon 1 mukaan, vaimentuminen on vähäisintä matalilla taajuuksilla ja tehokkainta korkeilla taajuuksilla.

Taulukko 1 Ilmakehän meluvaimennuskertoimen a (dB/km). (ISO 9613-2 1996, 15)

Lämpötila	Suhteellinen kosteus	Ilmakehävaimennuskertoimen							
		Nimellinen oktaavikaistan keskitajuus, Hz							
°C	%	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
10	70	0,1	0,4	1,0	1,9	3,7	9,7	32,8	117
20	70	0,1	0,3	1,1	2,8	5,0	9,0	22,9	76,59
30	70	0,1	0,3	1,0	3,1	7,4	12,7	23,1	59,3
15	20	0,3	0,6	1,2	2,7	8,2	28,2	88,8	202
15	50	0,1	0,5	1,2	2,2	4,2	10,8	36,2	129
15	80	0,1	0,3	1,1	2,4	4,1	8,3	23,7	82,8

3 MELU JA ÄÄNEKKYYS

Melu on ääntä, jonka ihminen kokee epämiellyttäväksi tai häiritseväksi tai joka muulla tavoin on ihmisen terveydelle vahingollista tai hänen muulle hyvinvoinnilleen haitallista. Melu on siis osittain subjektiivinen käsite ja ääni koetaan meluksi kuulijan mukaan.

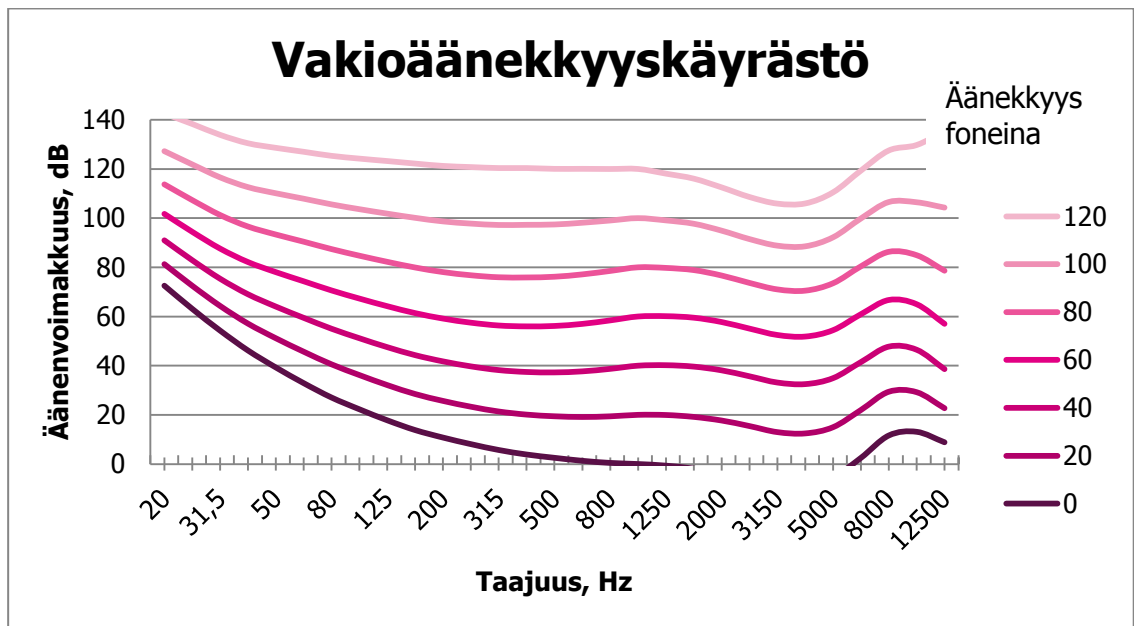
Melu voi aiheuttaa viihtyvyyshaittaa, fysiologisia elintoimintojen muutoksia, kuten unen puutetta, keskittymiskyvyn menetystä ja päänsärkyä sekä kudonsaatioita, kuten kuulon menetystä. Koska melu on osittain fysiologisten ja osittain koettujen tekijöiden summa, melun häiritsevyyteen liittyy myös muita tekijöitä kuin äänen voimakkuus. Näitä tekijöitä ovat äänen esiintymisen ajankohta, äänen akustiset ominaisuudet, merkityssisältö sekä muut, yksilölliset ja yhteisölliset seikat. (Jauhiainen ym 2007, 7.)

Melun vaikutuksia eläimiin on tutkittu vasta hyvin vähän. On kuitenkin huomattu, että melu voi mm. häiritä eläinten kommunikaatiota ja vaikuttaa muutenkin eläinten hyvinvointiin. Esimerkiksi linnuilla melu vaikuttaa pariutumiseen ja siten lisääntymiseen. (Susiluoma & Yrjö-Koskinen 2006) Yleisesti ottaen melun vaikutukset eläimiin ovat samankaltaisia kuin ihmisiin. Melusta aiheutuu myös eläimille niin viihtyvyyshaitta, kuin unen tai unenkaltaisen tilan häiriintymistäkin. (Larkin 1996.) Eläinten käyttäytyminen muuttuu vallitsevan melutilanteen mukaan ja tämä voi johtaa välillisesti myös kasvilisävaikutuksiin meluisilla alueilla. Jos eläimet, jotka normaalisti edesauttavat tietyn kasvilajin leviämistä jollakin alueella, häiriintyvät melusta ja sen seurauksena siirtyvät toisenlaiseen elinympäristöön, voi kasvilajienkin levinneisyys muuttua. (Tiede-lehden www-sivut)

Ihmisen kuuloaisti ei toimi lineaarisesti äänen voimakkuuden suhteen, ja myös eri taajuudet kuullaan eri tavoin. Kuuloaisti on herkimmillään 1 kHz:n taajuisille äänille ja sitä pienempää taajuutta olevat äänet kuullaan hiljaisempina samalla ääniteholla. Suurempitaajuiset äänet kuullaan herkemmin aina 4 kHz:iin asti, jonka jälkeen äänestien kuultavuus taas heikkenee. Tämän vuoksi äänen häiritsevyyden arvioinnissa käytetään äänenpainetaso sijasta äänekkyyttä, jonka yksikkö on foni. (Jauhiainen ym 2007, 11.)

3.1 Vakioäänekkyyssäyrä

Äänekkyyttä voidaan kuvata vakioäänekkyyssäyrällä, joka esittää äänekkyyden suhteessa mitattuun äänenpainetasoon (SFS-ISO 226 1989). Kuvion 1 mukaisessa vakioäänekkyyssäyrässä äänekkyyden on esitetty käyrinä eri taajuuksilla. Kukin käyrä esittää kuulua äänekkyyttä. Vakioäänekkyyssäyrää tulkitaan siten, että esimerkiksi 30 fonin ääni 31,5 Hz:n taajuudella on todelliselta äänenpaineeltaan noin 75 dB ja 4 000 Hz:n taajuudella noin 25 dB. Kuvion 1 vakioäänekkyyssäyrä on piirretty SFS-ISO 226 *Akustiikka. Vakioäänekkyyssäyrät.* -standardissa esitettyjen kaavojen mukaan.



KUVIO 1 Vakioäänekkyysskäyrästä (koottu lähteestä SFS-ISO 226 1989)

3.2 Melutasojen ohjearvot

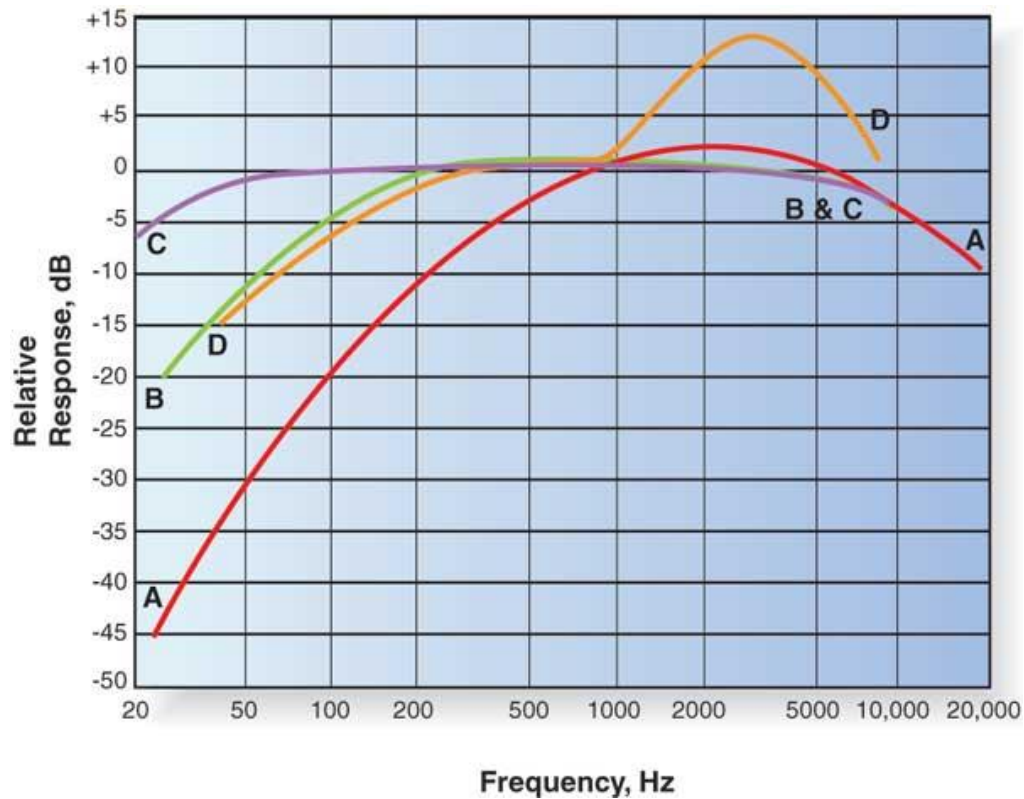
Koska äänekkyyden kokeminen on riippuvainen äänen voimakkuudesta ja taajuudesta, sekä ajankohdasta, sisällöstä ja kestosta, ei yksiselitteisesti voida määrittää melutasoarvoa, joka nimeäisi äänen häiritseväksi tai ei-häiritseväksi. Tämän takia maankäytön, liikenteen ja rakentamisen suunnittelussa sekä rakentamisen lupamenettelyissä sovelletaan meluhaittojen ehkäisemiseksi ja ympäristön viihtyvyyden turvaamiseksi Valtioneuvoston päätöksen 993/1992 melutasojen ohjearvoista mukaisia ohjearvoja (taulukko 2).

Taulukko 2 Valtioneuvoston päätös melutasojen ohjearvoista (Valtioneuvoston päätös 993/1992)

Kohde	$L_{Aeq,T}$	$L_{Aeq,T}$
	klo 7—22	klo 22—7
Asumiseen käytettävät alueet, virkistysalueet taajamissa ja taajamien välittömässä läheisyydessä sekä hoito- tai oppilaitoksia palvelevat alueet	55 dB	50 dB (Uusilla alueilla 45 dB)
Loma-asumiseen käytettävät alueet, leirintäalueet, taajamien ulkopuolella olevat virkistysalueet ja luonnonsuojelualueet	45 dB	40 dB

Taulukossa 2 sallitut melutasot on ilmoitettu suurella $L_{Aeq,T}$, joka tarkoittaa melun A-painotettua ekvivalenttitasoa, eli A-painotuksella korjattua keskiäänitasoa. A-painotuksella äänen eri taajuuksien äänenpainetasot saadaan vastaamaan kuuloaistimusta, eli matala- ja korkeataajuiset äänet vaimentuvat A-taajuuspainotusta käytettäessä. (Jauhiainen 2007, 12.)

Toinen yleisesti käytetty taajuuspainotus on lineaarinen painotus. Lineaarinen painotus tarkoittaa sitä, että painotusta ei käytetä ollenkaan ja kaikilla taajuuksilla mitatut äänenpainetasot ovat käytössä. B- ja D- painotukset ovat vanhempia taajuuspainotuksia, jotka vastaavat ihmisen kuuloaistia. A-painotus on korvannut B- ja D-painotukset. (Ray 2010.) C-painotusta käytetään lähinnä impulssimaisia meluja mitatessa (Jauhiainen ym 2007, 12–13.). Kuviossa 2 on esitetty eri taajuuspainotuksia kuvaava käyrästä.



KUVIO 2 Melutason painotuskäyrät (Melutason painotuskäyrät. Extron)

3.3 Melutasojen korjaukset

Melun luonteesta, kuten taajuussisällöstä ja kestosta riippuen, häiritsevyys koetaan eri tavoin. Tämän vuoksi melutasoja mitatessa ja melun leviämistä mallinnettaessa melun häiritsevyyttä arvioidaan sen mukaan, onko melu impulssimaisista tai kapeakaistaisista. Jos melu havaitaan impulssimaiseksi tai kapeakaistaiseksi, tehdään melutasoihin korjaus ennen vertaamista ohjearvoihin. Kuitenkin melun leviämistä mallinnettaessa, melun häiritsevyyden arvioinnissa otetaan huomioon melulähteen ja häiriintyvän kohteen etäisyys toisistaan. Melun impulssimaisuus ja kapeakaistaisuus vähenevät etäisyyden kasvaessa ja yli 500 metrin etäisyydellä niitä ei enää havaita (Pärjälä 2012). Melun impulssimaisuuden tai kapeakaistaisuuden perusteella tehdyt korjaukset poikkeavat toisistaan ympäristömelun ja sisätilamelun arvioinnissa (Sosiaali- ja terveysministeriö 2003, 45–48). Tässä työssä käsitellään ympäristömelua.

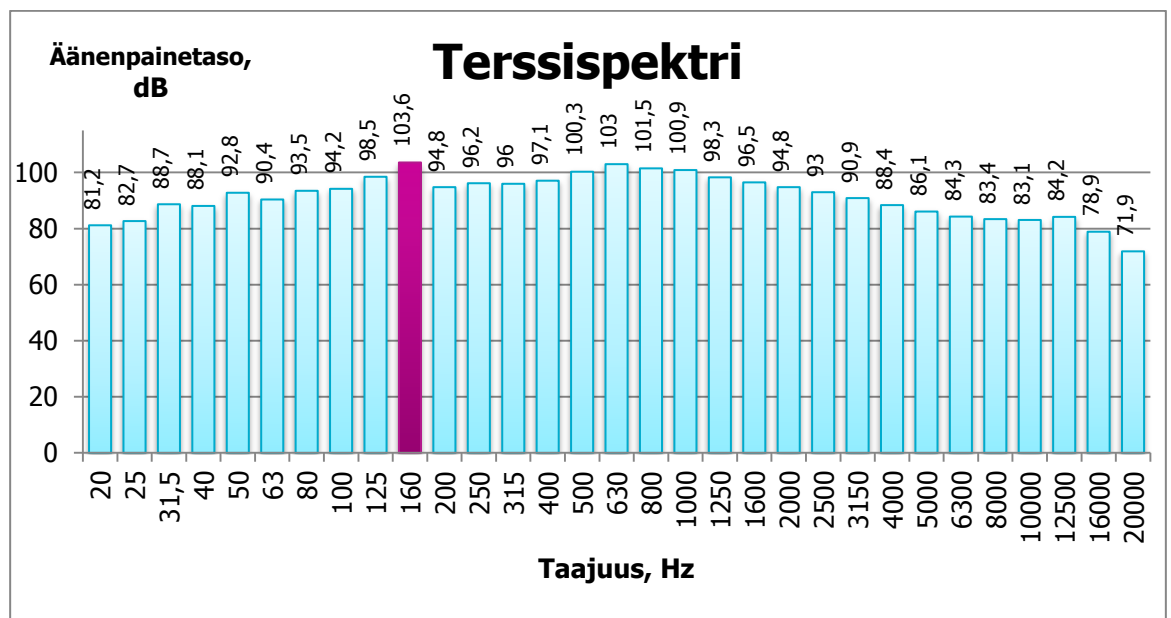
3.3.1 Impulssimelua

Impulssimaisella melulla tarkoitetaan hetkellisiä, korkeintaan 1 s kestäviä meluhuippuja sisältävää melua (Jauhiainen 2007, 12). Impulssimelua ovat esimerkiksi ampumäänet ja erilaiset isku- ja ko-

lahdusäänet. Impulssimelua sisältävän toiminnan aiheuttama melu, jossa melutyyppinä ei pääasias-
sa ole impulssimelu, mitataan yleensä A-painotettuna ekvivalenttitasona. Melutasoltaan impulssit
voivat olla useita kymmeniä desibelejä muuta melutasoa korkeampia melupiikkejä, mutta lyhytke-
toisuutensa vuoksi ne eivät nosta keskiäänitasoa. Tällöin käytetään impulssikorjausta melun häiritse-
vyyttä arvioitaessa. Impulssimelukorjauksessa keskiäänitasoon lisätään 5 dB ennen ohjearvoihin ver-
taamista. Melumittaustilanteissa lisäys tehdään mitattuun arvoon ja mallinnustilanteissa impulssikor-
jaus lisätään lähimpien häiriintyvien kohteiden kohdalle laskettuihin melutasoarvoihin, jos etäisyys
melulähteen ja häiriintyvän kohteen välillä on riittävän pieni.

3.3.2 Kapeakaistainen melu

Myös hyvin kapeakaistainen ääni on häiritsevempää kuin leveäkaistainen ääni. Kapeakaistainen ääni
voi kuulostaa soivalta, vinkuvalta, ulisevalta tai kumisevalta (Suomen Ympäristökeskus 2010, 37).
Kapeakaistaisuuskorjausta käytetään äänen häiritsevyyden arviointiin silloin, kun äänen terssispekt-
ristä yksi terssikaista saa 5 dB korkeamman äänenpainetasoa kuin sitä seuraava tai edeltävä terssi-
kaista. Kuviossa 3 on esitetty terssispektri äänestä, johon äänen häiritsevyyttä arvioitaessa olisi käy-
tettävä kapeakaistaisuuskorjausta. Kuvion spektri ei ole todellinen mittaustulos, vaan havainnekuva
kapeakaistaisen äänen terssispektristä. Kapeakaistaisuuskorjauksessa keskiäänitasoon lisätään 5 dB
ennen ohjearvoon vertaamista. Melumittaustilanteissa lisäys tehdään mitattuun arvoon ja mallinnus-
tilanteissa kapeakaistaisuuskorjaus lisätään lähimpien häiriintyvien kohteiden kohdalle laskettuihin
melutasoarvoihin, jos etäisyys melulähteen ja häiriintyvän kohteen välillä on riittävän pieni.



KUVIO 3 Terssispektri. Äänenpainetasot terssikaistoittain. Punaisella kuvattu terssikaista aiheuttaa kapeakaistaisuuskorjauksen.

4 MAA-AINESTEN OTTOALUEITA KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ

Tässä luvussa selostetaan maa-ainesten ottoalueita koskevaa lainsäädäntöä. Tarkemman tarkastelun kohteena ovat lait ja asetukset, jotka velvoittavat toimijoita tekemään ympäristövaikutusarviointia maa-ainesten ottamistoiminnassa.

4.1 Maa-aineslaki ja -asetus

Maa-aineslain (555/1981) keskeinen tarkoitus on ohjata maa-ainestenottoa kestäväen kehityksen periaatteiden mukaisesti, suojaten luontoa ja maisemallisesti arvokkaita kohteita (Ympäristöministeriö 2009, 13). Maa-aineslakia sovelletaan kiven, soran, hiekan, saven ja mullan ottamiseen poiskuljettavaksi taikka paikalla varastoitavaksi tai jalostettavaksi. Maa-aineslakia ei sovelleta, jos kyseessä on

- kaivoslakiin perustuva toiminta
- rakentamisen yhteydessä irrotettujen ainesten ottaminen ja hyväksikäyttö, kun toimenpide perustuu viranomaisen antamaan lupaan tai hyväksymään suunnitelmaan
- sellaista ainesten ottamista vesialueella, johon tarvitaan vesilain mukaan vaadittava aluehallintoviranomaisen lupa.

Maa-aineslaissa tarkoitettuun maa-ainesten ottoon on saatava lupa (maa-aineslupa), ellei maa-aineksia oteta omaa tavanomaista kotikäyttöä varten asumiseen tai maa- ja metsätalouteen ja hyödynnetä sitä rakentamiseen tai kulkuyhteyksien kunnossapitoon. Lupaa haettaessa on esitettävä ottamissuunnitelma, ellei hanke ole laajuudeltaan ja vaikutuksiltaan vähäinen. (Maa-aineslaki 555/1981.)

Jos maa-ainesten otto vaatii ottamissuunnitelman, sovelletaan maa-aineslain mukaista valtioneuvoston päätöstä maa-ainesten ottamisesta (926/2005). Tämä niin kutsuttu maa-ainesasetus määrää maa-ainesten ottamissuunnitelmassa esitettävän selvitykset alueen luonnonolosuhteista ja hankkeen ympäristövaikutuksista. Jos hankkeen laajuus edellyttää ympäristövaikutusten arviointimenettelyä, ei ottamissuunnitelmaan tarvita erillistä selvitystä hankkeen ympäristövaikutuksista. (Valtioneuvoston päätös maa-ainesten ottamisesta 926/2005.)

Ympäristövaikutusten arviointimenettelyä on käytettävä, jos kiven, soran tai hiekan otossa louhinta- tai kaivualueen pinta-ala on yli 25 hehtaaria tai jos otettavan maa-aineksen määrä on vähintään 200 000 kiintokuutiometriä vuodessa (Valtioneuvoston asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 713/2006).

4.2 Ympäristönsuojelulaki ja -asetus

Ympäristönsuojelulain (86/2000) tavoitteena on ehkäistä ympäristön pilaantumista sekä poistaa ja vähentää pilaantumisesta aiheutuvia vahinkoja, turvata terveellinen ja viihtyisä, sekä luonnontaloudellisesti kestävä ja monimuotoinen ympäristö. Lisäksi tavoitteena on ehkäistä jätteiden syntyä ja

jätteiden haitallisia vaikutuksia, edistää luonnonvarojen kestäväää käyttöä sekä torjua ilmastonmuutosta ja tukea kestäväää kehitystä. Myös ympäristöä pilaavan toiminnan vaikutusten arvioinnin tehostaminen ja kokonaisuuden huomioonottaminen sekä kansalaisten vaikutusmahdollisuuksien parantaminen ympäristöä koskevaan päätöksentekoon ovat lain keskeisiä tavoitteita. (Ympäristönsuojelulaki 86/2000.)

Ympäristönsuojelulaki määrää, että ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavalle toiminnalle on haettava ympäristölupa. Ympäristönsuojeluasetuksessa (169/2000) puolestaan säädetään tarkemmin luvanvaraisesta toiminnasta.

Ympäristönsuojeluasetuksen mukaan luvanvaraisuus koskee maaperän aineiden ottoa, kun kyseessä on kivenlouhimo tai sellainen muu, kuin maanrakennustoimintaan liittyvä kivenlouhinta, jossa kiviainesta käsitellään vähintään 50 päivää, tai kiinteä murskaamo tai sellaiselle tietylle alueelle sijoitettava siirrettävä murskaamo, jonka toiminta-aika on yhteensä vähintään 50 päivää. (Ympäristönsuojeluasetus 169/2000)

4.3 Muut lait ja asetukset

Maa-ainesten ottoalueiden toimintaan vaikuttavat myös useat muut lait. Lakien tarkoitus on suojella maa-ainestenoton toiminta-alueiden lähiympäristöä eri katsantokannoilta. Niin eläimet, kasvit ja muinaismuistot, kuin ihmisetkin pyritään ottamaan huomioon maa-ainesten ottoalueiden lähiympäristössä. Alla listatut lait ja asetukset ohjaavat maa-aineksenottotoimintaa yleisesti.

- Luonnonsuojelulaki (1096/1996)
- Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (468/1994)
- Maankäyttö ja rakennuslaki (132/1999)
- Vesilaki (587/2011)
- Maantielaki (503/2005)
- Ratalaki (110/2007)
- Muinaismuistolaki (295/1963)
- Metsälaki (1093/1996)
- Laki eräistä naapuruussuhteista (26./1920)
- Valtioneuvoston päätös melutason ohjeistoista (993/1992)
- Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä (190/2013)
- Valtioneuvoston asetus kivenlouhimojen, muun kivenlouhinnan ja kivenmurskaamojen ympäristönsuojelusta (800/2010)

Ympäristöministeriön ohjeessa maa-ainesten kestävästä käytöstä mainitaan, että ”Maa-ainesten ottoon saattaa vaikuttaa myös EY:n luontodirektiivin liitteessä IV a mainittujen lajien suojelu.” Luonnonsuojelulain keskeisimpiä tavoitteita ovat luonnon monimuotoisuuden ylläpitäminen, luonnonvarojen ja luonnonympäristön kestävään käytön tukeminen sekä luonnonkauden ja maisema-arvojen vaaliminen. Ympäristövaikutustenarviointimenettelyä koskevat laki ja asetus ohjaavat toiminnanharjoit-

tajien toimintaa velvoittamalla ottamaan ympäristövaikutukset huomioon. Vesilain tavoitteena on suojella vesistöjä ja pohjavesiä. Muinaismuistolain mukaan kaikki muinaismuistot, kuten muinaiset asuin- ja hautapaikat ovat rauhoitettuja. Jos muinaisjäännöksiä esiintyy maa-aineisten oton aikana, on ottaminen lopetettava. Myös vedenalaiset muinaisjäänteet, kuten yli sata vuotta sitten uponneiden laivojen hylät ja muut vanhat ihmisen tekemät veden alaiset rakenteet, ovat rauhoitettuja. Met-sälain tarkoituksena on pyrkiä säilyttämään monimuotoisuus ja erityisen tärkeät elinympäristöt. (Ympäristöministeriö 2009, 18—28)

5 MELUSELVITYKSET

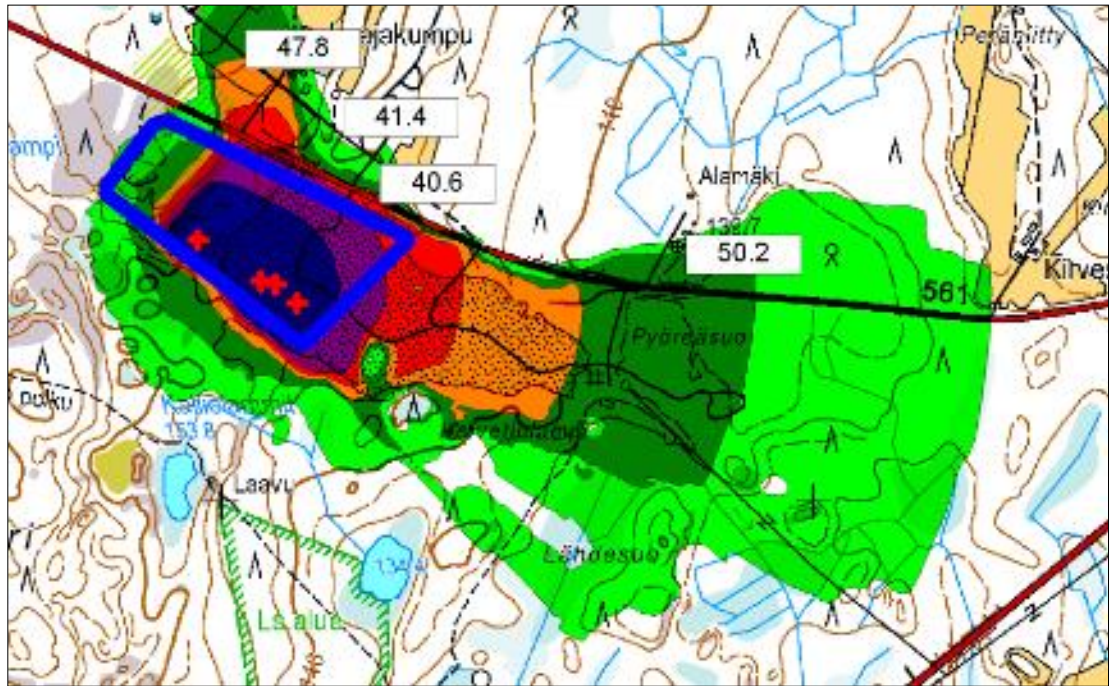
Meluselvitysten avulla voidaan selvittää meluongelmien laajuutta, sekä informoida asukkaita ja päättäjiä melua aiheuttavan toiminnon meluvaikutuksista. Lisäksi meluselvityksiä voidaan käyttää apuna kaupunki- ja liikennesuunnittelussa ja arvioida meluntorjuntatoimenpiteiden tarpeellisuutta ja tehokkuutta. Selvityksissä todennetaan melutilanne sekä arvioidaan melun ympäristövaikutuksia ja meluntorjuntatoimenpiteiden tarpeellisuutta ja eri meluntorjuntavaihtoehtojen tehokkuutta selvityskohde- teessa. Melutilanteen todentaminen voidaan toteuttaa melumittauksin, melunleviämismallinnuksin tai kartoittamalla ja arvioimalla melun häiritsevyyttä. (Ympäristöministeriö 2007, 9. Airola 2008, 11.)

Ympäristöministeriön nimittämä LIME-työryhmä on vuonna 2001 julkaistussa raportissa ”Liikenne- melun huomioon ottaminen kaavoituksessa” arvioinut laskentamallien ja melumittausten soveltuvan meluselvityksen melutason todentamisen menetelmiksi erilaisissa tilanteissa. Raportin mukaan lasken- tamallit soveltuvat sellaisissa tapauksissa, joissa melulähdettä ei vielä ole, arvioidaan tulevaisuuden melutilannetta, vertaillaan erilaisia melutasoon vaikuttavia tekijöitä, melutilanne on selvitettävä laa- jalta alueelta tai jos mittaaminen on vaikeaa tai mahdotonta, esimerkiksi sääolojen takia. Melumitta- ukset puolestaan soveltuvat paremmin tilanteisiin, joissa melulähteen ominaisuuksia ei tunneta, tu- loksia tarvitaan vain muutamasta pisteestä tai laskenta on vaikeaa esimerkiksi hankalan maaston tai laskentalinjalla olevien esteiden takia. (Airola 2008, 12.)

5.1 Laskennallinen melunleviämismalli

Laskennallinen melunleviämismalli, melumalli tai melukartta on graafinen esitys melua aiheuttavan toiminnan lähiympäristön melutasoista. Melunleviämismallin pohjana on mallinnettavan alueen pe- ruskartta, jonka päälle on piirretty meluverkko, jonka eri värit kuvaavat melutasokaistoja. Melu- tasokaistalla tarkoitetaan melutasoa jollakin melutasovälillä, esimerkiksi 45—50 dB. Meluverkon li- säksi kuvaan voi olla merkitty muuta olennaista tietoa, kuten melua aiheuttavan toiminnon toiminta- alue, melulähteiden, häiriintyvien kohteiden tai mahdollisten meluntorjuntaan käytettävien melusei- nien tai -vallien sijainti ja yksittäisten pisteiden laskennallinen melutaso.

Kuviossa 4 esitetyssä melunleviämismallissa melua aiheuttavan toiminnon toiminta-alue on kuvattu sinisellä viivalla, melulähteet punaisella ristillä ja laskennan mukaiset tarkat melutasot mustilla nu- meroilla valkoisissa laatikoissa. Varsinainen meluverkko on kuvattu värein sininen, violetti, punainen, oranssi, tumman vihreä ja vaalean vihreä. Värit kuvastavat melutasokaistoja, järjestyksessä korke- ammasta matalampaan melutasoon.














KUVIO 4 Esimerkki melunleviämismallista. (Kuvakaappaus Cadna A -ohjelmistosta 27.2.2013)



Maa-ainesten ottoalueiden laskennallisen melumallin tarkoituksena on pääasiassa selvittää, ylittyytkö Valtioneuvoston päätöksen (VnP 993/1992 melutaso ohjearvoista) mukaiset melutasot lähimmissä häiriintyvissä kohteissa, yleensä asuinkiinteistöillä. Jos melumallinnuskohteelle on myönnetty esimerkiksi ympäristö- tai maa-aineksenottolupa, voi lupaehdoissa olla määriteltynä myös muunlaiset melun raja-arvot toiminnalle.

Yleisesti hyväksytyjä laskentamalleja ei ole vielä kehitetty, joten käytettävä menetelmä on aina kuvattava tarkasti (SFS-ISO 1996-2 1992). Meluselvitysten laskennallisessa melunleviämismallissa suositellaan käytettäväksi standardin SFS-ISO 1996-2 mukaista melutasokaistojen luokitusta (Ympäristöministeriö 2007, 29). Standardin mukaisessa luokituksessa käytetään 11 melutasokaistaa (taulukko 3). Pienin ilmoitettu melutaso on < 35 dB ja kaistat jatkuvat 5 dB:n levyisinä. Viimeinen ilmoitettu kaista on 80–85 dB. Suomen GPS-Mittaus Oy:n tekemissä meluselvityksissä on kuitenkin päädytty käyttämään 6 kaistaista meluasteikkoa (taulukko 4). SGM Oy:n meluasteikko alkaa kaistasta 45–50 dB, koska 45 dB on Valtioneuvoston päätös 993/1992 mukaan ohjearvo, jota ei saa ylittää lomaa-asumiseen käytettävillä alueilla päiväaikaan. Meluasteikko loppuun kaistaan > 70 dB. 6 kaistainen meluasteikko tuo myös selvemmän ulkoasun ja helpottaa mallin tulkitsemista.

Taulukko 3 Standardin SFS-ISO 1996-2 mukainen melutasokaistojen luokitus 5 dB välein.

Melutaso (dB)	Väritys	
< 35	Vaalean vihreä	
35–40	Vihreä	
40–45	Tumman vihreä	
45–50	Keltainen	
50–55	Okra	
55–60	Oranssi	
60–65	Punainen	
65–70	Karmiinin punainen	
70–75	Lilan punainen	
75–80	Sininen	
80–85	Tumman sininen	

Taulukko 4 SGM Oy:n käyttämä melutasokaistojen luokitus 5 dB välein.

Melutaso (dB)	Väritys	
45–50	Vaalean vihreä	
50–55	Tumman vihreä	
55–60	Oranssi	
60–65	Punainen	
65–70	Violetti	
> 70	Tumman sininen	

5.2 Maa-ainestuotannon aiheuttama melu

Maa-ainesten ottotoiminnan aiheuttaman melun ympäristövaikutuksia on helpointa kuvata melumallinnuksen avulla. Melumalli liitetään ympäristölupahakemuksiin ja tarvittaessa ottosuunnitelmiin. Melumallissa pyritään kuvaamaan pahin mahdollinen melutilanne, joka toiminnosta aiheutuu. (Tenhunen, Santtu 2013.)

Maa-ainestuotannosta aiheutuva melu on peräisin erilaisista työvaiheista. Sora- ja kallioalueilla melua tuottavat rikotus, murskaus, työkoneet ja liikenne. Kallioalueilla edellä mainittujen lisäksi myös poraus ja räjäytys ja sora-alueilla seulonta aiheuttavat melua. Porauksen, työkoneiden, seulonnan ja liikenteen aiheuttama melu on tasaista ja räjäytyksen ja rikotuksen melu impulssimaista. (Suomen ympäristökeskus 2010, 32.)

Porauksesta aiheutuva melu on peräisin poravarresta ja poralaitteiston kompressorista moottoreineen (Suomen ympäristökeskus 2010, 32). Kuvassa 1 on esitetty Pantera 1100 -poravaunu. Kuva on peräisin Suomen GPS-Mittaus Oy:n melumittausraportista Kongasharjun maa-ainesalueelta, Puolangalta.



KUVA 1 Pantera 1100 -poravaunu. (Valokuva Santtu Tenhunen)

Räjähdyksestä syntyvä ääni on impulssimaista ja voi joissakin maa-aineksenottokohteissa olla ajoittain merkittävin melulähde. Räjähdyksen melutasoon vaikuttavat kallion lujuus ja kallioperän rakenne, räjäytysten määrä (1 krt/vrk—1 krt/vko) sekä räjäytettävä massa ja panostus. (Suomen ympäristökeskus 2010, 32.)

Rikotuksessa suuremmat lohkareet pienennetään ennen murskausta. Tarvittaessa rikotusta voidaan käyttää myös soranottoalueilla, mutta se on harvinaisempaa. (Suomen ympäristökeskus 2010, 32.) Yleensä rikotus tehdään hydraulisella iskuvasaralla.

Murskauksesta aiheutuva melu on osittain tasaista ja osittain impulssimaista riippuen murskauksen vaiheesta. Eri murskauslaitteistojen melutasot eroavat suuresti toisistaan. Liikuteltavien murskauslaitosten melutasojen on todettu olevan noin 2 dB pienempiä, kuin kiinteiden murskausasemien. Myös murskattava materiaali vaikuttaa aiheutuvaan melutasoon. Murskauslaitteistoon voi kuulua esimerkiksi esi-, väli- ja jälkimurskain sekä seuloja. (Suomen ympäristökeskus 2010, 32–33.) Kuvissa 2 ja 3 on esi- ja jälkimurskain. Kuvat on otettu Rautalammin kiviaineksen ottoalueella murskauslaitoksen melutasomittauksen yhteydessä.



KUVA 2 Esimurskain Sandvik UJ440i (Karjalainen Niko 2010)



KUVA 3 Jälkimurskain Sandvik Roadmaster, seulat ja aggregaatti (Karjalainen Niko 2010)

Työkoneiden ja liikenteen aiheuttama melu koostuu pääasiassa moottoreiden käyntiäänestä, kaivinkoneiden kauhojen kolahduksista siirrettäessä tavaraa murskauslaitoksen syöttimeen ja lastauksen yhteydessä sekä pyöräkoneiden peruutusäänistä. Työmaaliikenteen aiheuttama melutason nousu lähiympäristössä jää sitä pienemmäksi, mitä vilkasliikenteisemmän väylän varrella maa-ainesten ottoalue sijaitsee. (Suomen ympäristökeskus 2010, 33.)

5.3 Cadna A -mallinnuksen lähtökohtia

Mallinnus Cadna A -melumallinnusohjelmalla perustuu Road Traffic Noise - Nordic Prediction Method nimiseen laskentamalliin. Se on Pohjoismaiden ministerineuvoston laatima ohjeistus tiemelunlaskentaan. Samojen periaatteiden ja laskentamallien mukaan ohjelma laskee myös teollisuusmelun. Melumalli ottaa huomioon maaston muodot ja sääolosuhteet. Melumallinnusohjelma laskee annettujen olosuhteiden mukaisen melun leviämisen melulähteestä poispäin, ottaen huomioon maaston vai-

mennuksen ja heijastukset sekä sääolosuhteiden mukaisen äänen vaimentumisen. (Datakustik GmbH 2011.) Oletusarvoiset laskentaolosuhteet on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5 Sääolosuhteiden oletusarvot laskennassa

Sääparametri	Laskennan oletusarvo
tuulen suunta	melulähteestä poispäin
tuulen nopeus	3 m/s
lämpötila	10 °C
suhteellinen ilmankosteus	70 %

Oletusasetuksia pystyy jonkin verran muuttamaan, mutta edellä mainitut olosuhteet ovat optimaalisimmat melun etenemiselle, koska ilmakehän meluvaimennus on tällöin pienimmillään, kuten taulukossa 1, kappaleessa 2.3 *Äänen eteneminen*, on esitetty.

Mallinnus aloitetaan tutustumalla kohteen lähtötietoihin ja mahdollisiin melumittauksiin alueelta. Tarpeellisia tietoja ovat mm. viranomaisvaatimukset, kohteen sijainti ja lähiympäristön maankäyttö. Nämä tekijät määrittävät melumallinnuksen tarpeen ja mahdolliset melutasojen ohje- tai raja-arvot, joihin mallin tulosta verrataan. Ohjelmassa voidaan valita mallinnuskohteen sijainti, jonka mukaan käytettävät laskentamenetelmät valitaan. Pohjoismaisissa kohteissa käytettävien raporttien, artikkeleiden ja standardien lista on esitetty liitteessä 1.

Maastonmuotojen ja melulähteiden lisäksi malliin voidaan tarvittaessa lisätä erilaisia objekteja, kuten teitä, rakennuksia ja melusteitä. Objekteille voidaan antaa erilaisia ominaisuuksia, kuten korkeus ja heijastavuus. Myös kasvillisuuden lisääminen malliin on mahdollista. Tällöin saadaan myös kasvillisuuden meluvaimennus mallinnettua. Tässä työssä käsitellään maa-ainesten ottoalueiden melumallinnusta, jolloin kasvillisuusvaimennusta ei huomioida laskennassa. Kasvillisuusvaimennus jätetään huomioimatta, koska maa-ainesten ottoalueiden ympäristö- ja maa-ainestenottoluvat myönnetään yleensä useiksi vuosiksi kerrallaan ja melumallin tulisi vastata koko lupa-ajan pahinta mahdollista melutilannetta. Koska lähiympäristön maankäytön muutosta ei voida ennustaa kovin pitkälle tulevaisuuteen, melumallista jätetään kasvillisuusvaimennus huomioimatta, koska se saatetaan poistaa lupakauden aikana. (Tenhunen, Santtu 2013.)

Cadna A -melumallinnusohjelmassa on käytössä Nordic Prediction Methodin mukaiset pintamateriaalit. Tieliikennemelun mallinnuksessa tien pintamateriaali vaikuttaa liikenteen aiheuttamaan melutasoon. NPM:n mukaisesti referenssinpinoitteena toimii 1–20 vuotta vanha tiivis ja tasainen asfaltticoni, jonka kiviaineksen raekoko on $\leq 12\text{--}16$ mm. Pinnoitteen ikä, ajonopeus ja raskaan liikenteen osuus kokonaisliikennevirrasta vaikuttavat melutasoihin eri tavoin erilaisilla pinnoitteilla. Vaihtelu eri pinnoitteiden välillä on ± 5 dB. (Datakustik GmbH 2011.)

5.4 Maanmittauslaitoksen tietoaaineistot

Valtioneuvoston periaatepäätös julkisen sektorin digitaalisten tietoaaineistojen saatavuuden parantamisesta ja uudelleenkäytön edistämisestä tuli voimaan 3.3.2011. Sen myötä Maanmittauslaitos vapautti digitaalisen tietoaaineistonsa vapaaseen, maksuttomaan käyttöön. Tässä luvussa esitellään melumalleihin käytettävien Maanmittauslaitoksen tuottamien kartta- ja korkeusaineistojen ominaisuuksia.

Melumallinnuksessa käytettäviä tietoaaineistoja ovat peruskarttarasterit ja korkeusaineistot. Tässä työssä tehdyt melunleviämismallit on sijoitettu 1:10 000 peruskartalle. Korkeusaineistoista tarpeeksi tarkkoja ovat 10 m:n korkeusmalli, 2 m:n korkeusmalli sekä laserkeilausaineisto. Korkeusaineistot ovat pistepilviedostoja, joissa jokaisella pisteellä on koordinaattitieto kolmiulotteisessa koordinaatistossa. Maanmittauslaitoksen korkeusaineistot ovat ETRS-TM35FIN -koordinaatistossa ja N2000 – korkeus-järjestelmässä (Maanmittauslaitos. Latauspalvelu).

Korkeusmallit 10 m ja 2 m

Korkeusmallit ovat maanpinnan korkeutta esittäviä malleja. 10 m:n korkeusmallissa korkeustiedot ovat 10 m * 10 m ruudukkona ja se on tarkin koko maan kattava korkeusaineisto. 2 m:n korkeusmallissa puolestaan korkeustiedot on esitetty 2 m * 2 m ruudukossa. 10 m:n korkeusmalli on tuotettu korkeuskäyristä ja sen korkeustarkkuus on 1,4–2 m. 2 m:n korkeusmalli on tuotettu laserkeilausaineistosta, jonka pistetiheys on vähintään 0,5 pistettä neliömetrille. 2 m:n korkeusmallin korkeustiedon tarkkuus on noin 30 cm. (Maanmittauslaitos. Korkeusmalli 10 m, Korkeusmalli 2 m)

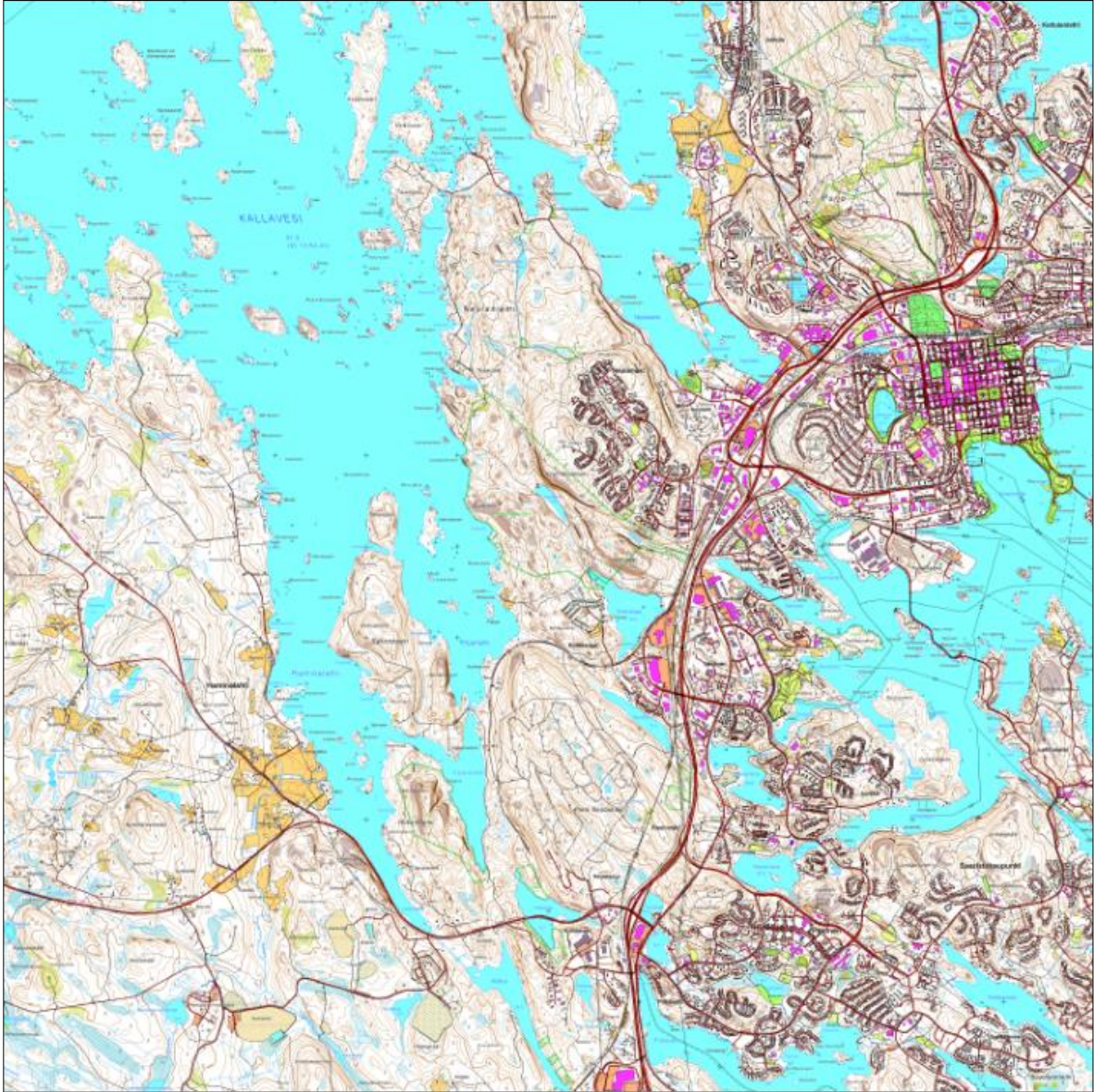
Laserkeilausaineisto

Laserkeilausaineisto on tarkin Maanmittauslaitokselta saatava korkeustietoaaineisto. Sen pistetiheys on vähintään 0,5 pistettä neliömetrillä ja pisteet ovat noin 1,4 m:n etäisyydellä toisistaan. Laserkeilausaineiston korkeustiedon tarkkuus on noin 15 cm ja tasotarkkuuden tarkkuus noin 60 cm.

Laserkeilausaineisto saadaan lähettämällä laserpulssi noin 2 000 metrin korkeudesta. Esteeseen osuessaan laserpulssi heijastuu takaisin ja keilain tulkitsee esteen etäisyyden ja koordinaatit pulssin nopeuden ja intensiteetinmuutoksen perusteella. Laserkeilausaineistossa pisteet saadaan luokiteltua eri luokkiin, kuten maanpinta, kasvillisuus, vakavesi (järvet, lammet, tekoaltaat) ja virtavesi. (Maanmittauslaitos. Laserkeilausaineisto.)

Peruskarttarasteri

Maanmittauslaitos tarjoaa peruskarttarasteria koko maan kattavalta alueelta. Sijaintitiedon tarkkuus peruskarttarasterissa vastaa 1:10 000 mittakaavaa ja on useimmilla rakennetuilla alueilla noin 3 m. Tärkeimmät esitettävät elementit ovat tiestö, nimistö, rakennukset, korkeussuhteet, vedet ja pellot. Kuvassa 4 on esimerkki peruskarttarasterista. (Maanmittauslaitos. Peruskarttarasteri.)



KUVA 4 Peruskarttarasteri. Kuopio. (Maanmittauslaitos. Tiedostopalvelu)

6 MELUMALLINNUKSEN JA TYÖOHJEEN LAADINTA

Tämän opinnäytetyön pääasiallinen tarkoitus oli tuottaa tilaajalle suomenkieliset työohjeet melumallinnusten laadinnasta. Tässä luvussa esiteltujen melumallinnusten avulla pystyttiin tekemään yksityiskohtaiset työohjeet. Ohjeiden teko alkoi tammikuussa 2013 Suomen GPS-Mittaus Oy:n ympäristöinsinööri Santtu Tenhusen demonstroimalla melumallinnuksella. Tenhusen esitteli yrityksen käytössä olevat ohjelmistot ja laati melumallin. Tämän jälkeen tarvittavat ohjelmat ladattiin ja päivitettiin opinnäytetyössä käytetylle tietokoneelle. Työohjeet ja melumallinnukset laadittiin etätöinä.

Ensimmäiset viikot kuluivat ohjelmistojen ominaisuuksien opetteluun Tenhusen laatimien ohjeiden ja käytettyjen ohjelmien ohjeiden avulla. 3D-Win -ohjelmassa on suomenkieliset työohjeet, mutta Cadna A -ohjelman ohjeet ovat englanniksi. 3D-Win on kotimainen maastomittaustiedon tuottamiseen ja käsittelyyn tarkoitettu Windows-ohjelmisto. Melumallinnuksen yhteydessä ohjelmistoa käytettiin korkeusaineiston käsittelyyn, sekä peruskarttarasterin hakuun. Ohjelmiston käytön päätarkoitus oli luoda korkeuskäyrästä Cadna A -melumallinnusohjelman maastotiedoksi. Varsinainen melumallinnus tehtiin Cadna A -ohjelmalla. Opetteluvaiheen jälkeen alkoi mallinnusvaihe. Työohjeet kirjattiin mallinnusten edetessä. Työohje on luovutettu tilaajan käyttöön ja ohjeiden sisällysluettelo on liitteenä 2.

6.1 Mallinnuksen kulku

Opinnäytetyössä tehtiin melumallinnukset, jotta työohjeiden laatiminen olisi mielekkäämpää ja koko mallinnusprosessi tulisi tutuksi. Tässä työssä laadittuja melumalleja ei voida pitää luotettavana osoituksena maa-ainesten ottoalueiden melun leviämistä kyseisissä kohteissa, vaan ne on laadittu työohjeiden johdonmukaisen etenemisen ja mielekkään ohjelman käytön opiskelun vuoksi. Aluksi tutustuttiin kohteiden maa-aineslupiin, ottosuunnitelmiin ja muihin käytössä olleisiin karttoihin, piirustuksiin ja mittaustuloksiin. Maa-ainesten ottoalueiden rajat saatiin aiemmin tehdyistä suunnitelma-asiakirjoista tai -kartoista. Mallinnusalueiden peruskarttarasterit saatiin 3D-Win -ohjelman Webmap-työkalun avulla. Malleihin käytetyt korkeusaineistot haettiin Maanmittauslaitoksen latauspalvelusta ja työstettiin korkeuskäyrästä 3D-Win -ohjelman avulla. Työohjeeseen kirjattiin myös ohjeet koordinaatti- ja korkeusjärjestelmämuuntimien tekoon. Koordinaatti- ja korkeusjärjestelmämuuntimia tarvitaan silloin, kun mallinnusalueen muut piirustukset ja suunnitelmat on tehty muuhun kuin ETRS-TM35FIN -koordinaattijärjestelmään ja N2000 -korkeusjärjestelmään ja melumalli halutaan esittää samassa koordinaatistossa, kuin muut asiakirjat. Työohjeessa neuvotaan myös 3D-Win -ohjelmalla tehtyjen tiedostojen tallentaminen oikeaan muotoon.

Korkeuskäyrien luonnin jälkeen mallien teko jatkui Cadna A -ohjelmalla. Työohjeeseen kirjattiin Cadna A -ohjelman tiedostokirjastojen ominaisuudet ja kuinka kirjastoihin tallennetaan uusia tietoja. Myös melulähteiden melutietojen muokkaus ja syöttö ohjeistettiin. Tilanteissa, joissa melulähteiden meluspektrit oli saatavilla terssikaistaisina, jouduttiin terssikaistat muuntamaan oktaavikaistoiksi, koska melutiedot syötetään Cadna A -ohjelmaan oktaavikaistoittain. Laskenta- ja piirtoasetusten säädön jälkeen mallinnusalueiden peruskarttarasterit, korkeuskäyrät ja ottoalueiden rajat ladattiin Cadna A -melumallinnusohjelmaan. Seuraavaksi mallinnettavat melulähteet sijoitettiin paikoilleen ja

määritettiin meluntuottokorkeudet. Työohjeeseen kirjattiin myös maa-ainesten ottoalueilla yleisimmin käytettyjen laitteiden meluntuottokorkeudet. Tässä opinnäytetyössä tehtyihin melumalleihin lisätyt melulähteet olivat tyypiltään pistemäisiä melulähteitä, lukuun ottamatta tieliikennemelua, joka on viivamainen melulähde. Muut Cadna A:n melulähdetyypit, aluemainen melulähde, sekä erikoistapa-ukset, kuten urheilualue, liikennevaloilla varustettu risteys, pysäköintialueet, junarata ja optimoitavat melulähteet listattiin työohjeeseen, mutta niiden käyttöä ja ominaisuuksia ei tarkemmin käsitelty.

Meluverkot laskettiin jokaiselle kohteelle pahimman mahdollisen melutilanteen mukaan, eli kaikki käytössä olevat melulähteet mallinnettiin samanaikaisesti maastoon, jossa ei ole meluvalleja, työn edetessä muodostuneita kalliorintauksia tai muita melua vaimentavia maastonmuotoja, eikä kasvillisuutta. Melumalleissa melulähteet olivat käynnissä kokoaikaisesti, eikä melulähteille asetettu toiminta-aikoja, jolloin saadaan kuvattua pahin mahdollinen melutilanne mallinnusalueella, mallinnetuissa sääolosuhteissa. Todellisuudessa kaikki melulähteet eivät ole jatkuvasti käynnissä, jolloin todellisen melutason voi arvioida olevan hiukan mallin arvoja pienemmät.

Kun meluverkko saatiin laskettua, arvioitiin lähimpien häiriintyvien kohteiden melutasoja meluverkon avulla ja kohteista määritettiin lukuarvoiset melutasot "Level Box" -toiminnon avulla. Jos Valtioneuvoston päätöksen melutasojen ohjearvoista (Valtioneuvoston päätös 993/1992) mukaiset ohjearvot lähimmissä häiriintyvissä kohteissa ylittyivät, lisättiin malliin meluvallit tai laskettiin melutasot uudelleen tilanteessa, jossa kaikki melulähteet eivät ole samanaikaisesti käytössä. Koska maa-ainesten ottotoiminta rajoittuu yleensä päiväaikaan, suurimmat sallitut melutasot joihin mallin arvoja verrattiin, olivat 55 dB asuinkiinteistöjen läheisyydessä ja 45 dB loma-asutuskohteiden läheisyydessä. Mallin muokkausta jatkettiin, kunnes Valtioneuvoston päätöksen 993/1992 mukaiset ohjearvot alitettiin.

Toiseen mallinnuskohteeseen mallinnettiin myös tieliikennemelua. Mallinnettavan tieosuuden liikennemäärät saatiin tietoon Tieliikennelaitoksen Internet-sivujen tilastot -osiosta. Tieosuuden leveys arvioitiin liikennemäärän ja ilmakuvien perusteella. Tien pintamateriaali arvioitiin Tieliikennelaitoksen "päällysteiden suunnittelu" -ohjeen mukaan liikennemäärän perusteella ja valittiin lähin sopiva pintamateriaali malliin (taulukko 6) (Tiehallinto. 1997). Jos tien pinnoitemateriaali oli tiedossa, mutta Cadna A -melumallinnusohjelmassa ei kyseistä pinnoitetta ollut valittavana, valittiin akustisesti sopivin pinnoite. Cadna A -melumallinnusohjelman käytössä olevat, Nordic Prediction Methodin mukaiset tiepinnoitteiden melutasot, on esitelty kokonaisuudessaan liitteessä 3. Esimerkiksi työmaateinä oleville sorateille käytettiin "kivilaatta/mukulakivi" -vaihtoehtoa, jonka melutaso on 2 dB suurempi kuin vertailupinnoitteella kun ajonopeus on 0–60 km/h ja raskaan liikenteen osuus 20–100 % kokonaisliikenteestä. Kyseinen pintamateriaali on vaihtoehtoista äänekkäin ja se nostaa melutasoa 2–5 dB riippuen ajonopeudesta ja raskaanliikenteen osuudesta.

Taulukko 6 Tiehallinnon ohje sopivan tiepinnoitteen valinnasta liikennemäärän mukaan (Tiehallinto 1997).

Liikennemäärä (autoa / vrk)	Sopiva pinnoite
0—300	Soratien pintausta
200—1500	Pehmeä asfalttibetoni (sideaineena bitumi V1500 tai V3000)
500—2000	Pehmeä asfalttibetoni (sideaineena bitumi B330/430, B500/650 tai B650/900)
1000—6000	Asfalttibetoni
3000—	Kivimastikiasfaltti, Epäjatkuva asfaltti

Liikennemäärän ja tien pinnoitemateriaalin lisäksi tieosuudelle määritettiin myös tietyyppi, nopeusrajoitus ja kallistukset. Cadna A -ohjelmassa on valittavissa kuusi eri tietyyppivaihtoehtoa. Suomalaisessa tieluokituksessa tietyyppejä ovat valtatie, kantatie, seututie ja yhdystie. Näiden neljän tietyypin lisäksi Cadna A -ohjelmassa on käytössä kaksi muuta tietyyppiä, joista toinen käy seutu- ja yhdysteille ja toinen valta- ja kantateille. Tieliikennemelun mallinnuksessa tieosuuden tietyyppi määrittää liikennevirran jakautumista eri ajankohdille ja erityyppisten ajoneuvojen osuuteen liikennevirrasta. Viimeiset kaksi vaihtoehtoa jakavat liikennevirran ajallisesti päiväajan (klo 6—22) ja yöajan (klo 22—6) liikenteeseen. Neljän ensimmäisen tietyyppivaihtoehdon liikennevirta on jaettu ajallisesti päiväajan (klo 7—19), iltajan (klo 19—22) ja yöajan (klo 22—6) liikenteeseen. Vaihtoehdot eroavat toisistaan erityyppisten ajoneuvojen suhteellisilla osuuksilla. Jos mallinnettavalle tieosuudelle ei ollut sopivaa tietyyppivaihtoehtoa, voitiin liikennevirran ajallinen ja koostumuksellinen vaihtelevuus määrittää itse. Liikennevirran ajallinen vaihtelevuus ja erityyppisten ajoneuvojen osuus liikennevirrasta vaikuttavat liikenteen aiheuttamiin melutasoihin. Erityyppiset ajoneuvot oli luokiteltu kahteen ryhmään: henkilöautoihin ja raskaaseen liikenteeseen. Tieosuuden nopeusrajoitus voitiin määrittää erikseen henkilöautoille ja raskaalle liikenteelle. Tieosuuden kallistuksen pystyi määrittämään manuaalisesti jokaiselle tieosuudelle. Vaihtoehtoisesti Cadna A -ohjelma pystyi laskemaan kallistukset kaikille tieosuuksille ulommaisten kaistojen ajosuuntien ja maastomallin perusteella.

Lopuksi melumalli tulostettiin kuvaksi johon liitettiin asiaankuuluva nimiö, meluverkon värien selitykset sekä koordinaatisto. Kuvasta tehtiin PDF-tiedosto ja lisättiin kuvaan melulähteiden, ottoalueen rajan ja muiden tärkeiden objektien nimet. Työohjeeseen kirjattiin yrityksessä käytettävän tulostuspohjan luonti ja valmiiden tulostuspohjien käyttö. Työohjeen viimeinen luku käsittelee raportointia. Raportointiohjeessa esiteltiin melumallinnusraportin pohja, jossa kävi ilmi käytettävät otsikot ja kapaleiden sisällöt. Tässä opinnäytetyössä ei tehty melumallinnusraportteja.

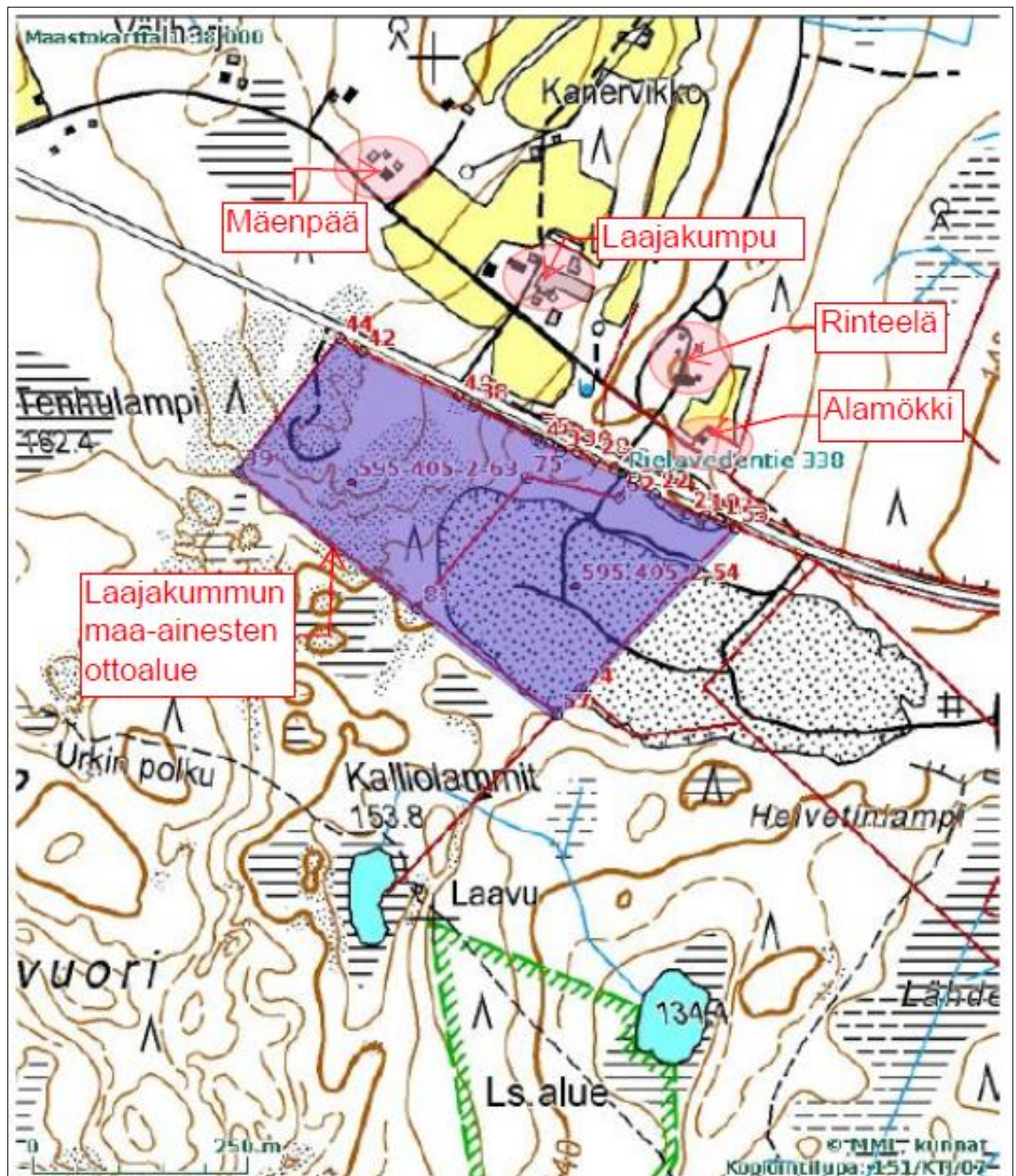
6.2 Mallinnuskohde 1: Pielaveden Laajakummun maa- ja kiviainesalue

6.2.1 Lähtötiedot

Maa-ainesten ottoalue sijaitsee Pielaveden kunnan Karjalan kylässä, Kivikankaan (595–405-2-54) ja Louhikon (595–405-2-63) tilojen alueella. Savon Kuljetus Oy omistaa molemmat tilat. Maa-aineksen ottoalueen pinta-ala on 9 ha ja otto on suunniteltu tehtäväksi kahdessa vaiheessa. Alueelta on laskettu saatavan soraa, hiekkaa, moreenia ja kalliota yhteensä 860 000 m³kr (kiintoteoreettista kuutiota). Maa-aineslupa on myönnetty vuonna 2010, 10 vuodeksi 430 000 m³kr:n maa-aineksenottoon.

Maa-ainesten ottoalue ei sijaitse luonnonsuojelualueella tai tärkeäksi luokitellulla pohjavesialueella. Lähin häiriintyvä kohde, asuinkiinteistö, sijaitsee 250 metrin päässä alueen reunasta koilliseen. Suomen GPS-Mittaus Oy:n tekemän ottamissuunnitelman (15.4.2008) mukaan meluhaittoja vähennetään toiminta-ajoilla, sijoittamalla murskauslaitos alimmalle ottamistasolle (+141,00) ja mahdollisimman lähelle kallioseinämää sekä käyttämällä varastokasoja ja maaston muotoja meluesteinä. Ottamisalueen ympärille jätetään mahdollisuuksien mukaan puustoa kasvava suojavyöhyke. Raskaan liikenteen määrä on keskimäärin 5–20 käyntiä vuorokaudessa.

Kuviossa 5 on esitetty Laajakummun maa-ainesten ottoalue ja lähimmät häiriintyvät kohteet, asuinkiinteistöt. Ottoalueen pohjoispuolella on muutamia asuinkiinteistöjä. Itä-, etelä- ja länsipuolella asutusta ei ole lähistöllä (1 km säteellä). Alueen eteläpuolella kuitenkin sijaitsee luonnonsuojelualue. (Laajakumpu, Maa-aineslupa 2010.)

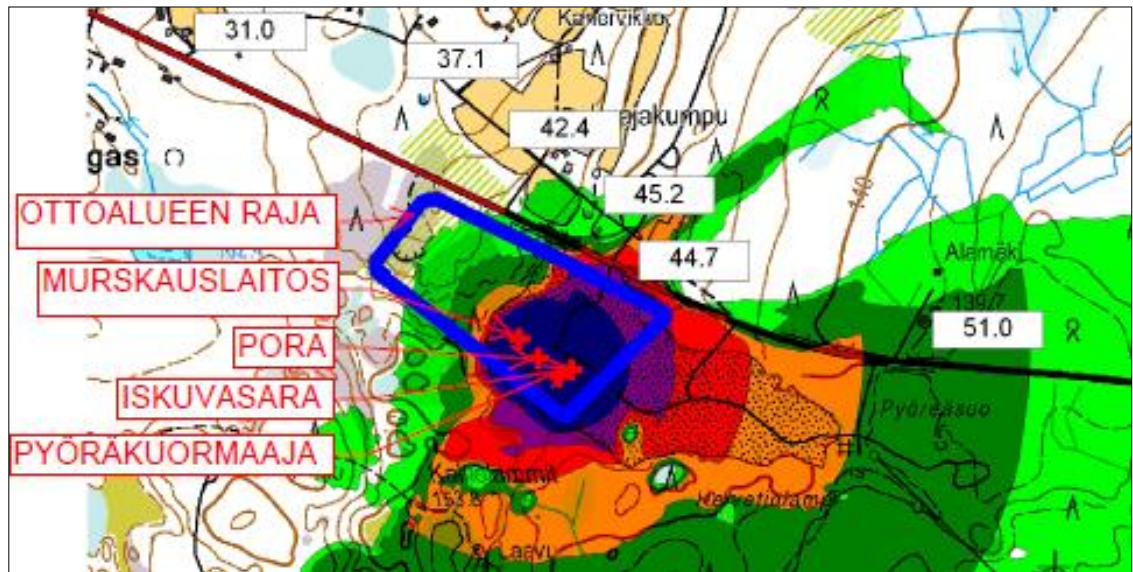


KUVIO 5 Laajakummun maa-ainesten ottoalue (sininen) ja lähimmät häiriintyvät kohteet (punainen)

6.2.2 Melunleviämismalli

Laajakummun maa-ainesten ottoalueen raja saatiin ottosuunnitelman piirustuksista. Maanmittauslaitoksen latauspalvelusta saatiin 10 m korkeusaineisto maastomallin luomista varten. Tieliikenlaitoksen tilastoista saatiin tieto tien 561 liikennemäärästä. Alueesta tehtiin kolme mallia. Ensimmäisessä mallissa kuvataan maa-aineksen oton alkuvaihe (Kuvio 6 ja liite 4). Alkuvaiheella tarkoitetaan tässä yhteydessä sitä, että maa-ainesten otto ei ole vielä vaikuttanut maanpinnanmuotoihin, vaan maanpinnan muodot ovat Maanmittauslaitoksen korkeusaineiston mukaiset. Alkutilanteen mallissa poraus on tasolla +154,00 ja murskaus, rikotus ja kuormaus tasolla +142,00. Kaikki melulähteet on sijoitettu ottoalueen eteläreunaan. Malliin on merkitty melutasot kolmella lähimmällä asuinkiinteistöllä,

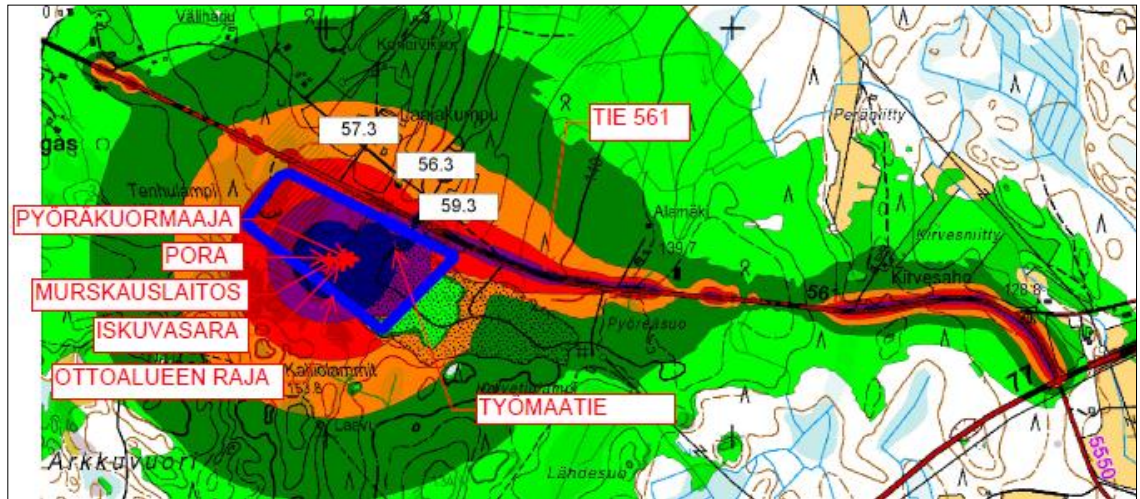
jotka sijaitsevat alle 500 m:n etäisyydellä ottoalueen rajoista. Tämän lisäksi malliin on merkitty myös melutasoja etempänä sijaitsevien kiinteistöjen kohdalle.



KUVIO 6 Pielaveden Laajakummun maa-ainesalueen melumalli nro 1.

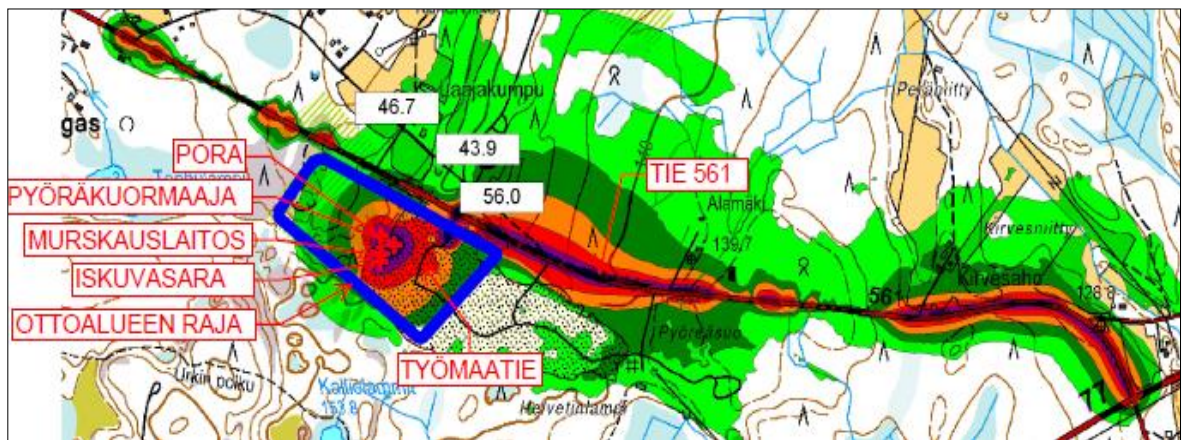
Laajakummun maa-ainestenoton alkuvaihetta kuvaavassa melumallissa lähimmät häiriintyvät kohteet ovat asuinkiinteistöjä. Valtioneuvoston päätöksen 993/1992 mukaan melutasoja verrataan tällöin ohjearvoon 55 dB. Kuten mallista nähdään, melutason ohjearvo ei ylitä lähimmillä häiriintyvillä kohteilla mallinnusolosuhteissa maa-ainesten oton alkuvaiheessa.

Seuraavaksi mallinnettiin tilanne, jossa ottoalueen maanpinnanmuotoja on muokattu. Tässä mallissa murskaus, rikotus ja lastaus sijaitsevat ottoalueen keskivaiheilla, korkeudella +142,00. Poraus on korkeudella +165,00. Mallissa melulähteiden toiminta-aikaa ei ole rajoitettu. Myös Laajakummun maa-ainesten ottoalueen vierestä kulkeva Pielavedentie (Tie 561) ja ottoalueelle johtava työmaatie on mallinnettu. Tie 561:n liikennemäärä on saatu Liikenneviraston Internet-sivuilta. Keskimääräinen vuorokausiliikenne tiellä 561 oli vuonna 2011 1274 kulkuneuvoa vuorokaudessa. Laajakummun maa-ainesalueen ottamissuunnitelmassa on esitetty työmaatien liikennevirraksi 5-20 käyntikertaa vuorokaudessa. Melumallissa nro 2 tietyömaan liikennevirta on 20 kulkuneuvoa vuorokaudessa, joka vastaa kymmentä käyntikertaa vuorokaudessa ja on näin keskimääräinen liikennevirta-arvio. Laajakummun melumalli nro 2 on esitetty kuviossa 7 ja liitteessä 5.



KUVIO 7 Laajakummun maa-ainesten ottoalueen melumalli nro 2.

Laajakummun maa-ainesten ottoalueen melumallissa nro 2 valtioneuvoston päätöksen 993/1992 mukainen ohjearvo 55 dB ylittyy kaikilla kolmella lähimmällä kiinteistöllä. Tämän vuoksi mallinnettiin myös tilanne, jossa poraus- ja murskauslaitoksen toiminta-ajat määritettiin vastaamaan todellista tilannetta. Poravaunun toiminta-ajaksi arvioitiin 16 tuntia vuorokaudessa ja toiminta-asteeksi 80 %. Murskauslaitoksen vastaavat arvot arvioitiin olevan 16 tuntia ja 100%. Edellä mainitut toiminta-ajat on mallinnettu melumallissa nro 3, joka on esitetty kuviossa 8 ja liitteessä 6.



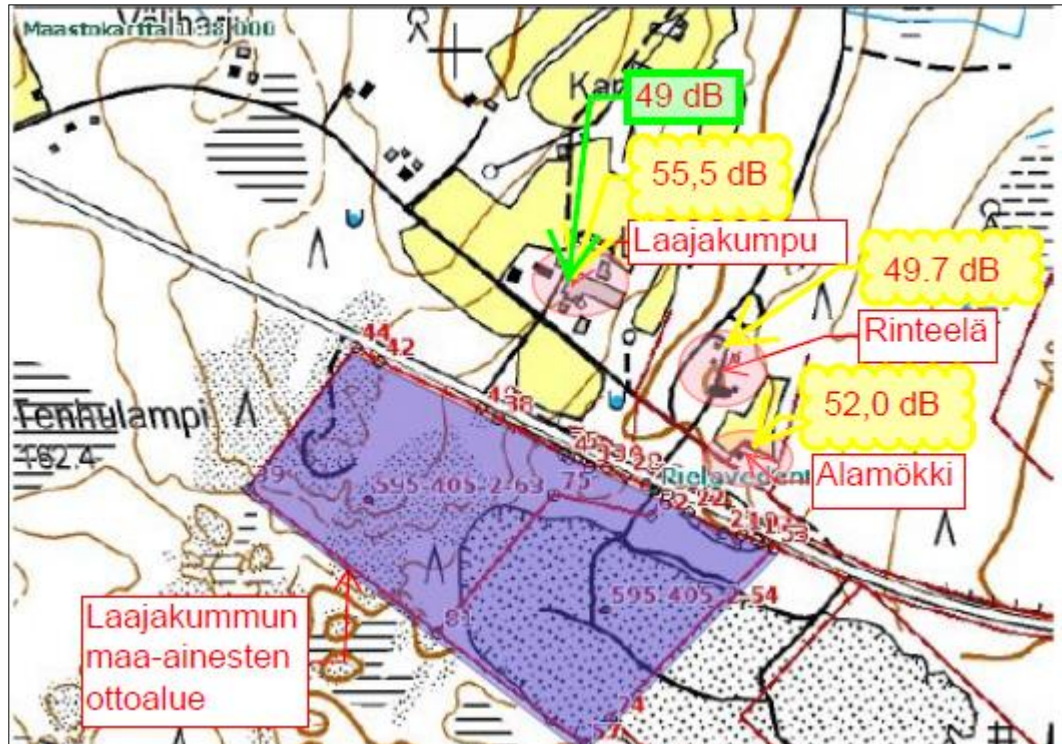
KUVIO 8 Pielaveden Laajakummun maa-ainesalueen melumalli nro 3.

Laajakummun maa-ainesalueen melumallissa nro 3 valtioneuvoston päätöksen 993/1992 mukainen melutason ohjearvo, 55 dB, alittuu Laajakummun- ja Rinteelän tiloilla. Alamökin tilalla puolestaan melun ohjearvo näyttäisi ylittävän, ollen 56 dB. Tähän kohteeseen ei mallinnettu meluntorjuntatoimenpiteitä.

6.2.3 Laajakummun maa-ainesten ottoalueelta mitatut melutasot

Laajakummun maa-ainesten ottoalueen melutasoja on mitattu vuosina 2009 ja 2012. Molemmat mittaukset on tehty keväällä. Vuoden 2009 mittaukset on tehnyt eräs ympäristökonsultointiyri-ty (myöhemmin konsultti) ja vuoden 2012 mittaukset SGM Oy.

Konsultin tekemässä melumittauksessa melutaso on mitattu Laajakumpu-kiinteistön pihalta. SGM Oy:n melumittauksissa mittauspaikeina ovat Laajakumpu, Rinteelä ja Alamökki –kiinteistöjen pihat. Mittaustulokset on esitetty kuviossa 9 olevassa kartassa. Vihreällä on kuvattu konsultin, vuonna 2008 tekemän mittauksen tulos. Keltaisella puolestaan on esitetty SGM Oy:n tekemän mittauksen tulos.



KUVIO 9 Laajakummun maa-ainesten ottoalue ja lähimmillä kiinteistöillä mitatut melutasot vuosina 2008 (vihreällä) ja 2012 (keltaisella).

Mittausten aikaiset sääolosuhteet on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7 Laajakummun maa-ainesalueen lähikiinteistöiltä tehtyjen melumittausten aikaiset sääolot.

mittausajankohta	mittauksen suorittaja	lämpötila	tuulen suunta	tuulen nopeus	säätila/pilvisyys
20.2.2009	Konsultti	- 6,2 °C	kaakko-koillinen	1—2 m/s	pilvipouta
23.4.2012	SGM Oy	+ 6,2...+7,2	kaakko	2—4 m/s	selkeä

6.2.4 Mallien luotettavuuden arviointi

Nordic Prediction Methodin laskennan mukaisen mallin tarkkuudeksi on luvattu 3 dB 50 metriin ja 5 dB 200 metriin saakka. Mallinnuskohteet sijaitsevat 250—300 metrin etäisyydellä murskasta, jolloin mallin tarkkuuden voidaan olettaa olevan yli 5 dB.

Mallinnetut sääolot eivät täsmää mittausajankohtien kanssa lämpötilan osuudelta. Molemmat mittaukset on suoritettu talvikautena, jolloin lumi toimii osittain heijastavana pintana. Tämä aiheuttaa malliin virhettä. Melumittausten aikaisia maastonmuotoja maa-aineksen ottoalueelta ei ole saatavilla. Käytetyt korkeustiedot ovat 10 m:n korkeusaineistosta, jonka tarkkuus on 1–2 m korkeussuunnassa, eikä korkeusmallin korkeustietojen ajantasaisuudesta tiedetä.

Mallien ja mittausten tulokset on esitetty taulukossa 8, jossa jokaisen kolmen kiinteistön pihalla tehtyjen mittausten tuloksia verrataan kolmeen edellä esitettyyn malliin. Mittauksen ja mallin välinen melutasoero on esitetty jokaisen mittauksen kohdalla. Konsultin tekemä melumittaus suoritettiin Norsonic NOR118 -äänitasomittarilla ja SGM Oy:n tekemät mittaukset MIP7178P-tarkkuusäänitasomittarilla.

Taulukko 8 Laajakummun maa-ainesten ottoalueen melumallien ja lähimpien häiriintyvien kohteiden melumittausten vertailu

Laajakummun melumalli	Laajakumpu					Rinteellä			Alamökki		
	Mallin tulos (dB)	Mitattu (dB)		Ero (dB)		Mallin tulos (dB)	Mitattu (dB)	Ero (dB)	Mallin tulos (dB)	Mitattu (dB)	Ero (dB)
		Konsultti	SGM	Konsultti	SGM						
melumalli nro 1	42,4	49	55,5	-6,6	-13,1	45,2	49,7	-4,5	44,7	52	-7,3
melumalli nro 2	57,3	49	55,5	8,3	1,8	56,3	49,7	6,6	59,3	52	7,3
melumalli nro 3	46,7	49	55,5	-2,3	8,8	43,9	49,7	-5,8	56	52	4

Taulukosta 8 nähdään, että mallin ja mittausten väliset tulokset vaihtelevat paljon. Suurin syy eroihin on se, että mittaustulos kertoo kyseisen hetken todellisen keskiäänitason ja malli pahimman mahdollisen päiväajan keskiäänitason. Mittausten tuloksiin vaikuttaa paljon tuulen suunta ja nopeus sekä mahdolliset häiriöäännet, kuten linnunlaulu ja puiden havina. Mittauksia ja malleja toisiinsa vertaessa voidaan arvioida, että malli on suhteellisen luotettava. Mallin onkin tarkoitus olla suuntaantava.

6.3 Mallinnuskohde 2: Rukasmäen maa-ainesalue, Karttula

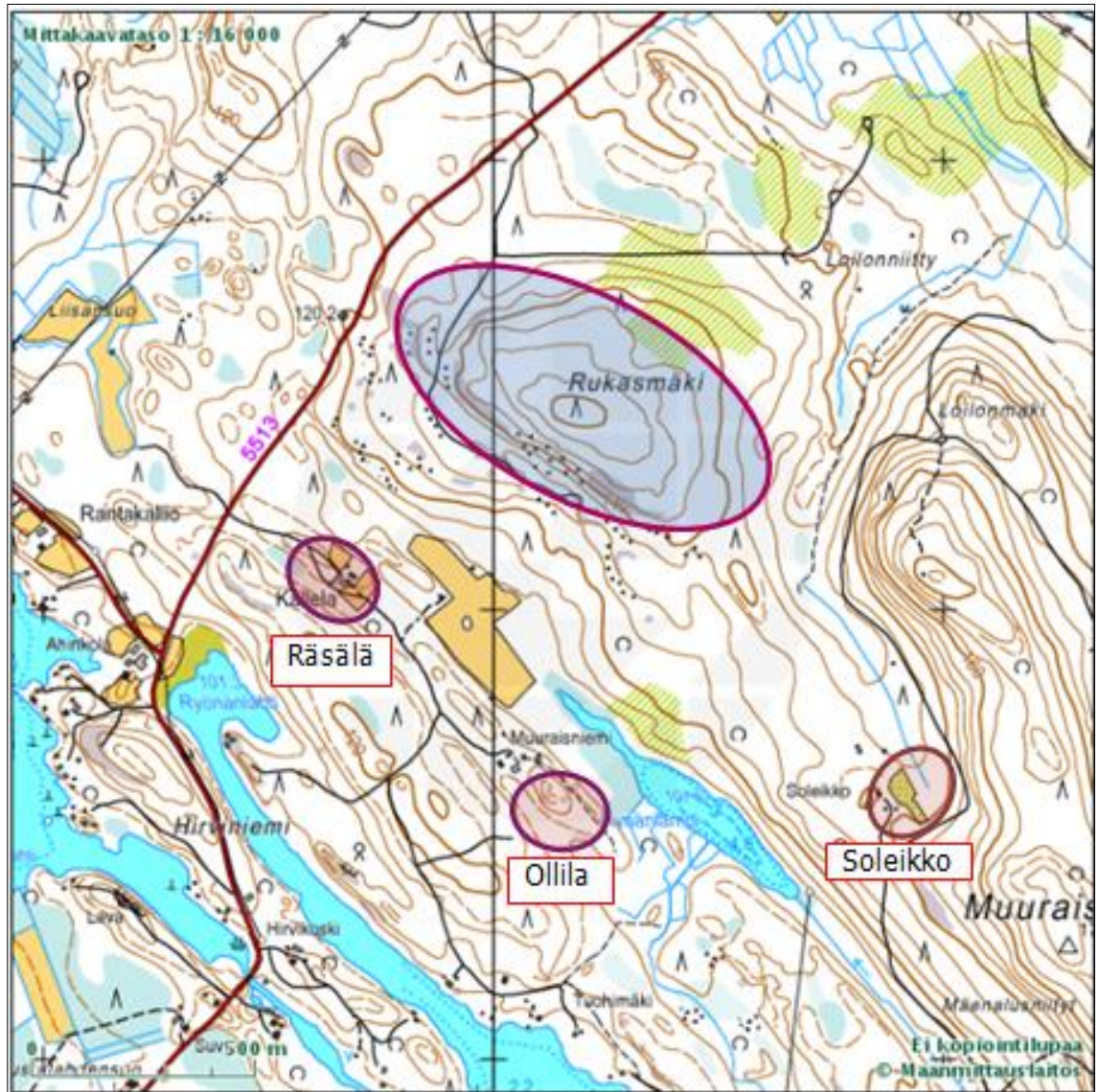
6.3.1 Lähtötiedot

Rukasmäen maa-ainesalue sijaitsee Kuopion Karttulassa, 2,8 km:n päässä Karttulan keskustajamasta koilliseen. Maa-ainesten otto sijoittuu Rukasmäki-nimiselle tilalle (297–474-1-46), joka on vuokrattu yksityiseltä maanomistajalta Savon Kuljetus Oy:n käyttöön kalliokiven ottoa varten. Kiinteistön pinta-ala on noin 27,7 ha, ottamisalueen 3 ha ja ottoalueen pinta-ala 2,4 ha. Rukasmäen maa-ainesten ottoalueelle on myönnetty ympäristölupa ja maa-ainesten ottolupa 11.4.2013.

Ottamisalueen maanpinta vaihtelee tasolla +128,00...+152,00 ja on matalimmillaan alueen eteläosassa. Suunniteltu ottotaso on alimmillaan +131,00 ja ottotason on suunniteltu nousevan kohti pohjoista tasoon 134,00. Kiviaineksenoton edetessä muodostuva kalliorinta on korkeimmillaan alueen pohjoisosassa, noin 18 m. Kalliokiven otto on suunniteltu aloitettavan maa-ainesalueen eteläosasta edeten kohti pohjoista.

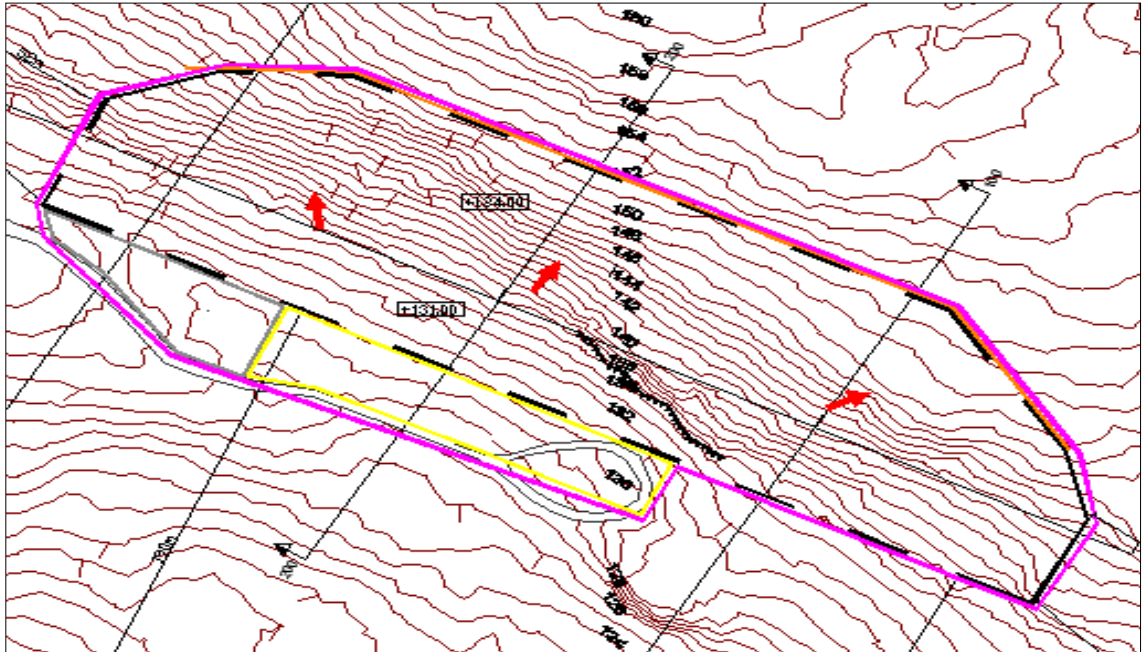
Maa-ainesten otossa melua aiheuttavat louhinta, murskaus ja lastaus. Louhinnan vaiheita ovat kallion poraus, kiviaineksen irrottaminen räjäyttämällä ja tarvittaessa rikottaminen hydraulisella iskuvasaralla. Louhinnan jälkeen kiviaines murskataan liikuteltavalla murskauslaitteistolla, johon kuuluu esi- ja jälkimurskain. Kiviaines syötetään esimurskaimelle pyöräkuormaajalla. Merkittävin melua aiheuttava toiminto on kallionporaus. Räjäytystä ei melumallissa huomioida, sillä vaikka sen tuottama ääni on selkeästi kuultavissa, se on liian lyhytkestoinen nostaakseen keskiäänitasoa. Lähimmät häiriintyvät kohteet ovat asuinrakennuksia, jotka sijaitsevat 423–850 metrin etäisyydellä Rukasmäen maa-ainesalueelta. Päiväaikaisena ohjearvona kiinteistöissä käytetään 55 dB Valtioneuvoston päätöksen 993/1992 mukaisesti. (Ullgren 2012.)

Kuviossa 10 on esitetty Rukasmäen maa-ainesalueen lähiympäristö. Sinisellä on kuvattu maa-ainesten ottoalueen sijainti ja punaisella lähimmät häiriintyvät kohteet.



KUVIO 10 Rukasmäen maa-ainesten ottoalue (sininen) ja lähimmät kiinteistöt (punainen)

Rukasmäen maa-ainesalueen suunnitelmakuva on esitetty kuviossa 11. Ottoalueen raja on esitetty kuvassa mustalla katkoviivalla sekä varastoalue keltaisella ja kaivannaisjätteen jätealue harmaalla viivalla. Punaisilla nuolilla on kuvattu maa-aineksen oton kulkusuuntaa. Alueelta aiemmin tehdyn melumallin perusteella kaivannaisjätteen läjitysalue on sijoitettu ottoalueen suunnitelmissa ottamisalueen länsiosaan, jolloin kaivannaisjäteläjä toimii meluvallina.

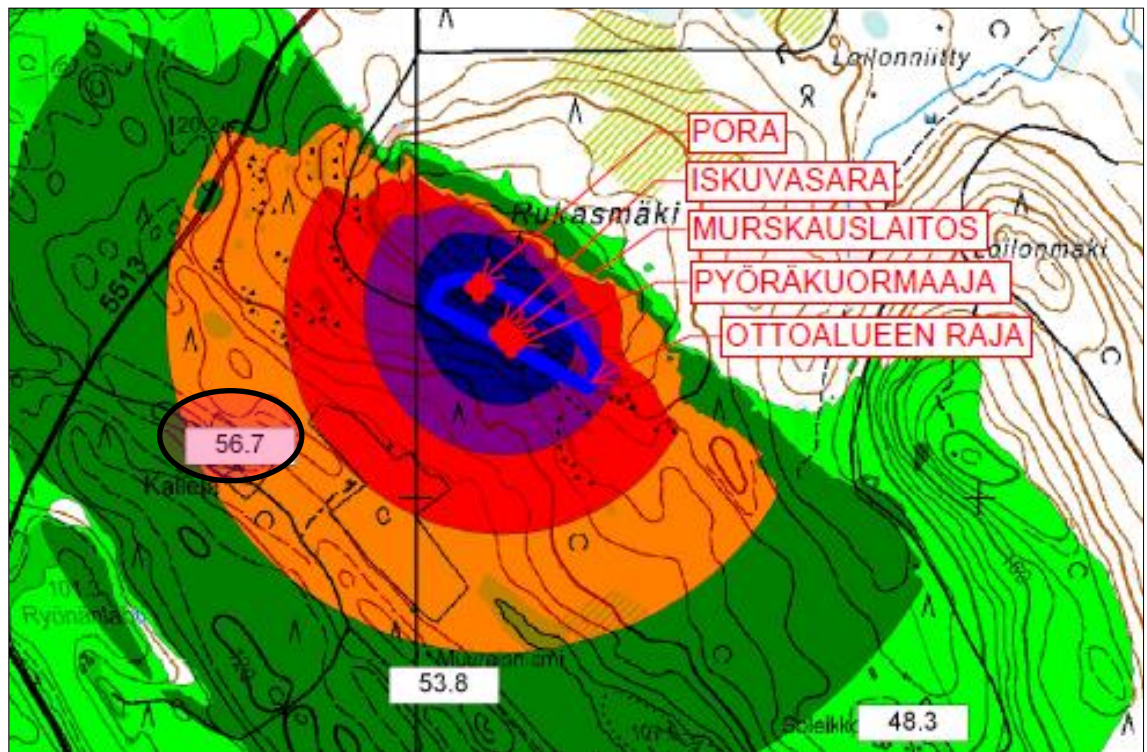


KUVIO 11 Rukasmäen maa-ainesten ottoalueen suunnitelmakuva (Suunnitelmapaketti, SGM Oy)

6.3.2 Melunleviämismalli

Maastomallin luomiseksi käytettiin Maanmittauslaitoksen 10 m:n korkeusaineistoa mallinnusalueen länsipuolella ja laserkeilausaineistoa alueen itäpuolella. Maastomallin tekoon päädyttiin käyttämään kahta erilaista korkeusaineistoa, jotta mallista saataisiin mahdollisimman luotettava. Laserkeilausaineistoa tai 2 m:n korkeusmallia ei ollut saatavilla mallinnusalueen länsipuoliselle alueelle.

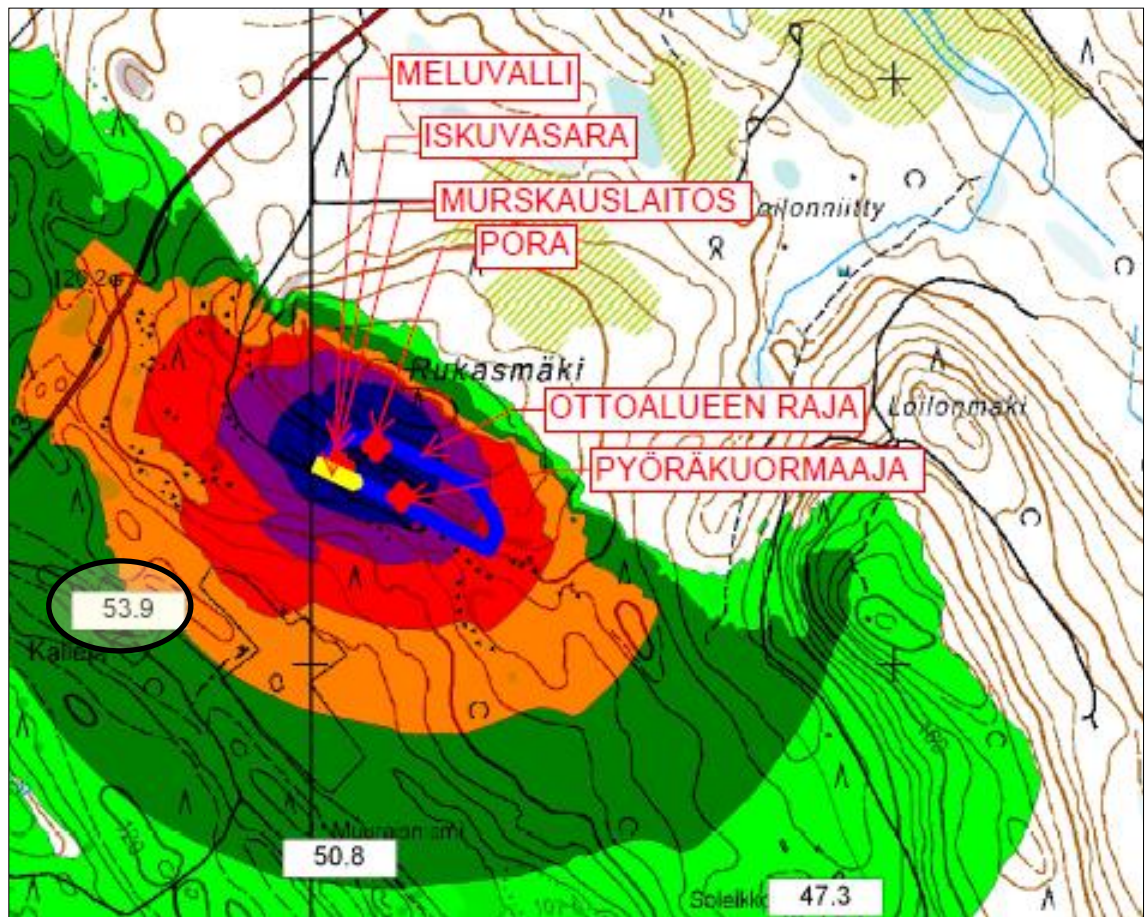
Ensimmäiseen malliin mallinnettiin pahin mahdollinen melutilanne, eli kaikki melulähteet; murskaus, rikotus, poraus ja lastaus ovat käynnissä samanaikaisesti. Pora sijoitettiin ottoalueen luoteisosaan, jolloin se on korkeimmalla kohdalla. Muut toiminnot sijoitettiin lähelle varastointialuetta, ottoalueen keskivaiheille. Ensimmäinen malli on esitetty kuviossa 12 ja liitteessä 7.



KUVIO 12 Rukasmäen maa-ainesten ottoalue. Melumalli nro 1.

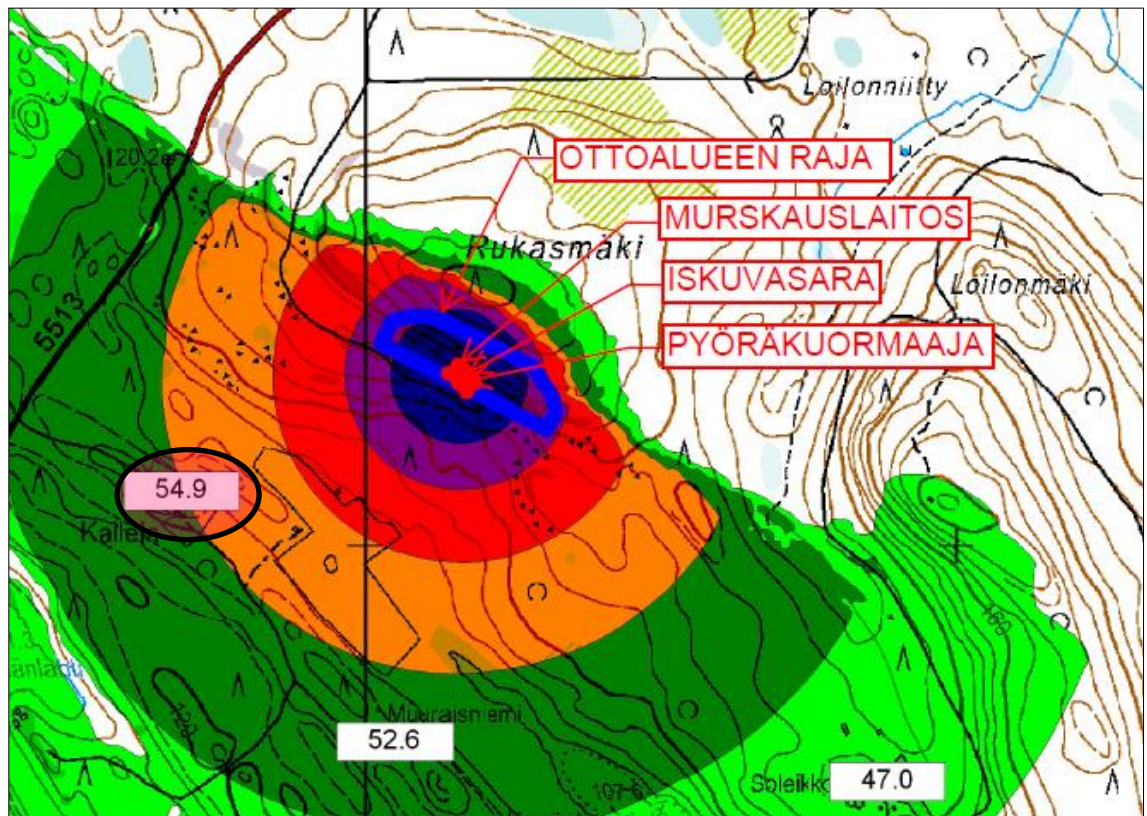
Kuviossa 12 olevaan melumalliin lähimpien häiriintyvien kohteiden kohdalle on merkitty laskennalliset äänenpainetasot. Kun äänenpainetasoja verrattiin VnP 993/1992 mukaisiin ohjearvoihin (55 dB), huomattiin, että melutaso ylittyy Räsälän tilalla.

Seuraavaksi tehtiin uusi malli, johon mallinnettiin meluvalli kaivannaisjätteen läjitysalueelle. Murskauslaitos ja iskuvasara sijoitettiin meluvallin taakse, jolloin meluvallin meluvaimennus on tehokkaimmillaan. Cadna A -ohjelman avulla meluvallin koko voitiin optimoida siten, että se on mahdollisimman matala, mutta laskee Räsälän tilan kohdalla melutason alle 55 dB:in. Kuviossa 13 ja liitesä 8 on esitetty melumalli nro 2.

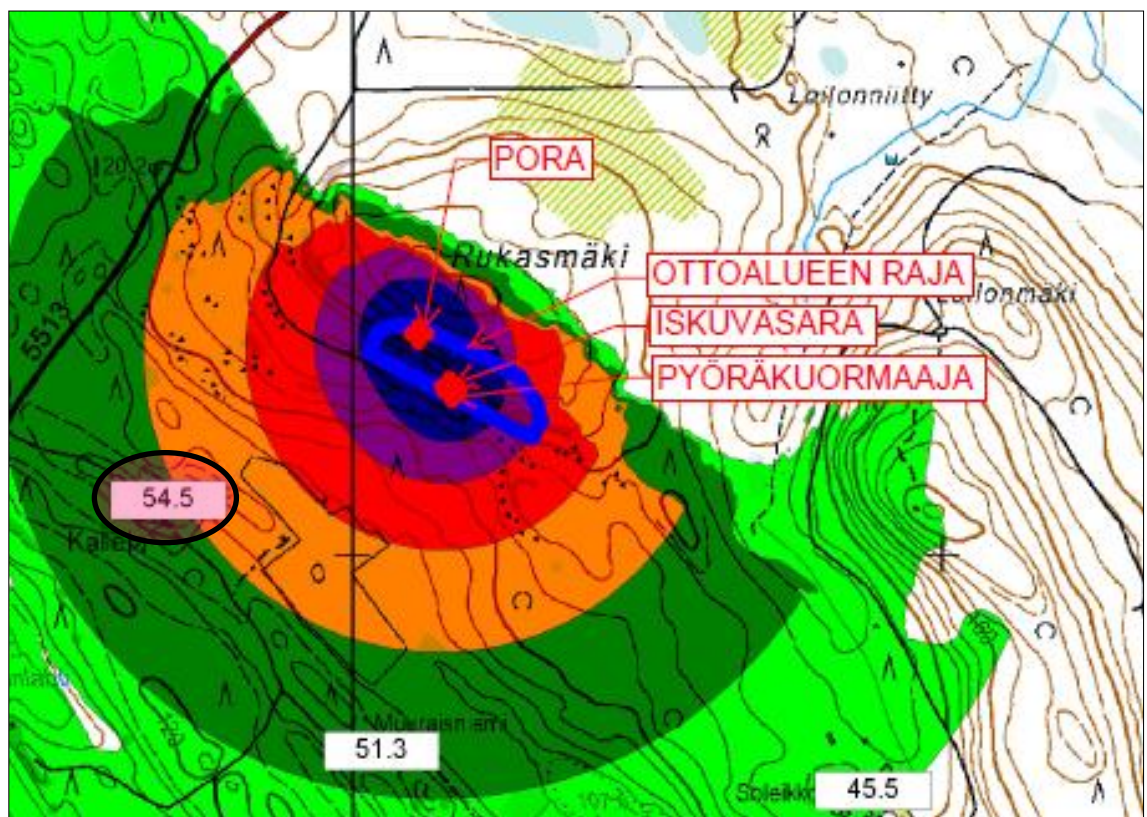


KUVIO 13 Rukasmäen maa-ainesten ottoalue. Melumalli nro 2.

Kuvion 13 melumallissa oleva meluvalli on noin 50–60 m pitkä ja korkeutta sillä on 3,5 m. Tämän kokoinen meluvalli vaimentaisi melua riittävästi. Käytännössä kyseisen meluvallin rakentaminen olisi taloudellisesti ajatellen kannattamaton. Tämän vuoksi mallinnettiin myös tilanteet, jolloin meluvallia ei ole, vaan toimintojen samanaikaista käyttöä rajoitetaan. Kuviossa 14 ja liitteessä 9 on esitetty melumalli nro 3, sekä kuviossa 15 ja liitteessä 10 nro 4, joissa pora ja murskauslaitos eivät ole yhtä aikaa käytössä. Melumalli nro 3:ssa melua aiheuttavia toimintoja ovat rikotus, murskaus ja lastaus, ja melumallissa nro 4 rikotus, pora ja lastaus.



KUVIO 14 Rukasmäen maa-ainesten ottoalue. Melumalli nro 3.



KUVIO 15 Rukasmäen maa-ainesten ottoalue. Melumalli nro 4.

Melumallien nro 3 ja 4 mukaiset melutasot Räsälän tilan kohdalla ovat 54,9 dB ja 54,5 dB. Tämän perusteella voidaan todeta, että maa-ainesten otto Rukasmäen maa-ainesten ottoalueella ei ylitä Valtioneuvoston päätöksen 993/1992 mukaisia ohjearvoja lähimmissä häiriintyvissä kohteissa, jos

porausta ja murskausta ei tehdä samanaikaisesti. Työvaihesuunnittelun lisäksi melutasoa Räsälän tilan kohdalla laskee kaivannaisjätealueelle läjitettävä kaivannaisjäte.

6.3.3 Mallien luotettavuuden arviointi

Rukasmäen maa-ainesalueella tai sen välittömässä läheisyydessä ei ole tehty melumittauksia, joihin mallinnusta voitaisiin verrata. Kaikissa neljässä mallissa melualueerintamat näyttävät olevan loogisia ottaen huomioon, että malli ei laske kasvillisuusvaimennusta. Malleissa ei ole myöskään otettu huomioon liikenteen aiheuttamaa melua.

Mallin tarkkuudeksi on luvattu 200 m:iin saakka 5 dB. Kaikki kolme lähintä häiriintyvää kohdetta sijaitsevat yli 400 m:n etäisyydellä maa-ainesten ottoalueesta, jolloin mallin tarkkuus häiriintyvien kohteiden kohdalla on vielä huonompi. Myös korkeusaineistojen ja peruskarttarasterin tarkkuus vaikuttavat mallin luotettavuuteen.

Vuorokautinen A-painotettu keskiäänitaso häiriintyvien kohteiden kohdalla on todennäköisesti mallin mukainen, ottaen huomioon laskentamenetelmän mukaisen epävarmuuden ± 5 dB 200 metriin saakka. Täytyy kuitenkin muistaa, että tämä ei tarkoita, että mallinnettu toiminta ei aiheuttaisi ajoittain korkeampia melutasoja.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän työn tarkoituksena oli perehtyä maa-ainesten ottoalueiden melumallinnustarpeisiin ja luoda Suomen GPS-Mittaus Oy:n käyttöön työohjeet melumallinnuksen laadinnasta. Työohjeiden tuli olla sellaiset, että ohjeiden pohjalta voidaan laatia luotettava melumallinnus yrityksen käytössä olevilla ohjelmilla ilman erillisiä ohjelmistojen käyttöohjeita. Työohjeen tuli olla selkeä ja helppokäyttöinen ja vastata rakenteeltaan ja ulkoasultaan yrityksen muita työohjeita. Laaditun työohjeen tarkkuus ja luotettavuus testattiin koehenkilön avulla. Henkilö laati melumallinnuksen maa-ainesten ottokohteeseen. Muutamia puutteita ja virheitä työohjeessa korjattiin koemallinnuksen edetessä. Suuria puutteita työohjeessa ei havaittu, korjatut kohdat olivat lähinnä selventää informaatiota. Koehenkilöllä ei ollut aiempaa kokemusta mallinnuksessa käytetyistä ohjelmista.

Tehtyjen mallien pohjalta voidaan todeta, että mallinnusohjelma toimii hyvin melutilanteen arvioinnin työkaluna. Täytyy kuitenkin muistaa, että malli ei takaa, ettei toiminnasta olisi haittaa lähiympäristölleen. Kuten jo alkukappaleissa tuotiin ilmi, melun häiritsevyyden arviointi on hankalaa, koska ihmiset kokevat äänen meluksi eri tavoin. Valtioneuvoston päätös 993/1992 melutason ohjearvoista antaa vain ohjeeksi, että A-painotettu, impulssi- ja kapeakaistakorjattu vuorokauden keskiäänitaso ei saa ylittää annettuja arvoja. Melutasot saavat siis ajoittain nousta korkeammiksikin. Tässä opinnäytetyössä laaditut melumallit on tehty vain mallinnuksen opettelutarkoituksessa, eivätkä mallit välttämättä kuvasta todellisia tilanteita.

Melumallin avulla on helppo ymmärtää ja nähdä toiminnan aiheuttamaa melupäästöä ja melun leviämistä mallinnusalueella. Tällöin esimerkiksi ympäristölupapäätöksiä tekevän viranomaisen on helppompaa laatia toimintaa koskevia vaatimuksia melun osalta. Mallinnuksen avulla myös meluntorjuntatoimenpiteiden tarpeellisuuden ja tehokkuuden arviointi on helppoa. Näin voidaan saada aikaiseksi toimivia meluntorjuntatoimenpiteitä mahdollisimman kustannustehokkaasti. Melumallia täytyy kuitenkin osata lukea oikein. Esimerkiksi tässä työssä mallinnettu toiminta ei aiheuta todellisuudessa melumallien mukaista melualueita, koska mallinnustilanteiden tuulensuunnaksi on määritetty ”melulähteestä poispäin”. Käytännössä tämä tarkoittaisi, että tuulella olisi lähtöpiste, josta se leviäisi pallomaisesti ympäristöönsä. Melumalleja luettaessa katsotaan siis vain yhtä kohtaa kerrallaan, millaisen melutason toiminta siihen pisteeseen aiheuttaa tietyillä sääolosuhteilla. Eli mallin mukaisia melutasoja ei aiheudu mallinnusalueessa samanaikaisesti.

Mallin luotettavuuteen vaikuttavat lähtötietojen todenperäisyys, ajantasaisuus ja tarkkuus. Esimerkiksi maaston korkeustiedot vaikuttavat merkittävästi melumalliin, etenkin melulähteen tai tarkastelupisteen välittömässä läheisyydessä. Myös melulähteen sijainti ja meluntuottokorkeus vaikuttavat. Mitä matalammalla melulähteen meluntuotto on, sitä suurempi maasto- ja kasvillisuusvaimennus meluun kohdistuu.

Työssä käytetty Cadna A -melumallinnusohjelma oli aluksi hiukan hankala käyttää. Tosin sama pätee useisiin suunnitteluun tai mallinnukseen tarkoitettuihin ohjelmistoihin, joilla on pienehkö käyttäjäkunta verrattuna esimerkiksi tunnettuihin tekstinkäsittely- tai taulukko-ohjelmiin. Joitakin pieniä on-

gelmia Cadna A -ohjelmasta löytyi. Esimerkiksi valmiin kuvan tulostus, sekä tekstin lisäys malliin ja tekstin ulkoasun muokkaus ovat ohjelmassa hankalia tai eivät toimi oikein. Tämän vuoksi työohjeissa neuvotaan tulostamaan kuva PDF-tiedostomuotoon ja tekemään tekstin lisäykset PDF-tiedostoon. Laskennan kannalta Cadna A vaikuttaa luotettavalta ohjelmalta. Tosin korkeusaineistosta luodut korkeuskäyrät on hajotettava palasiksi ennen meluverkon laskentaa. Jos laskennan suorittaa korkeuskäyriä hajottamatta, saattaa meluverkkoon jäädä aukkoja. Tämän vuoksi luotettavan mallin aikaansaamiseksi korkeuskäyrät hajotetaan AutoCAD-ohjelmassa, sillä 3D-win ja Cadna A -ohjelmien viivan hajottamistoiminnot eivät toimi luotettavasti.

Tieliikennemelua laskettaessa ja mallinnettaessa laskenta-asetuksista joudutaan muuttamaan siten, että laskennassa sallitaan suuremmat virheet. Jos suurempia virheitä ei sallita, laskenta kestää kauan, useita tunteja. Jos taas sallitaan suurempi virhe, mallin luotettavuus ja tarkkuus huononevat. Lähtökohtaisesti laskenta-asetuksissa suurin sallittu virhe tulisi olla 0 dB, mutta laskennan nopeuttamiseksi voidaan sallia maksimivirheeksi 1 dB. Jos tieliikenteen aiheuttamaa melua mallinnetaan laajalle alueelle, voidaan harkita vielä suuremman maksimivirheen sallimista. Tehtäessä melumallinnusta sellaisille alueille, joissa on erityyppisiä melulähteitä liikennemelun lisäksi, tulee mieltä tarkoin, kuinka paljon laskentaa voidaan nopeuttaa suurempia virheitä sallimalla, jotta malli pysyy edelleen luotettavana. Myös laskentaverkon tiheydellä on merkitystä laskentanopeuteen. Tämän opinäytetyön tuloksena saadussa ohjeessa laskentaverkon tiheydeksi on määrätty 10 m x 10 m. Jos laskentaverkon tiheydessä sivun pituus puolitetaan, laskenta-aika nelinkertaistuu.

Yhteenvedona voidaan todeta, että tämä työ onnistui hyvin ja opin paljon uutta maanainestuotannosta ja melumallinnuksesta. Yleisesti melumallinnuksen osalta voidaan todeta, että yhtenevien, kansallisten melumallinnuskäytäntöjen ja standardien puuttuessa eri ohjelmilla ja eri toimijoiden tekemiä malleja ei voi verrata keskenään. Cadna A -melumallinnusohjelmalla pystytään tuottamaan tarpeeksi laadukkaita ja luotettavia melumalleja ympäristö- ja muiden lupien myöntämispäätösten tueksi.

LÄHTEET

- Airola, H. 2008. *Meluselvitykset asemakaavoissa ja ympäristölupahakemuksissa – Puutteita ja mahdollisuuksia parannuksiin*. Suomen ympäristö 35/2008. Helsinki: Uudenmaan ympäristökeskus. Alueellista ympäristötietoa. Uusimaa. Tiedote ja julkaisuarkisto. Julkaisuarkisto. Suomen ympäristö -sarja [viitattu 25.2.2013] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi>
- Datakustik GmbH. 2011. *Cadna A Reference Manual, Release 4.2. 2011*. Greifenberg. Germany.
- Eurasto, R. 2003. *Sääolot ympäristömelun laskentamalleissa*. Suomen ympäristö -julkaisusarja, Suomen ympäristö 665. Helsinki: Edita Prima Oy. Ympäristönsuojelu. Meluntorjunta. Meluntorjunnan tutkimus ja julkaisut. [viitattu 14.2.2013] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi>
- ISO 9613-1. 1993. *Acoustics-Attenuation of sound during propagation outdoors- part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere*. Geneve. Switzerland: International Organization for Standardization.
- ISO 9613-2. 1996. *Acoustics-Attenuation of sound during propagation outdoors- part 2: General method of calculation*. Geneve. Switzerland: International Organization for Standardization.
- Jauhiainen, T., Vuorinen, H.S., Heinonen-Guzejev, M. 2007. *Ympäristömelun vaikutukset*. Suomen ympäristö 3|2007. Helsinki: Edita Prima Oy. Ympäristönsuojelu. Meluntorjunta. Meluntorjunnan tutkimus ja julkaisut [viitattu 7.1.2013]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi>
- Karjalainen, Niko. 2010. *Murskauksen äänitehomittaukset, Rautalampi*. Melumittausraportti. Kuopio.
- Laajakumpu, maa-aineslupa 09032010
- Larkin, R. P. 1996. *Effects of military noise on wildlife: a literature review*. [verkkodokumentti] [viitattu 12.4.2013] Saatavissa: http://nhsbig.inhs.uiuc.edu/bioacoustics/noise_and_wildlife.pdf
- Lime-työryhmän mietintö 2007. *Liikennemelun huomioon ottaminen kaavoituksessa*. Suomen ympäristö 493. Ympäristöministeriön julkaisu. Helsinki: Oy Edita Ab. Ympäristönsuojelu. Meluntorjunta. Meluntorjunnan tutkimus ja julkaisut [viitattu 11.3.2013] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi>
- Maa-aineslaki* L 555/1981. Finlex. Lainsäädäntö [viitattu 16.4.2013] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1981/19810555?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=maa-aineslaki>
- Maanmittauslaitos. Aineistot ja palvelut. Latauspalvelut [viitattu 17.2.2013] Saatavissa: <http://ww.maanmittauslaitos.fi>

Maanmittauslaitos. Aineistot ja palvelut. Latauspalvelut. Tiedostopalvelu [viitattu 17.2.2013] Saatavissa: <http://ww.maanmittauslaitos.fi>

Maanmittauslaitos. Aineistot ja palvelut. Digitaaliset tuotteet. Korkeusmalli 10 m [viitattu 17.2.2013] Saatavissa: <http://ww.maanmittauslaitos.fi>

Maanmittauslaitos. Aineistot ja palvelut. Digitaaliset tuotteet. Korkeusmalli 2 m [viitattu 17.2.2013] Saatavissa: <http://ww.maanmittauslaitos.fi>

Maanmittauslaitos. Aineistot ja palvelut. Digitaaliset tuotteet. Laserkeilausaineisto [viitattu 17.2.2013] Saatavissa: <http://ww.maanmittauslaitos.fi>

Maanmittauslaitos. Aineistot ja palvelut. Digitaaliset tuotteet. Peruskarttarasteri [viitattu 17.2.2013]. Saatavissa: <http://ww.maanmittauslaitos.fi>

Melutason painotuskäyrät [verkkodokumentti]. Extron. [viitattu 18.4.2013]. Saatavissa: http://www.extron.com/technology/img/loudnesscontrol_ts_3-lg.jpg

Niemi, K. 2005. *Kuopiossa syntyy ainutlaatuinen pitkien etäisyyksien melumalli*. Artikkelit Tekniikka & talous -lehdessä 29.8.2005, 7:43. Tekniikka&Talous. Toimialat. Energia [viitattu 21.3.2013] Saatavissa: <http://www.tekniikkatalous.fi/energia/kuopiossa+syntyy+ainutlaatuinen+pitkien+etaisyyksien+melumalli/a27787>

Pärjälä, E. 2012. *Laskennallisen meluselvityksen laadinta. Kivenmurskauksen ympäristönsuojeluasiat, Suonenjoki.29.5.2012*. [verkkodokumentti] Pohjois-Savon Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten esitysmateriaali. [viitattu 26.3.2013] Saatavissa: http://www.ely-keskus.fi/fi/ELYkeskukset/pohjoissavonely/Ajankohtaista/seminaarijakoulutusaineistot/Documents/Koulutus%20C3%A4iv%20C3%A4%20kivenmurskauksen%20ymp%C3%A4rist%C3%B6nsuojeluasioista,%20Suonenjoki%2029.5.2012/Kuopio_laskennallisen_meluselvityksen_laadinta.pdf

Ray, E.F. 2010. *Industrial noise series, Part 1: Fundamentals of environmental sound*. [verkkodokumentti] Stoughton: Universal [viitattu 12.3.2013] Saatavissa: <http://www.universalaet.com/en/docs/noise/fundamentals-environmental-sound.pdf>

SFS-EN ISO 266. 1997. *Akustiikka. Suositeltavat taajuudet*. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-ISO 1996-2. 1992. *Akustiikka. Ympäristömelun kuvaaminen ja mittaaminen, Maankäyttöä koskevien mittaustietojen hankinta*. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-ISO 226.1989. *Akustiikka. Vakioäänekkyyssäyrät*. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

Sosiaali- ja terveysministeriö. 2003. *Asumisterveysohje*. Sosiaali- ja terveysministeriön ohjeita 2003:1. Helsinki: Edita Prima Oy. [viitattu 2.5.2013] Saatavissa: http://www.valvira.fi/files/tiedostot/a/s/asumisterveysohje_STM_2003.pdf

Suomen ympäristökeskus. 2010. *Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT), Ympäristöasioiden hallinta kiviainestuotannossa*. Suomen ympäristö 25|2010. Helsinki: Edita. [verkkodokumentti] [viitattu 8.4.2013] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=123012&lan=fi>

Susiluoma, H. Yrjö-Koskinen, E. 2006. *Ympäristöministeriölle ehdotuksesta valtioneuvoston periaatepäätökseksi meluntorjunnasta 3.3.2006*. Ajankohtaista. Lausunnot. 2006. [viitattu 12.4.2013] Saatavissa: <http://www.sll.fi>

Tenhunen, Santtu. 2013. Haastattelut. Tammikuu 2013.

TEPA-Sanastokeskus TSK:n termipankki. [viitattu: 13.1.2013] Saatavissa: <http://www.tsk.fi/tepa/>

Tiede-lehden www-sivut. *Melu muuttaa kasvien lisääntymistä* 21.3.2012 18:00 Uutiset. [viitattu 12.4.2013] Saatavissa: <http://www.tiede.fi>

Tiehallinto. 1997. *Päällysteiden suunnittelu*. Tielaitoksen ohje. Helsinki: Edita. [verkkodokumentti] [viitattu: 20.3.2013] Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf2/paallysteiden_suunnittelu.pdf

Ullgren, T. 2012. *Maa-ainesten ottamissuunnitelma ja ympäristölupahakemus, Rukasmäen maa-ainesalue, Kuopio, Karttula, Savon Kuljetus Oy*. Kuopio.

Valtioneuvoston asetus maa-ainesten ottamisesta 926/2005. Finlex. Lainsäädäntö. [viitattu 16.4.2013] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2005/20050926>

Valtioneuvoston asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 713/2006. Finlex. Lainsäädäntö. [viitattu 16.4.2013] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060713?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=713%2F2006>

Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista 993/1992. Finlex. Lainsäädäntö. [viitattu 17.4.2013] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1992/19920993?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=993%2F1992>

Ympäristöministeriö. 2001. *Maa-ainesten ottaminen ja ottamisalueiden jälkihoito*. Ympäristöopas 85. Helsinki: Oy Edita Ab. [viitattu 26.3.2013.] Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. Palvelut ja tuotteet. Julkaisut. Ympäristöoppaat. Ympäristöopas-sarja 2001. Saatavissa <http://www.ymparisto.fi>

Ympäristöministeriö. 2007. *MELUTTA-hankkeen loppuraportti*. Ympäristöministeriön raportteja 20|2007. Helsinki: Ympäristöministeriö. Ympäristönsuojelu. Meluntorjunta. Meluntorjunnan tutkimus ja julkaisut. [viitattu 5.3.2013] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi>

Ympäristöministeriö. 2009. *Maa-ainesten kestävä käyttö. Opas maa-ainesten ottamisen sääntelyä ja järjestämistä varten*. Ympäristöhallinnon ohjeita 1|2009. Helsinki: Edita Prima Oy. Palvelut ja tuotteet. Julkaisut. Ympäristöhallinnon ohjeita. [viitattu 22.4.2013] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi>

Ympäristönsuojelulaki 86/2000. Finlex. Lainsäädäntö. [viitattu 18.4.2013] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2000/20000086?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=ymp%C3%A4rist%C3%B6nsuojelulaki>

Ympäristönsuojeluasetus 169/2000. Finlex. Lainsäädäntö. [viitattu 18.4.2013] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2000/20000169?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=ymp%C3%A4rist%C3%B6nsuojeluasetus>

Cadna A –melumallinnusohjelman laskenta Pohjoismaisissa kohteissa perustuu seuraaviin raportteihin, ohjeisiin ja standardeihin:

Ohjeet ja raportit:

- Concawe-report no. 4/81, „The propagation of noise from petroleum and petrochemical complexes to neighboring communities”,
- (Ref.AT 931), CONCAWE, Den Haag May 1981
- AR-INTERIM-CM, Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping, Final Report, Part A, Reference: B4-3040/2001/329750/MAR/C1, 25 March 2003
- IMAGINE Improved Methods for the Assessment of the Generic Impact of Noise in the Environment, WP 7: Industrial noise sources, Adaptation of the Harmonoise engineering model to industrial noise sources, document IMA07MO-041126-CSTB01, Date: 26/11/2004.
- HARMONOISE, WP 2, Reference Model, Description of the Reference model, document HAR29TR-041118-TNO10, 22 December 2004.
- Development of the HARMONOISE Point-To-Point Model, Prediction of Excess Attenuation in Outdoor Noise Propagation, author: D. van Maercke/CSTB, presented at Meeting Norwegian Acoustical Society, Kristiansand, 08.09.2006.
- ECAC DOC 29: European Civil Aviation Conference Document 29, „Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports”, 2nd edition, 1997
- Environmental noise from industrial plants - General prediction method. Danish Acoustical Laboratory, The Danish Academy of
- Technical Sciences, Report no. 32, 1982.
- Railway Traffic Noise - The Nordic Prediction Method, TemaNord 1996:524, Nordic Council of Ministers, Store Strandstraede 18, DK-1255 Copenhagen K, ISBN 92 9120837 X, ISSN 0908-6692.
- Road Traffic Noise - Nordic Prediction Method, TemaNord 1996:525, Nordic Council of Ministers, Store Strandstraede 18,
- DK-1255 Copenhagen K, ISBN 92 91208361, ISSN 0908-6692.
- Rapport 6241: „Ljud från vindkraftverk”

Standardit:

- ISO 3744 Acoustics - Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure - Engineering method in an essential free field over a reflecting plane
- ISO 9613, Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors,
 - Part 1 (1993-06): Calculation of the absorption of sound by the atmosphere,
 - Part 2 (1996-12): General method of calculation,
- ISO 717: Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements,
 - Part 1: Airborne sound insulation (ISO 717-1:1996)
 - Part 2: Impact sound insulation (ISO 717-2:1996);
- ISO 11654 (1997), Acoustics - Sound absorbers for use in buildings - Rating of sound absorption
- ISO 3746 (1995-12), Acoustics - Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure - Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane
- EN 12354: Building Acoustics - Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of products,
 - Part 1 (1999): Airborne sound insulation between rooms;
 - Part 2 (1999): Impact sound insulation between rooms
 - Part 3 (1999): Airborne sound insulation against outdoor sound



TYÖOHJE nro X.X.X	Versio 1.0	Sivu 1/27
Hyväksyjä: Santtu Tenhunen	versio hyväksymätön	
Päivittäjä: Anna-Maria Tirkkonen	9.3.2013	

Melumallinnus

Tavoite	Melumallinnuksen tekeminen kiviainestuotannosta aiheutuvan melun ja meluntorjunnan tarpeen selvittämiseksi
Vastuu	Työohjeen mukainen toiminta on kulloinkin työtä suorittavan henkilön vastuulla. Työohjeen päivityksestä vastaa ympäristöinsinööri.

Sisällys

1	Tarvittava lähtöaineisto.....	3
2	3D-win	3
2.1	Ottoalueen rajan tuonti	3
2.2	Piirtoalueen määrittäminen.....	4
2.3	Peruskarttarasterin tuonti ja suunnittelualueen koordinaattien määrittäminen	4
2.4	Korkeusaineiston tuonti	5
2.4.1	10 m ja 2 m korkeusaineisto.....	5
2.4.2	Laserkeilausaineisto	6
2.5	Koordinaattimuunnokset	6
2.5.1	Korkeusjärjestelmämuunnoksen luonti.....	7
2.5.2	Muunnoksen luotettavuuden tarkistus	7
2.6	Informaation kohdistaminen	8
2.7	Maastomalli	8
2.7.1	Kolmionti	8
2.7.2	Korkeuskäyrät	8
2.8	Kahden erilaisen korkeusmallin yhdistäminen	9
3	AutoCAD.....	10
4	CADNA A -melumallinnusohjelma.....	10
4.1	Cadna A -ohjelman kirjastot	10
4.2	Oman väripaletin luonti.....	10
4.3	Omien melutietojen syöttö Cadna A:n tietokantaan	11
4.3.1	Meluspektrin muuttaminen terssikaistaisesta oktaavikaistaiseksi	11
4.3.2	Meluspektrin syöttö kirjastoon	12
4.4	Tarvittavien melu- ja väripalettitietojen hakeminen	13
4.5	Laskennan asetukset	13
4.6	Objektien piirtoasetukset	13



TYÖOHJE nro X.X.X	Versio 1.0	Sivu 2/27
Hyväksyjä: Santtu Tenhunen	versio hyväksymätön	
Päivittäjä: Anna-Maria Tirkkonen	9.3.2013	

4.7	Tasojen piirtoasetukset.....	14
4.8	Meluverkon laskenta- ja piirtoasetukset.....	15
4.9	Tiedostojen tuonti.....	15
4.9.1	Peruskarttarasteri.....	15
4.9.2	Korkeuskäyrästön tuonti.....	16
4.9.3	Ottoalueen rajan tuonti.....	16
4.10	Korkeuskäyrien hajotus.....	16
4.11	Melulähteiden lisäys (pistemäinen melulähde).....	17
4.12	Muut melulähteet.....	17
4.13	Meluverkon laskenta.....	18
4.14	Äänenpainetason numeerinen esitys.....	18
4.15	Meluntorjunta.....	18
4.16	Tieliikennemelu.....	19
4.17	Tulostus.....	22
4.17.1	Tulostuspohjan luonti.....	22
4.17.2	Valmiin tulostuspohjan käyttö.....	23
5	Viimeistely PDF-tiedostona.....	23
6	Raportointi.....	24
1.	Työn tausta ja selvityskohde.....	24
1.1.	Johdanto.....	24
1.2.	Kohteen ja toiminnan kuvaus.....	24
2.	Menetelmät ja lähtötiedot.....	24
2.1.	Ohjeavot.....	24
2.2.	Laskentamenetelmät ja käytetty ohjelmisto.....	24
2.3.	Lähtötiedot.....	24
3.	Tulokset.....	25
3.1.	Mallinnetut tilanteet.....	25
3.2.	Mallinnustulokset.....	25
3.3.	Impulssimaisuuskorjaus.....	25
4.	Yhteenveto.....	25
5.	Päiväys ja allekirjoitus.....	25
6.	LIITTEET.....	25

Tien pinta			Melutason korjaus dB(A) suhteessa raskaan liikenteen määrään %							
Nro	Selite	Ikä (a)	Nopeus km/h							
			0-60			61- 80			81-130	
			Raskaan liikenteen osuus liikennevirrasta %							
			0- 5	6- 19	20- 100	0- 5	6- 19	20- 100	0- 5	6- 100
1 a	Asfalttibetoni , tiivis ja tasainen (≤ 12 - 16 mm)	1- 20	Tiivis ja tasainen asfalttibetoni toimii referenssinä, johon korjausarvoa käytetään							
1 b	Asfalttibetoni , tiivis ja tasainen (≤ 12 - 16 mm)	< 1	0	0	0	- 1	0	0	- 1	- 1
2 a	Asfalttibetoni , tiivis ja tasainen (≤ 8 - 10 mm)	1- 20	0	0	0	- 1	0	0	- 1	- 1
2 b	Asfalttibetoni , tiivis ja tasainen (≤ 8 - 10 mm)	< 1	- 1	- 1	- 1	- 2	- 1	- 1	- 2	- 2
3 a	Kivimastikiasfaltti (SMA) (≤ 12- 16 mm)	1- 20	0	0	0	+1	0	0	+1	0
3 b	Kivimastikiasfaltti (SMA) (≤ 12- 16 mm)	< 1	0	0	0	+1	0	0	+1	0
4 a	Kivimastikiasfaltti (SMA) (≤ 8- 10 mm)	1- 20	- 1	- 1	0	- 1	- 1	- 1	- 1	- 1
4 b	Kivimastikiasfaltti (SMA) (≤ 8- 10 mm)	< 1	- 2	- 1	0	- 2	- 2	- 1	- 2	- 2
5	Jyräasfaltti	0- 20	+1	0	0	+2	+1	0	+2	+1
6 a	Sirotepinnaus, yksinkertainen (max. 16- 20 mm)	1- 20	+1	0	0	+2	+1	0	+2	+1
6 b	Sirotepinnaus, yksinkertainen (max. 16- 20 mm)	< 1	+2	+1	0	+3	+1	- 1	+2	+1
7 a	Sirotepinnaus, yksinkertainen (max. 10- 12 mm)	1- 20	0	0	0	0	0	0	0	0
7 b	Sirotepinnaus, yksinkertainen (max. 10- 12 mm)	< 1	0	0	0	0	0	- 1	0	0
8 a	Sirotepinnaus, yksinkertainen (max. 6- 9 mm)	0- 20	0	0	0	- 1	0	0	- 1	0
8 b	Sirotepinnaus, yksinkertainen (max. 6- 9 mm)	< 1	- 1	0	0	- 1	- 1	- 1	- 1	- 1
9 a	Sirotepinnaus, kaksinkertainen (max.16- 20 mm)	1- 20	0	0	0	+1	0	- 1	0	0
9 b	Sirotepinnaus, kaksinkertainen (max.16- 20 mm)	< 1	+1	0	0	+1	0	- 2	0	0
10 a	Sirotepinnaus, kaksinkertainen (max.10- 12 mm)	1- 20	0	0	0	0	0	- 1	0	- 1

