

Laura Leppänen

MELUSELVITYS STORA ENSO OYJ:N
VARKAUDEN TEHTAIDEN
TEOLLISUUSMELUSTA
KOSULANNIEMEN ASUINALUEELLE

Opinnäytetyö
Ympäristötekniologia


Kesäkuu 2014




MAMK

University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

	Opinnäytetyön päivämäärä	
Tekijä(t) Laura Leppänen	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Ympäristötekniologia	
Nimeke Meluselvitys Stora Enso Oyj:n Varkauden tehtaiden teollisuusmelusta Kosulanniemen asuinalueelle.		
Tiivistelmä <p>Työssä selvitettiin teollisuusmelun tasoa Kosulanniemen asemakaavamuutostyön suunnittelualueella. Stora Enso Oyj Varkauden kaupungille tekemän aloitteen mukaisesti konsulttitoimisto FCG tutkii nykyisen teollisuusalueen osan muuttamisesta asuinkäyttöön. Asemakaavatyön kohteena oleva alue on laajuudeltaan noin 44 ha, josta asuinalueeksi suunnitellun alueen pinta-ala on noin 7,6 ha. Alueella sijaitsee useita yli satavuotiaita asuttuja huviloita.</p> <p>Ympäristömelulle on Valtioneuvoston päätöksen 993/1992 mukaan annettu ohjearvot, joita ympäristömelu ei saa ylittää. Tehdyllä meluselvityksellä todennettiin Kosulanniemen suunnittelualueelle kuuluva teollisuusmelun taso sekä selvitettiin, jääkö olemassa olevien rakennusten taakse ns. äänivarjoa melulta suojaisempaa oleskelualueita. Stora Enso Oyj:n Varkauden tehtaille on tehty meluselvitys vuonna 2012, jossa melua on mitattu melupäästöinä ja melun leviäminen on mallinnettu ympäröiville alueille. Varkauden tehtaille on tehty useita meluselvityksiä toimintojen vaikutuksesta lähialueen melutasoon.</p> <p>Melumittaukset toteutettiin ajalla 7.5.-23.5.2014 pääosin klo 8-15 välisenä aikana. Alueelle, jolle kohdistuu lisärakentamista, tehtiin lisäksi yöaikaista mittauksia klo 22-23 välillä. Melumittaukset toteutettiin ympäristöministeriön ohjeen 1/1995 mukaisesti. Saadut tulokset osoittavat teollisuusmelun ylittävän sallitut ohjearvot 55 dB päivällä ja 50 dB yöllä satunnaisesti. Tuulen suunnalla on huomattava merkitys saatuihin mittaus tuloksiin. Mittausepävarmuus on 2-4 dB melulähteen ja mittauspisteen etäisyydestä riippuen. Mittausepävarmuudesta johtuen ei voida varmuudella todeta, etteivät ympäristömelun ohjearvot ylittyisi suunnittelualueella ilman meluntorjuntatoimenpiteitä.</p> <p>Teollisuusmelun satunnaiset ohjearvojen ylitykset eivät ole este olemassa olevan teollisuustontin osan muuttamisesta asuinkäyttöön. Asuinalueen suunnittelun yhteydessä tulee kiinnittää huomiota rakennusten sijoitteluun siten, että ne vaimentavat optimaalisesti teollisuudesta tulevaa melua. Lisäksi teollisuusalueella on varauduttava selvityksessä esitettäviin meluntorjuntatoimenpiteisiin. Meluntorjunnassa on kiinnitettävä huomiota erityisesti matalataajuisen melun vaimentamiseen.</p>		
Asiasanat (avainsanat) Melu, ympäristömelu, ääni, teollisuusmelu, mittaaminen, meluntorjunta, meluste, meluvalli, asemakaava, kaavoitus,		
Sivumäärä 54	Kieli Suomi	URN
Huomautus (huomautukset liitteistä)		
Ohjaavan opettajan nimi Hannu Poutiainen	Opinnäytetyön toimeksiantaja Stora Enso Oyj	

DESCRIPTION

		Date of the bachelor's thesis
Author(s)		Degree programme and option
Laura Leppänen		Environment technology
Name of the bachelor's thesis		
The research of noise level in Stora Enso Oyj mills of Varkaus		
Abstract		
<p>This study discovered the level of environment noise in the town planning area of Kosulanniemi Varkaus. Stora Enso Oyj has made an initiative to develop a part of industrial area to residential use. The town planning area is 44 hectares wide and the planned residential area approximately 7,4 hectares wide.</p> <p>The guideline values were given in 1995 by the order of Government to the environment noise in residential area. The environment noise is not allowed to exceed the guideline value 55 dB in daytime and 50 dB at night. In this research the environment noise (industrial noise) level was measured in town planning area. Noise level was also measured behind the existing houses. The idea was to find a so called noise shadow behind the houses. That means a silent courtyard behind the houses where the noise from industrial area is not heard so loud.</p> <p>The measurement was made during May 7th-23rd, 2014 between 8 am-15 pm. The measurement was also made during night time in the area where the additional town planning is planned. The measurement followed the instruction of the Ministry of the Environment. It was discovered that the noise level from Stora Enso Oyj industrial area was exceeding the guideline values randomly. The measurement uncertainty is 2-4 dB depending on the distance between measurement point and sound source. Because of the measurement uncertainty it is impossible to state that the guideline values are not exceeding in the town planning area without actions to decrease the noise.</p> <p>Industrial noise level is randomly exceeding the guideline values but is not preventing the partial change of industrial area to residential use. But in this situation it is important to prepare some actions to decrease especially the low-frequency noise.</p>		
Subject headings, (keywords)		
noise, environment noise, sound, industrial noise, measurement, sound barrier, town plan, town planning		
Pages	Language	URN
54	finnish	
Remarks, notes on appendices		
Tutor		Bachelor's thesis assigned by
Hannu Puotinen		Stora Enso Oyj

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	3
2	TAUSTAA	4
	2.1 Ääni	4
	2.1.1 Äänenpaine ja äänitehotaso	5
	2.1.2 Äänen taajuus ja jaksollisuus	6
	2.1.3 Äänen spektri	7
	2.2 Äänen eteneminen ja vaimeneminen	8
	2.2.1 Äänen vaimeneminen	8
	2.2.2 Äänen vaimeneminen rajapinnoissa	10
	2.3 Melu	13
	2.3.1 Ympäristön melulähteet	13
	2.3.2 Ympäristömelun terveysvaikutukset	14
	2.3.2.1 Kuulovauriot	16
	2.3.2.2 Unen häiriöt	16
	2.3.2.3 Vaikutus verenkiertoelimistöön	17
	2.3.2.4 Psykkiset ja kognitiiviset vaikutukset	18
	2.4 Meluntorjunta	18
	2.4.1 Meluntorjunta teollisuudessa	19
	2.4.2 Melua käsittelevää lainsäädäntöä	19
	2.4.3 Melu kaavoituksessa	21
	2.4.4 Melusteet	22
	2.4.5 Rakennussuunnittelu	24
3	AINEISTO JA MENETELMÄT	25
	3.1 Kosulanniemen asemakaavan suunnittelualue	26
	3.1.1 Ympäristömelunmittauksen toteutus	28
	3.1.2 Ympäristömelun mittaaminen Kosulanniemen suunnittelualueella ...	29
	3.1.3 Mittausepävarmuus	30
4	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	32
	4.1 Melu taajuksittain	35
	4.2 Tulosten tarkastelu	36
	4.3 Melun vaimeneminen	38

	2
4.4 Teollisuusmelun häiritsevyys.....	39
4.5 Meluntorjunta.....	40
4.6 Melun vaikutus asemakaavamuutostyöhön.....	43
4.7 Mahdollisia jatkotutkimustarpeita.....	44
5 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	44

LIITTEET

1. Melun mittauspaikat ja -pisteet Kosulanniemen suunnittelualueella.
2. SYMO Oy:n tekemän meluselvityksen melulähteet, joista melupäästöt on mitattu.

1 JOHDANTO

Kaupungistumisen, liikenteen ja teollisuuden lisääntymisen myötä erilaiset äänet ovat osa arkea. Eri toiminnot synnyttävät erilaisia ja voimakkuudeltaan eritasoisia ääniä. Usein voimakkaat äänet koetaan häiritseviksi, jolloin äänet muuttuvat meluksi. Yksilö kokee melun eri tavalla. Ihmisten melunsietokyky on erilainen, mutta yhtä kaikki jokaisella on oikeus meluttomaan asuinympäristöön.

Melu onkin yksi merkittävimpiä asuinympäristöämme heikentäviä tekijöitä. Suomessa lähes joka viides asuu alueilla, jossa ympäristömelun keskiäänitaso ylittää valtioneuvoston asuinalueelle sallitun melun ohjearvon 55 dB päivällä ja 50 dB yöllä. Näistä lähes miljoonasta suomalaisesta suurin osa kärsi tie- ja raideliikenteen melusta tai lentoliikenteen melusta. Muita ympäristömelun lähteitä ovat mm. satamat, ampuma- ja moottoriturheiluradat sekä teollisuus. Näiden melulähteiden melupäästöille altistuu kuitenkin melko harvalukuinen joukko ihmisiä. (Liikonen 2013, 27.)

Ympäristömelun on todettu vaikuttavan kielteisesti ihmisten terveyteen ja hyvinvointiin. Helppoiten ymmärrettävä melun terveysvaikutus on kuulon heikkeneminen joko tilapäisesti tai pysyvästi. Mutta ympäristömelulla on muitakin terveysvaikutuksia. Melu heikentää unenlaatua ja lisää heräämistä. Heikentynyt unen laatu nostaa usein stressitasoa ja vaikuttaa sitä kautta mm. riskiin sairastua sydän- ja verisuonitauteihin. Melun terveysvaikutuksia on tutkittu laajalti ja on todettu, että keho alkaa reagoida jo päivän aikaisen keskiäänitason ollessa 33 dB. (Jauhiainen 2009; Jauhiainen ym. 1997; Mussalo-Rauhamaa 2007.)

Koska ympäristömelun vaikutusalueilla asuu yhä enemmän asukkaita, on meluntorjunta noussut kaupunkien suunnittelussa ja maankäytössä tärkeäksi asiaksi. Tie- ja raideliikenteen aiheuttamaa melu- ja värinävaikutusta pyritään vähentämään uusien liikenneratkaisujen sekä asuinalueiden suunnittelulla sekä erilaisilla meluesteillä. Ympäristömelua aiheuttavien toimintojen ja melulle herkkiä toimintoja ei yleensä sijoiteta lähelle toisiaan ilman riittävää meluntorjuntaa. Melulle herkkiä toimintoja kuten asuimista, päiväkoteja ja hoitolaitoksia pyritään sijoittamaan maankäytön suunnittelun yhteydessä mahdollisuuksien mukaan vähemmän meluisille alueille. Maankäytön suunnittelun lisäksi tehokkainta on pyrkiä vähentämään melulähteestä tulevaa melua esimerkiksi parhaalla mahdollisella käytössä olevalla tekniikalla (BAT). Toisaalta

erilaisilla melusteilla, vaimentimilla ja koteloinneilla pystytään vähentämään ympäristömelua toiminnosta riippuen. (Ympäristöministeriö 2004; Airola 2013; Airola 2008.)

Melua aiheuttavan toiminnan ja asumisen yhteensovittaminen sekä vaatimus tiiviistä, ekologisesta ja kustannustehokkaasta kaupunkirakenteesta aiheuttavat pulmia uusia asuinalueita kaavoitettaessa sekä vanhoja asuinalueita täydennettäessä. Varkauden kaltaisella perinteikkäällä teollisuuspaikkakunnalla teollisuuden läsnäoloon on totuttu eikä siitä ole koettu aiheutuvan häiriötä tai haittaa asumiselle. Stora Enso Oyj:n ja Varkauden kaupungin välisellä kehittämissopimuksen perustuen tutkitaan nyt kaupungin keskustassa sijaitsevan teollisuustontin osan muuttamista asumiskäyttöön Kosulanniemen suunnittelualueella. Tämän työn tavoitteena on selvittää mittaamalla teollisuuden aiheuttama ympäristömelutaso suunnittelualueella sekä kuinka paljon Varkauden Kosulanniemessä jo olemassa olevat rakennukset vaimentavat teollisuismelua omassa pihapiirissään. Uuden asemakaavatyön haasteena on osoittaa uusien rakennusten piha-alueille sellaisia oleskeluun tarkoitettuja alueita, joiden melutaso on Valtioneuvoston päätöksen (VNp 993/92) mukaan päivällä alle 55 dB ja yöllä alle 50 dB.

2 TAUSTAA

2.1 Ääni

Ääni on ilmahiuksasten värähtelyä, joka etenee aaltoliikkeenä (Eurasto ym. 1990, 11). Ääni on pääsääntöisesti ilmassa etenevää painevärähtelyä eli äänenpainetta. Akustiikka määrittelee äänen kimmoisassa väliaineessa eteneväksi mekaaniseksi värähtelyksi. Mekaaninen värähtely tuottaa ihmisen kuuleman kuuloaistimuksen. (Björk 1991, 36.) Ilmahiuksasten värähtely ja eteneminen aaltoliikkeenä voidaan havaita ilmanpaineen vaihteluina sekä ilman tihtyminä ja harventumina. Nämä hyvin pienet ilmanpaineen muutokset aiheuttavat korvassa aistimuksen. (Tiihinen & Hänninen 1997, 8.) Paineen vaihtelua vallitsevaan staattiseen ilmanpaineeseen nähden nimitetään äänenpaineeksi (Eurasto ym. 1990,11).

2.1.1 Äänenpaine ja äänitehotaso

Äänen voimakkuutta mitataan äänenpainetasona, jonka yksikkö on desibeli (dB). Äänenpainetaso kertoo, kuinka kovana ääni aistitaan. Taulukossa 1 on esitetty esimerkkejä toiminnoista, jotka aiheuttavat tietyn äänenpainetason. Äänenpainetason suuruus riippuu äänilähteen melupäästöstä (äänitehotasosta), äänilähteen etäisyydestä kuulijaan sekä ympäristön ominaisuuksista. (Tiihinen & Hänninen 1997, 9.)

TAULUKKO 1. Erialaisten äänien äänenpainetasoja (mukailtu Tiihinen & Hänninen 1997, 9).

Esimerkkitoiminto tai ääni	Äänenpainetaso (dB)
suihkukone	140
kipukynnys	125
ukkonen	120
huuto	90–105
vilkasliikenteinen katu	80
normaali puhe	60–70
sade, toimisto	50
kuiskaus, hiljainen asunto	30

Äänenpainetaso on logaritminen mitta. Sitä käytetään siksi, että ihmisen korva ja kuulo toimivat logaritmisesti. Toisaalta esiintyvien äänenvoimakkuuksien vaihteluväli on niin suuri, että logaritmisella asteikolla lukuarvot saadaan helpommin käsiteltäviksi. (Lahti 2003, 11.)

Äänipainetaso määritellään kaavan 1 mukaisesti

$$L_p = 20 \log \frac{P}{P_0} \quad (1)$$

jossa L on äänitaso (dB)

P on äänenpaine (Pa)

P_0 on vertailuäänepaine 2×10^{-5} Pa, joka on kuulokynnys

(Suomen kuntatekninen yhdistys 1997, 15 ja Lahti 2003, 11).

Äänen voimakkuutta voidaan mitata myös äänitehotasona (L_w). Äänitehotaso kuvaa äänilähteen voimakkuutta akustisena tehona. Akustinen säteilyteho on energiaa, jota äänilähde säteilee ympäristöönsä eikä se ole riippuvainen äänilähteen sijoituspaikasta tai ympäristöstä. (Tiihinen & Hänninen 1997, 9).

Äänitehotaso määritellään (Eurasto jne. 1990, 13) mukaan kaavassa 2

$$L_w = 10 \log \frac{P}{P_0} \quad (2)$$

jossa L_w on äänitehotaso
 P on äänenpaine 20 μPa
 P_0 on 1 pW.

2.1.2 Äänen taajuus ja jaksollisuus

Äänen aistittavuuteen vaikuttaa äänenpainetason lisäksi sen taajuus ja taajuusjakauma eli spektri (Eurasto ym. 1990, 17). Taajuus tarkoittaa äänen värähtelyjaksojen lukumäärää sekunnissa, mittayksikkönä on hertsi Hz (Lahti 2003, 14). Tiihinen ja Hänninen (1997, 10) toteavat, että ihmisen kuuloalue on 20 – 20 000 Hz ja parhaiten ihminen aistii 2 000- 5 000 Hz taajuudet. Matalia ääniä ovat pientaajuiset äänet 20- 100 Hz, keskitaajuuksia ovat 100- 5 000 Hz, jotka ovat myös puheen taajuuksia sekä suurtaajuisia ääniä ovat 5 000- 10 000 Hz (Lahti 2003,16). Matalien taajuuksien määrittelyssä on eroavaisuuksia, sillä Pesonen (2005, 120) määrittelee matalat taajuudet välille 10-250 Hz ja toteaa, että toisinaan jopa 1 000 Hz pidetään matalien taajuuksien rajana. Tiihisen ja Hännisen (1997, 10) antaman esimerkin mukaan 63 Hz taajuisen äänen äänenpainetason on oltava 40 dB, jotta ihminen kuulee sen. Toisaalta 2 000 Hz taajuisen äänen ihminen kuulee äänenpainetason ollessa 0 dB.

Äänet jaetaan kahteen luokkaan jaksollisiin ja jaksottomiin ääniin (Lahti 2003, 13). Puhdas yhden taajuuden ääni on äänes esim. vihellys. Jaksolliset äänet sisältävät perustaajuuden ja tämän kerrannaisia. (Eurasto ym. 1990, 18.) Lahti (2003, 13) toteaa, että jaksollinen ääni on sellainen, joka toistuu vakiovälein samanlaisena. Toistuminen koskee sekä ääniaaltoa että äänisignaalia. Jaksollista ääntä tuottaa esim. musiikki-instrumentti (Eurasto ym. 1990, 18). Satunnaisesti vaihteleva ääni on tärkein jaksottomien äänten alatyyppejä. Lyhytaikaiset eli impulssimaiset äänet on toinen tyypillinen jaksottomien äänten alatyyppejä. (Lahti 2003, 13.) Pääosa luonnossa esiintyvistä äänistä

on jaksottomia ja ne sisältävät lukemattoman määrän eri taajuuskomponentteja ja niiden spektri on jatkuva, esimerkiksi tieliikenteen melu (Eurasto ym. 1990, 18). Iskut, kolahdukset sekä laukaukset ovat lyhytaikaista, impulssimaista ääntä. Pyörteilevä, kohiseva ilmapirta on tyypillinen esimerkki satunnaisesta jaksottomasta äänestä. (Lah- ti 2003, 13.)

2.1.3 Äänen spektri

Ääni jakautuu eri taajuuksille kaistoittain. Yleisimmin äänen taajuudet esitetään oktaavi ja terssikaistoittain. Oktaavikaistalla tarkoitetaan sellaista äänikaistaa, jonka raja- taajuuksin suhde on kaksi. Terssikaista on 1/3 oktaavikaistaa. Oktaavi- ja terssikaisto- ja merkitään aina kaistan keskitaajuudella, jotka on standardoitu kansainvälisesti. (Tiihinen & Hänninen 1997, 11.) Taulukossa 2 on esitetty oktaavi- ja terssikaistat. Edellä mainittu äännes muodostuu yhdestä taajuudesta, jolloin sen spektri on kyseisellä taajuudella oleva suora spektriviiva. Jaksollisen äänen spektrijakauma on toistuva vii- vaspektri samalla taajuusjakaumalla eri ajankohtana esimerkiksi kahden sekunnin vä- lein. Jaksottoman äänen spektrijakauma on satunnaisesti muodostunut spektriviiva, joka esittää äänen taajuusjakauman ko. ajanhetkenä. (Eurasto ym. 1990, 18.)

TAULUKKO 2. Oktaavi- ja terssikaistat keskitaajuuksilla hertseinä (Hz) (Tiihi- nen & Hänninen 1997,12).

oktaavi Hz	31,5	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000	16 000
terssi- kaistat Hz	25 31,5	50 63	100 125	200 250	400 500	800 1 000	1 600 2 000	3 150 4 000	6 300 8 000	12 500 16 000
	40	80	160	315	630	1 250	2 500	5000	10 000	20 000

Äänen spektrianalyysi ilmaisee, kuinka äänen energia on jakautunut eri taajuuksille. Tasaisen melun taajuusjakaumaa voidaan esittää äänitasomittarin hetkellisarvolla tiet- tynä mittaushetken ajankohtana. Yleensä taajuusjakaumaa eli äänen spektriä esitetään keskiäänitasona tietyltä mitatulta aikaväliltä. (Björk 1991, 45.)

2.2 Äänen eteneminen ja vaimeneminen

Ääniaalto on aaltoliikettä, joka etenee väliaineessa kuten ilmassa, vedessä tai aineessa. Äänen eteneminen sekä etenemisnopeus riippuvat väliaineesta sekä äänen etenemistävasta. (Björk 1991, 37.) Aaltoliikkeen aikaansaavat joko potentiaalienergia (paine) tai liike-energia (hiukkasten liike) (Oy Partek Ab 1991). Ääni syntyy jonkin sellaisen syyn seurauksena, joka saa ilman hiukkaset liikkumaan tai ilmaan muodostuu paineeroja. Liikenopeus (liike-energia) ja paine (potentiaalienergia) ovat sidoksissa toisiinsa, molempia esiintyy yhtä aikaa. (Lahti 2003, 35.)

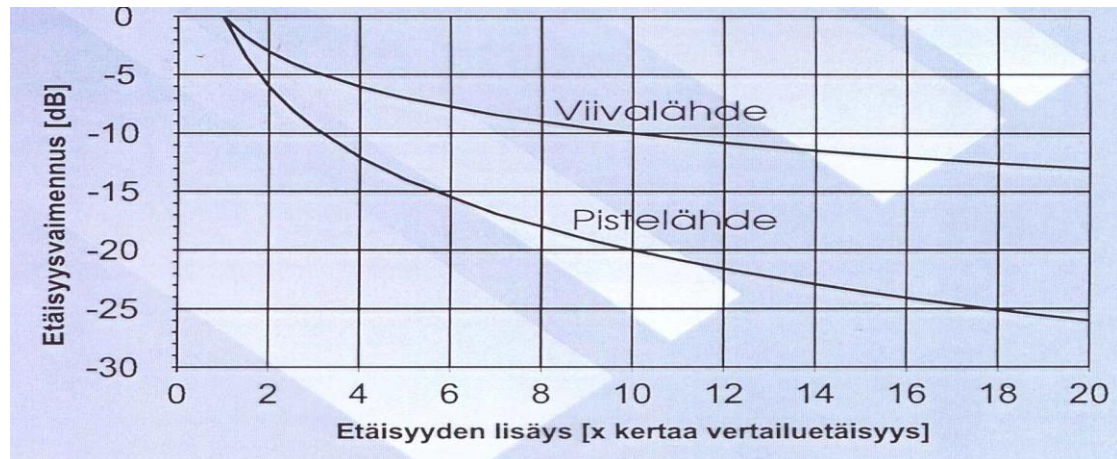
Ääniaalto on värähdysliikettä, joka etenee pitkittäis- tai poikittaisaaltona. Ilmassa ääni etenee pitkittäisalttona. Kiinteässä aineessa ääni etenee molempina aaltotyyppeinä. Ääntä kutsutaan väliaineesta riippuen ilmaääneksi, runkoääneksi tai tärinäksi. Ilmaaäni on ilmassa tapahtuvaa värähtelyä. Runkoääni etenee kiinteässä aineessa ja tärinä on kiinteässä aineessa tapahtuvaa värähtelyä, joka aistitaan kehossa. Vaikka äänet käyttäytyvät ilmassa ja kiinteässä aineessa eri tavalla, niillä on yhteys toisiinsa. Runkoääni kehittää lähes poikkeuksetta ilmaääntä ympärilleen ja joissain tapauksissa myös ilmaääni voi kehittää runkoääntä. Äänen eteneminen on nopeinta yleensä kiinteissä aineissa (esim. lasissa 6 000 m/s tai puussa 3 600 m/s). Hitainta äänen eteneminen on kaasuissa kuten ilmassa 345 m/s. (Oy Partek Ab 1991, 9.)

2.2.1 Äänen vaimeneminen

Äänen voimakkuus eli äänenpainetaso pienenee äänilähteen ja havaintopisteen välisen etäisyyden kasvaessa. Vaimeneminen on eri tekijöiden äänenpainetasoon aiheuttamien vaikutusten summa. Vaimenemisen tarkastelua tehdään ns. vapaassa kentässä, jossa äänilähteen ja havaintopisteen lähellä ei ole äänen etenemiseen vaikuttavia tekijöitä esimerkiksi melusteita tai rakennuksia. (Eurasto ym. 1990, 26.)

Äänilähteen ympärille muodostuu äänikenttä, jossa äänilähteen säteilemä energia leviää etäisyyden kasvaessa. Tämä johtaa siihen, että äänenpainetaso pienenee etäisyyden kasvaessa. Kuinka paljon äänentaso pienenee, riippuu äänilähteestä. Äänilähteet voidaan jakaa piste-, viiva- ja tasolähteisiin. Äänilähteestä riippuu äänen etenemisnopeus ja vaimeneminen vapaassa kentässä. Pistelähde muodostaa pallon muotoisen äänikentän, jossa äänenpaine laskee 6 dB etäisyyden kaksinkertaistuessa. Viivalähde muodos-

taa sylinterin mallisen äänikentän, jossa äänenpainetaso laskee 3 dB etäisyyden kaksinkertaistuksessa. Kuvassa 1 on verrattu äänen vaimenemista viiva- ja pistelähteen kohdalla etäisyyden kasvaessa. Tasolähteen kohdalla tasoallon intensiteetti pysyy lähes vakiona etäisyydestä riippumatta silloin, kun tasolähteen koko on etäisyyteen verrattuna suuri. (Eurasto ym. 1990, 28; Lahti 2003, 45-46.)



KUVA 1. Etäisyyden kasvaessa äänenpainetaso vaimenee äänilähteestä riippuen. (Kuvallähde: Liikonen 2013, 35.)

Äänen etenemiseen vaikuttaa vapaassa kentässä (ei esteitä) ilman absorptio. Ilman absorptio riippuu äänilähteen etäisyydestä, lämpötilasta, ilman suhteellisesta kosteudesta sekä äänen taajuudesta. Ilman absorptio pienenee suhteellisen kosteuden kasvaessa yli 0 °C :ssa. Toisaalta pakkasella ilman absorptio kasvaa suhteellisen kosteuden kasvaessa. Kun ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus ovat alhaisia, on ilman absorptio pienin. Ilman absorptiolla on merkitystä erityisesti korkeiden taajuuksien (yli 1 000 Hz) kohdalla sekä pitkällä yli 100 metrin etäisyyksillä. (Tiihinen & Hänninen 1997, 24.) Lahti (2003, 47) toteaa, että ilman absorptio tunnetaan hyvin. Ilman absorption laskemisesta eri lämpötiloissa ja suhteellisessa kosteudessa on tehty kansainvälinen ISO 9613-1standardi.

Absorptio selittyy osittain ilman kerrostuneisuudella ja lämpötilan vaihteluilla eri korkeuksissa. Ääniaallon taipuminen johtuu sen kulkunopeuden muutoksesta (Klapuri & Virtanen, 22). Ääninopeus on riippuvainen lämpötilasta. Ilman lämpötilan noustessa, äänen nopeus kasvaa. (Lahti 2003, 49.) Lämpötilan noustessa ylöspäin mentäessä äänialto taipuu kohti maanpintaa pois päin lämpimämmästä. Tämä voi johtaa suurempaan äänentason maanpinnalta mitattaessa. Toisaalta, jos lämpötila laskee ylöspäin

mennessä, taipuu ääniaalto ylöspäin. Ääniaalto imeytyy ylemmäs ilmakerrokseen ja maanpinnalla voidaan mitata odotettua alempia äänentasoja. (Pleym 1991, 271.) Ilmakehän lämpötilaerot ovat pieniä pilvisellä säällä, sateella ja sumulla. Ilmakehä on tällöin neutraali melun etenemisen kannalta ja ääni kulkee suoraviivaisesti. (Lahti 2003, 49.) Koivumäki (2005) todentaa esimerkiksi äänen etenevän tyynellä säällä veden pintaa pitkin ”kuin kannen alla kiemurrellen”. Tämä selittyy ääniaaltojen taipumisella lämpimämmästä ilmasta alaspäin viileämpää vedenpintaa kohti. Veden pinta puolestaan on kova heijastava pinta, joka heijastaa ääniaallon takaisin ylöspäin. Näin ääniaalto kiemurtelee vedenpinnan yläpuolella kiiren kauemmas kuin maanpinnalla vastaavissa olosuhteissa.

Samalla tapaa tuuli aiheuttaa ääniaallon taipumista. Tuulen puhaltaessa äänilähteestä vastaanottajaan päin, ääni taipuu alaspäin ja mitattaessa saadaan suurempia äänentasoja (Pleym 1991, 271). Lahti (2003, 48–49) toteaa, että sääilmiöistä ympäristömelun kannalta merkitystä on varsinaisesti vain tuulen nopeudella sekä lämpötilalla. Tuuligradientti aiheuttaa akustisen heijastuksen ”kangastuksen”. Melun kangastuksessa ääni kaartaa alaspäin. Kangastusilmiötä esiintyy äänen kulkiessa myötätuuleen. Vastakkaista ilmiötä eli äänen taipumista ylöspäin tapahtuu äänen edessä vastatuuleen. Tuulen nopeus vaikuttaa äänen etenemiseen. Myötätuuleen äänen nopeus kasvaa ylöspäin mentäessä ja vastatuuleen se pienenee. Toisin sanoen myötätuulella ääni kantautuu voimakkaana kauemmaksi kuin vastatuulella.

Ilman lämpötilasta ja tuulen nopeudesta johtuen äänennopeus on riippuvainen korkeudesta. Tämä johtaa siihen, että äänen eteneminen ilmassa ei ole suoraviivaista. Akustisesti ne aiheuttavat melun leviämiseen vaikuttavia seurauksia: äänen kulkureitti esteiden yli muuttuu, kohtauskulma maanpintaheijastuksessa muuttuu sekä melun intensiteetti kuulijapisteessä muuttuu. (Lahti 2003, 50.) Nämä seuraukset voivat olla merkittäviä tarkasteltaessa melun häiritsevyyttä sekä toisaalta pohtiessa meluntorjunnan keinoja esimerkiksi teollisuusmelulle, jossa melulähteet saattavat sijaita korkealla ja altistajat melko etäällä verrattuna liikennemeluun.

2.2.2 Äänen vaimeneminen rajapinnoissa

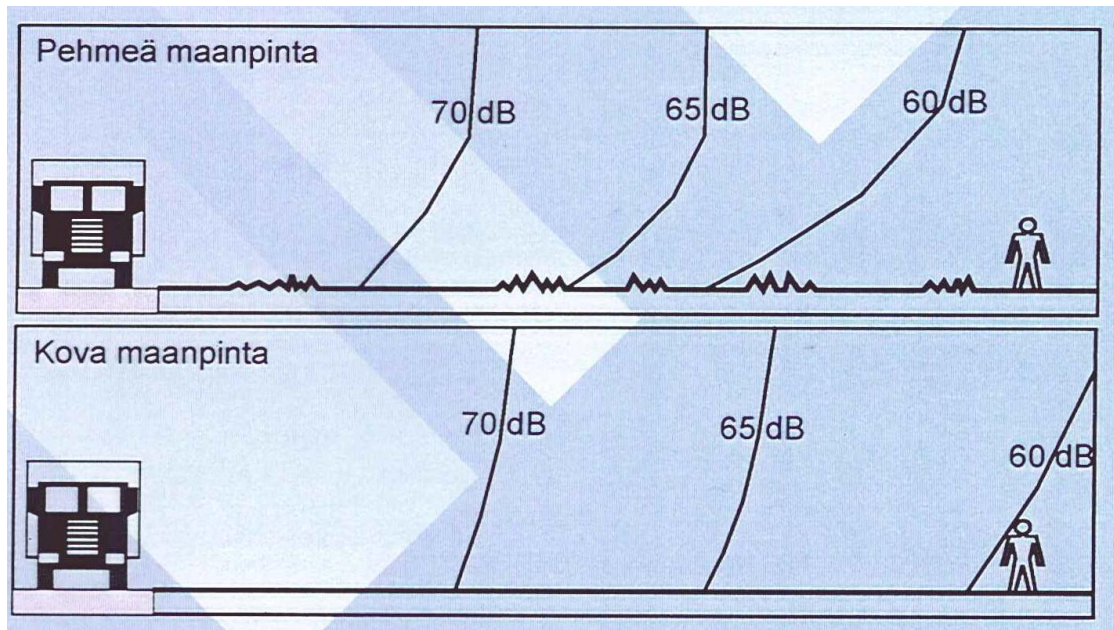
Äänentason vaimenemisentarkastelua voidaan tehdä myös tilanteessa, jossa on rajapintoja. Näitä rajapintoja ovat mm. maanpinta, kasvillisuus, säätila, erilaiset esteet

kuten rakennukset ja maanpinnan muodot. Äänen etenemisen arvioiminen mutkistuu tilanteissa, joissa äänilähde ja tarkastelupiste eivät sijaitse vapaassa kentässä. Ääni törmää erilaisiin pintoihin, jotka aiheuttavat heijastumista, absorptiota sekä ääniaallon taipumista. Ääniaallon osuessa pintaan, osa äänestä heijastuu, osa ääniaallosta läpäisee pinnan ja osa imeytyy siihen. (Eurasto ym. 1990, 28.) Äänen aallonpituuden ja esteenä olevan pinnan koon suhde on tärkeä. Mikäli esteen koko on suuri äänen aallonpituuteen nähden, ääniaalto heijastuu suoraviivaisesti kuten valo. Jos esteenä oleva pinta on pieni äänen aallonpituuteen verrattuna, heijastuminen on epätäydellistä ja osa äänestä taittuu reunojen ympäri. (Lahti 2003, 50.) Taulukossa 3 on esitetty äänentaajuuden ja aallonpituuden yhteys toisiinsa.

TAULUKKO 3. Äänen taajuus ja aallonpituus (Suomen kuntatekniikan yhdistys 1997, 15).

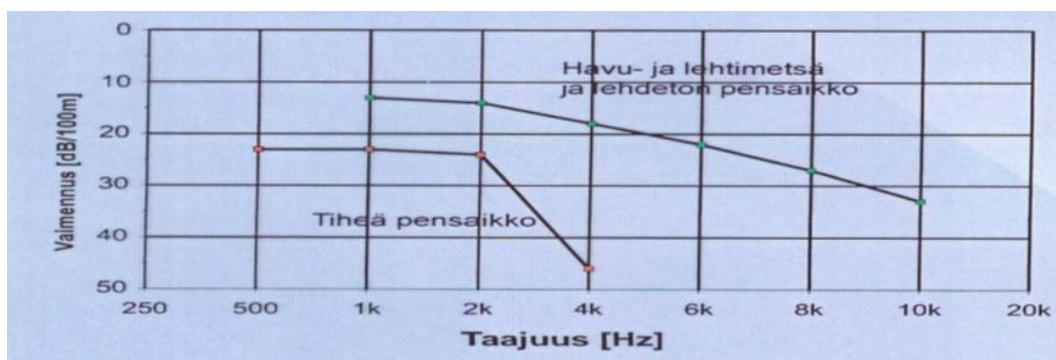
Taajuus Hz	Aallonpituus m
50 Hz	6,8 m
100 Hz	3,4 m
500 Hz	0,68 m
1 000 Hz	0,34 m
5 000 Hz	0,068 m
10 000 Hz	0,034 m

Maanpinnan läheisyydessä ääni etenee suoraan sekä heijastuu maasta (Tiihinen & Hänninen 1997, 24). Ääni voi myös absorboitua hyvin pehmeään pintaan, jolloin ei muodostu heijastumista. Tällaisia luonnonpintoja on ainoastaan tuore pehmeä lumi. Absorboituminen vaatii kuitenkin ääniaallon ja pehmeän pinnan kohtaamista lähes kohtisuorassa. Mikäli ääni etenee vaakasuorassa pintaan ja kuulijaan nähden, ei imeytyminen pehmeäänkään pintaan ole mahdollista. (Lahti 2003, 51.) Suoraan kulkenut ääni sekä heijastunut ääni muodostavat yhdessä havaintopisteen kokonaisäänepaine-tason. Tähän vaikuttavat maanpinnan laatu ja muoto, äänilähteen ja havaintopisteen korkeus sekä äänen taajuus. Pehmeä maa kuten ruohokenttä, niitty tai pelto yleensä vaimentaa ääntä. Kova pinta kuten asfaltti, kallio, vesi ja jää puolestaan vahvistavat ääntä verrattuna äänen etenemiseen vapaassa kentässä. (Tiihinen & Hänninen 1997, 24.) Maavaimennus on suurimmillaan pitkillä yli 100 m matkoilla sekä silloin, kun melulähde ja kuulija sijaitsevat matalalla (Lahti 2003, 51). Kuvassa 2 havaitaan maaston pehmeiden ja kovuuden vaikutus äänen vaimenemiseen.



KUVA 2. Maanpinnan vaikutus äänenpainetasoon. (Kuvälähde: Liikonen 2013, 36.)

Kun ääniaallot osuvat kasvillisuuteen, siitä aiheutuu ääniaaltojen heijastumista ja sirontaa (Eurasto ym. 1990, 31). Kasvillisuus vaimentaa melua kuitenkin vain silloin, kun kasvillisuusvyöhyke on riittävän tiheä ja leveä. Yksittäisellä puu- tai pensasrivistöllä ei ole vaikutusta äänen vaimentumiseen. Kasvillisuus vaimentaa ääntä korkeilla yli 1000 Hz taajuuksilla. Kuvassa 3 on esitetty tiheän pensaikon ja metsän vaikutus äänen vaimenemiseen. Toisaalta kasvillisuusolosuhteet esimerkiksi metsän sisällä saattavat olla täysin erilaiset avoimeen maastoon verrattuna. Tällöin sääolosuhteisiin liittyvät tekijät (heikko tuuli, lämpötila) saattavat olla merkittävämpiä kuin kasvinosien aiheuttama sironta. (Tiihinen & Hänninen 1997, 25.)



KUVA 3. Kasvillisuuden vaimentava vaikutus äänenpainetasoon. (Kuvälähde: Liikonen 2013, 38.)

2.3 Melu

Melu on ei-toivottua ääntä (Lahti 2003, 10). Ei-toivottu ääni on subjektiivinen kokemus, jolloin koko käsite melu on aina subjektiivinen. Melu on henkilölle epämiellyttävää tai häiritsevää ääntä ja se on hänen terveydelleen tai muulle hyvinvoinnille haitallista. (Tiihinen & Hänninen 1997, 8.) Lahden (2003, 10) määrittelee melun yksilön ja ympäristön kannalta epämielekkääksi ja häiritseväksi ääneksi, joka rasittaa tai vahingoittaa elimistöä fyysisesti tai psyykkisesti. Ääni voi olla melua, vaikka se ei aiheuttaisikaan fyysisiä oireita tai muutoksia elimistössä. Ääni koetaan tällöin häiritseväksi. Äänen häiritsevän vaikutuksen mittaaminen on vaikeaa, mikä tekee melun fysikaalisen määrittelyn vaikeaksi. (Jauhiainen ym. 1997, 7.)

Ympäristömelulla tarkoitetaan sekä yksittäistä että kaikkea ihmisen asuin- ja elinympäristössä esiintyvää melua. Määritelmästä suljetaan pois työhön liittyvä melu ja melualtistus. (Pesonen 2005, 11.) Jauhiainen ym. (1997, 7) toteavat, että melu on yksi yleisemmistä ja tärkeimmistä elinympäristöä heikentävistä tekijöistä. Merkittävimpiä ympäristömelun aiheuttajia ovat tie-, raide- ja lentoliikenne, teollisuus sekä ampuma- ja moottoriradat. Ympäristömelulle on todettu Suomessa altistuvan noin miljoona ihmistä. (Liikonen 2014, 27.)

2.3.1 Ympäristön melulähteet

Kuten aiemmin todettiin, liikenne on suurin ympäristömelun aiheuttaja Suomessa. Tieliikenteen melusta kärsii Liikosen (2004, 27) mukaan noin 800 000 ihmistä ja rautatieliikenteen melusta noin 110 000 ihmistä. Lentomelusta kärsiviä on vähemmän noin 25 000 ihmistä. Teollisuusmelu ei ole suurimpia ympäristömelulähteitä, sillä teollisuuden aiheuttamasta melusta kärsiviä ihmisiä on laskettu olevan alle 5 000.

Teollisuusmelua syntyy hyvin erilaisissa teollisissa toiminnoissa. Teollisuusmelun lähteet ovat myös hyvin laaja ja sekalainen joukko erilaisia, erimuotoisia ja erikokoisia lähteitä. Teollisuuslaitos tai teollisuusalue voidaan katsoa useita pistelähteitä sisältäväksi tasomelulähteeksi. Teollisuusmelun lähteet voidaan jakaa ryhmiin. Tyypillisin ryhmä muodostuu erilaisista pyörivistä koneista, kuten puhaltimista, pumpuista, kompressoreista, kaasuturbiineista sekä diesel- ja sähkömoottoreista. Toisen melulähderyhmän muodostaa virtaava kaasu ja neste sekä liikkuvat kappaleet linjastoissa,

kanavissa, putkissa ja ulos johtavissa venttiileissä. Kolmannen ryhmän muodostavat materiaalien siirtoon, kaivamiseen, muokkaukseen, työstöön tai muuhun työskentelyyn tarkoitetut koneet ja laitteet, jotka ovat melultaan hyvin impulsiivisia. (Lahti 2003, 40.)

Lahti (2003, 44) toteaa edelleen, että ympäristömelun kannalta suuri teollisuuslaitos sisältää monia pistelähteitä ja kokonaismelu on näiden kaikkien osalähteiden summa. Tällöin kyseessä on ympäristömelun kannalta suuri aluelähde. Puunjalostusteollisuuden laitokset ovat tyypillisiä suuria aluelähteitä. Teollisuuden melu on erityyppistä ominaisuuksiltaan kuin liikennemelu. Liikenteen melu syntyy matalalla ja etenee pääasiassa suoraviivaisesti. Sen etenemiseen pystytään vaikuttamaan erilaisilla melues-teillä hyvin lähellä melulähdettä. Suuren aluelähteen kohdalla melun etenemisen ja vaimenemisen mallintaminen ja ennustaminen on vaikeampaa, sillä melulähteet ovat äänienergialtaan erilaisia ja eri korkeuksilla, jolloin melu etenee laajalle alueelle. Melulähteen ja kuulija välinen matka on usein suuri (yli 100 m), jolloin äänen etenemiseen vaikuttavat niin säätekijät (tuuli ja lämpötila), erilaiset esteet sekä rajapinnat.

2.3.2 Ympäristömelun terveysvaikutukset

Melulla on monenlaisia vaikutuksia ihmisen fyysiseen ja psyykkiseen terveyteen. Yleisin ja helpoiten havaittava melun vaikutus on kuulovaurio. On kuitenkin huomattava, että melulla ja erityisesti ympäristömelulla on myös muunlaisia vaikutuksia. Jauhiainen (2009) esittää meluvaikutusten jakamista seuraaviin ryhmiin:

- 1) **kudosmuutokset** ensisijaisesti sisäkorva, toissijaisesti esimerkiksi veren kiertoelimistö ja äänihuulet,
- 2) **elimen tai elinjärjestelmän mitattavissa olevat toiminnan vauriot** esimerkiksi verenpaine, stressihormonien tason nousu, unenaikainen aivosähkötoiminta,
- 3) **yksilökohtaiset toiminnanvaja**ukset esimerkiksi puhekommunikaation vaikeutuminen, unihäiriöihin liittyvä väsymys,
- 4 a) **haitta yksilölle**; esimerkiksi sairastuvuusriskin lisääntyminen terveyshaittana, toiminta- ja suorituskäyvyn huonontuminen, elämänlaadun heikkeneminen,

4 b) **haitta yhteisölle**; esimerkiksi terveystalvelujen tarpeen lisääntyminen, hoivan tarpeen lisääntyminen, tuottavuuden heikkeneminen, erityisopetuksen tarpeen lisääntyminen, työllistymisen vaikeutuminen, syrjäytymisriskin kasvu ja sosiaalisen avun tarpeen lisääntyminen vähemmän altistuneeseen väestöön verrattuna.

Jauhiainen (2009) on taulukoinut (taulukko 4) ympäristömelusta aiheutuvat haitat niiden yleisyyden mukaan. Lisäksi hän on esittänyt meluun liittyvät elinvauriot, toiminnan vauriot, toiminnanvajakset ja haitat.

TAULUKKO 4. Ympäristömelun terveysvaikutukset yleisyyden mukaan (Jauhiainen 2009, 14).

Vaikutus	Kynnystaso L _{AEq} dB	Elin- vauriot	Toiminnan vaurio	Toiminnan vajuus	Haitat
Häiritsevyys	n. 45	-	-	koettu häiritsevyys	sairastuvuusriski, elämänlaadun heikkeneminen
Unen häiriöt	n. 30	-	mitattavat unen muutokset	nukahtamisvaikeus, heräämiset, huono unen laatu, väsymys	sairastuvuusriski, toiminta-, työkyvyn ja elämänlaadun alentuminen
Kognitiiviset vaikutukset	n. 40	-	aivotointa- muutokset, kognitiiviset häiriöt	keskittymisen vaikeus, muistiongelmät	kielen kehityksen viive, oppimisvaikeudet, luki-ongelmät, koulutusvaje, toimeentulon ongelmat, syrjäytyminen
Kuuleminen	n. 40 n. 25 (lapset)	-	äänien peitto	puhekuulon vaikeus, äänien erottelun ja paikantamisen vaikeus	kielen kehityksen viive, suoriutumisen, sosiaalisen vuorovaikutuksen ja elämänlaadun heikkeneminen, tapaturmariski
Puhuminen	n. 70	äänihuu- livaurio	puheäänien muutokset	käheys, äänen väsyminen	kurkunpään sairastuvuusriski, puheviestinnän, työkyvyn ja sosiaalisen vuorovaikutuksen heikkeneminen
Verenkierrotoelimityö	n. 55	verisuoni- suonimutokset	verenpaineen ja pulssin nousu	sairaudentunne, fyysisen suorituskyvyn lasku	sairastuvuusriski, verisuonisairaus- ja sydäninfarktirisiki, lisääntynyt hoidon tarve, työkyvyn heikkeneminen
Korva	n. 85	sisäkorvavaurio	kuulomuutokset	kuulemisvaikeudet, tinnitys, ääniyliherkkyys	huonokuuloisuus, työkyvyn, sosiaalisen vuorovaikutuksen ja elämänlaadun heikkeneminen

2.3.2.1 Kuulovauriot

Kuulovauriolla tarkoitetaan ympäristömelun aiheuttamaa kudosvauriota sisäkorvan kuuloelimen aistinsoluissa, tärkykalvon repeämää tai kuuloluuketjun vaurioitumista (Jauhiainen 2009, 23; Tiihinen & Hänninen 1997, 27). Kuulovaurio näkyy yleensä kuulokynnyksen alentumana 4 000 Hz taajuudella. Kuulovauriota pidetään useimmiten työperäisenä vammana. Tavanomaisena kuulovaurion riskinä pidetään 85 dB melutasoa pitkäaikaisena altistuksena. Välittömän kuulovaurion aiheuttaa 140-165 dB äänenpainetaso. (Mussalo-Rauhamaa ym. 2007, 127.)

Hetkellinen altistuminen voimakkaalle melulle aiheuttaa tilapäisen kuulon heikkene-
misen. Kuulo kuitenkin palautuu normaaliksi melko pian. (Tiihinen & Hänninen 1997, 27.) Ympäristömelusta johtuva kuulovaurio edellyttää joko tasoltaan erittäin huomattavaa äänialtistusta (esimerkiksi ammunta ja ilotulitteet) tai harvinaisen pitkään jatkuvaa altistusta (kuten elinikäinen äänekkään musiikin kuuntelu) tai altistetun henkilön erityistä vaurioherkkyyttä. (Jauhiainen 2009, 23.)

2.3.2.2 Unen häiriöt

Ympäristömelulla on häiritsevä vaikutus uneen ja rentoutumiseen. Jo enimmäistaso 30-35 dB L_{max} häiritsee unta ja rentoutumista. Melun häiritsevyys ilmenee nukahtamisen viivästymisenä, yön- (unen)aikaisina kehon liikkeinä, heräämisinä, aivosähkötoiminnan (EEG) muutoksina, lihasten rentoutumisen vaikeutena, sydämeen ja verisuoniin liittyvinä muutoksina (esimerkiksi pulssi ja verenpaine) ja hengityksen sekä muiden autonomisen hermoston säätelemien elintoimintojen ja stressihormonipitoisuuden muutoksina. (Jauhiainen 2009, 15.) Unenaikaisella meluallistuksella on myös jälkiseurauksia, jotka näkyvät seuraavana tai seuraavina päivinä. Seurauksina ovat mm. unen laadun heikkeneminen, väsymys, mielialan muutokset, suorituskyvyn lasku, erilaiset fysiologiset muutokset kuten lisääntynyt rintakipu ja kohonnut verenpaine sekä uni-velka. (Mussalo- Rauhamaa ym. 2007, 128; Jauhiainen 1997, 26–27.) Merkittävää on, että useankaan vuoden altistumisen jälkeen ihmiset eivät näytä tottuvan meluun (Jauhiainen 1997, 27).

Melun vaikutus uneen ja unen laatuun riippuu useista yksilöön, meluun ja uneen liittyvistä tekijöistä. Yksilöllisiä tekijöitä ovat ikä, terveydentila, meluherkkyys ja epä-

säännöllinen vuorokausirytmä (vuorotyö) (Tiihinen & Hänninen 1997, 28). Yksi tärkeimmistä tekijöistä on yöaikaisten meluhuippujen esiintymistiheys. Yksittäisen 45 dB meluhuipun on todettu häiritsevän unta. Jotta melun kielteiset vaikutukset uneen pystyttäisiin välttämään, ei unenaikainen jatkuva melun keskiäänitaso saisi ylittää 30–40 dB. (Mussalo-Rauhamaa ym. 2007, 129.) Lisäksi on huomattava, että melun ja muiden ympäristötekijöiden kuten tärinän yhteisvaikutus voi olla voimakkaampi kuin melun yksinään (Tiihinen & Hänninen 1997, 28). Pesonen (2005, 116) kuitenkin toteaa, että unihäiriöitä esiintyy myös sellaisilla ihmisillä, joilla ei ole sairauksia eikä meluallistusta. Hänen mukaansa tiedostettuja heräämisiä meluttomissa oloissa on tyypillisesti 1 tai 2 yössä. Suurin osa, jopa noin 80–90 %:a unihäiriöistä, on todettu johtuvan muusta kuin ulkoa sisään kuuluvasta melusta.

2.3.2.3 Vaikutus verenkiertoelimistöön

Meluallistuksen on todettu vaikuttavan verenkiertoelimistöön. Lyhytaikainen meluallistus aktivoi useita fysiologisia mekanismeja, jolloin mm. verisuonet supistuvat, sydämen lyöntitiheys muuttuu ja verenpaine kohoaa. (Mussalo-Rauhamaa ym. 2007, 128.) Tutkimuksissa on todettu jatkuvan meluallistuksen supistavan sormien, varpaiden ja korvanlehtien ääreisverisuonia, minkä yleensä oletetaan johtavan verenpaineen nousuun ja sydäntautiin. Altistusajat melulle pitää olla pitkiä 5–20 vuotta, ennen kuin yhteyttä verenpaineen muutoksille on todennettavissa. (Jauhiainen ym. 1997, 30.) Viimeaikaisissa tutkimuksissa on kuitenkin osoitettu liikenne- ja työmelun lisäävän verenpainetauti, sydäninfarkteja sekä sydän- ja verisuonitautikuolleisuutta. (Mussalo-Rauhamaa ym. 2007, 128.)

Pitkäaikaisesta ja toistuvasta meluallistuksen, joka on häiritsevää ja aiheuttaa unen häiriöitä, seurauksena on jatkuva ja krooninen stressi. Elimistön stressitila puolestaan aiheuttaa riskiä sairastua edellä mainittuihin verenkiertoelimistön sairauksiin. Sairastavuuden on todettu lisääntyvän asuinalueilla, joissa esimerkiksi tieliikennemelu ylittää keskiäänitason 55–60 dB. Melun aiheuttaman stressireaktion vaikuttavat yksilön ominaisuudet kuten ikä, sukupuoli, perimä, meluherkkyys, melun häiritsevyyden kokeminen ja etninen tausta. (Jauhiainen 2009, 24.)

2.3.2.4 Psykkiset ja kognitiiviset vaikutukset

Melun on todettu aiheuttavan monenlaisia kielteisiä tunteita kuten, vihaa, pettymystä, tyytymättömyyttä, levottomuutta, masentuneisuutta ja uupuneisuutta. (Mussalo-Rauhamaa ym. 2007, 129). Jauhiainen ym. (1997, 32) toteavat, että melu tuskin on mielenterveyden häiriöiden syy, mutta se saattaa nopeuttaa ja tehostaa eräiden mielenterveysongelmien puhkeamista. On katsottu, että melualtistus voi muuttaa kykyämme sopeutua elinympäristömme haasteisiin. Erityisesti lapsien melualtistusta on tutkittu ja todettu, että pitkäkestoinen melualtistus lisää lasten avuttomuuden tunnetta sekä vähentää motivaatiota ja itsetuntoa. (Mussalo-Rauhamaa ym. 2007, 129.)

Melun on todettu häiritsevän tarkkuutta vaativissa tehtävissä. Erityisesti se ilmenee tehtävissä, jossa täytyy huomioida monia asioita yhtä aikaa. Melu aiheuttaa myös muistivirheitä. Muisti heikkenee satunnaisten asioiden kohdalla sekä sellaisten asioiden kohdalla, joiden muistaminen ei ole aivan välttämätöntä. (Jauhiainen ym. 1997, 33.) Tiihinen ja Hänninen (1997, 29) toteavat, että pitkäaikainen melualtistus vaikeuttaa aivotoiminnallista prosessointia vaativien tehtävien tekoa ja heikentää motivaatiota vaikeiden ongelmien ratkaisemiseen. Melun on osoitettu vaikuttavan lasten kehitykseen. Se heikentää oppimista, kielen kehitystä, keskittymistä ja muistia (Mussalo-Rauhamaa ym. 2007, 129; Jauhiainen ym. 1997, 33).

2.4 Meluntorjunta

Meluntorjunnassa ei ole kyse pelkästään yksittäisen melulähteen tuottaman melun vähentämisestä ja melun leviämisen estämisestä. Meluntorjuntaa ja sen keinoja valtakunnan tasolla on pohdittu ympäristöministeriön johdolla. Valtakunnallisen meluntorjunnan toimintaohjelmassa meluntorjunnan päämääränä on turvata kansalaisille terveellinen, viihtyisä ja vähämeluinen ympäristö. Näihin päämääriin pyritään 1) ennaltaehkäisemällä melun syntymistä, estämällä melun leviämistä ja vähentämällä meluhaittoja, 2) säilyttämällä hiljaisia alueita 3) estämällä tärinän syntyä ja vähentämällä siitä aiheutuvia haittoja. Käytännössä tätä toteutetaan maankäytön suunnittelulla kunnissa sekä maakuntaliitoissa. Uusia asuinalueita tai muita melulle herkkiä toimintoja ei saa sijoittaa melualueille, jollei riittävää meluntorjuntaa ole varmistettu. (Ympäristöministeriö 2004, 10, 26.)

2.4.1 Meluntorjunta teollisuudessa

Toimintaohjelmassa todetaan teollisuuden osalta, että teollisuusmelun tasoon voidaan tehokkaimmin vaikuttaa uusien teollisuuslaitosten sijoittelulla ja prosessiteknisillä valinnoilla. Toiminnassa olevien teollisuuslaitosten kohdalla, yritysten tulisi suosia parhaaseen käytettävissä olevaan tekniikkaan (BAT) perustuvia laitteita melutasojen pienentämiseksi. Lisäksi tulisi huolehtia riittävien suojaetäisyyksien säilymisestä melulle herkkien toimintojen ja teollisuuslaitosten välillä. Ympäristölupaviranomainen antaa ympäristölupapäätöksissä määräyksiä meluntorjuntaan, jotka voivat aiheuttaa muutoksia toimintaprosesseissa tai työskentelytavoissa toiminnassa olevissa teollisuuslaitoksissa. (Ympäristöministeriö 2004, 22–25, 33.)

Käytännössä meluntorjuntaa suoritetaan lähde-leviäminen-kohde -periaatteella. Tällöin meluntorjuntatoimenpiteet kohdistuvat 1) itse melulähteeseen ja siihen liittyviin tekijöihin, 2) melun leviämisen estämiseen esim. meluvalleilla, melusteillä yms. sekä 3) kohteen suojaamiseen lähinnä rakennusten ulkovaippojen ääneneristävyyden parantamiseen. Meluntorjuntaa toteutetaan teknisillä keinoilla, mutta meluun pyritään vaikuttamaan myös yhteiskunnallisilla ohjaukeinoilla kuten lainsäädännöllä, hallinnollisilla toimilla, taloudellisella ohjauksella sekä valistuksella. Teollisuusmelu katsotaan paikallisesti rajatuksi ilmiöksi, jolloin siihen sovelletaan ympäristölupamenettelyä sekä tapauskohtaisesti BAT -velvoitteita. (Sipari ym. 2007, 126-127.)

2.4.2 Melua käsittelevää lainsäädäntöä

Ympäristönsuojelulaissa on tärkeimmät melua ja meluntorjuntaa koskevat säädökset (Saarinen 2011, 94). Ympäristönsuojelulain (86/2000) tavoitteena on ehkäistä ympäristön pilaantumista, poistaa ja vähentää pilaantumisesta aiheutuvia vahinkoja sekä turvata terveellinen ja viihtyisä ympäristö. Ympäristönsuojelulaki käsittää ympäristön pilaantumisenä myös melun ja sen terveysvaikutukset. (Ympäristönsuojelulaki 86/2000, 1 § ja 3 §). Laissa on toiminnanharjoittajan selvillä olovelvollisuus toimintansa ympäristövaikutuksista. Toisaalta kunnalla on velvollisuus seurata alueensa ympäristön laatua, myös melutilannetta. (Saarinen 2011, 94.)

Ympäristönsuojeluasetuksessa (169/2000) määritellään ympäristöluvan tarve. Muun muassa metsä-, metalli- ja kemianteollisuus, energian ja polttoaineiden tuotanto, mal-

mien kaivaminen ja jalostus sekä mineraalituotteiden valmistus kuuluvat yleensä ympäristöluvituksen piiriin. Ympäristöluvissa voidaan antaa määräyksiä mm. melusta, sen tasosta, kestosta ja esiintymisestä eri vuorokauden aikoina. (Ympäristönsuojeluasetus 169/2000, 1 § ja 9 §.) Terveydensuojelulalla (763/1994) edistetään ja ylläpidetään terveellistä ympäristöä sekä väestön ja yksilön terveyttä. Lain tarkoituksena on ennalta ehkäistä, vähentää ja poistaa sellaisia elinympäristössä esiintyviä tekijöitä, jotka voivat aiheuttaa terveyshaittaa. Laki määrittelee terveyshaitan ihmisessä todettavana sairautena, muuna terveyden häiriönä tai sellaisen tekijän tai olosuhteen esiintymisenä, joka voi vähentää väestön tai yksilön elinympäristön terveellisyyttä. Terveydensuojelulaki määrittelee myös terveellisen asunnon ja oleskelutilan, mutta nämä säännökset koskevat vain sisätiloja. (Terveydensuojelulaki 763/1994, 1 §, 2 § ja 27 §.)

Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999) puolestaan ohjaa elinympäristön suunnittelua terveellisiksi ja viihtyisiksi (MRL 5 §, 39 §, 54 §). Meluisa kohde ei täytä näitä vaatimuksia. Meluisuuden haitallisuuden arvioinnissa nojataan valtioneuvoston päätöksellä annettuihin melutasojen enimmäisohjearvoihin. (Airola s.1; Saarinen 2011, 94.) Ympäristömelun ohjearvot on esitetty taulukossa 5. Ohjearvojen lisäksi on meluntorjunnassa ja melun arvioinnissa huomioitava meluhuiput, niiden toistuvuus, eri melulähteiden yhteisvaikutuksen sekä melun taajuusjakauman (Airola 2013, 16).

TAULUKKO 5. Valtioneuvoston päätös 993/1992 ympäristömelun ohjearvoista (Airola 2013, 9).

Kohde	keskiäänitaso L_{Aeq} päivällä klo 7-22	keskiäänitaso L_{Aeq} yöllä klo 22-7	Huomioitavaa
Asuinalue, hoito- tai oppilaitosalue			
- ulkona	55	50 (45*)	*uusi asuinalue
- sisällä	35	30	
Loma-asuntoalue, virkistysalue			
- taajamassa	55	50 (45*)	*uusi loma-asuntoalue
- taajaman ulkopuolella	45	40	
Luonnonsuojelualue	45	40**	**jos aluetta käydään öisin
Liike- ja toimistohuoneisto, sisällä	45	-	

Ohjearvot määrittelevät tason, johon määritettyjä ympäristömelun tuloksia meluselvityksessä verrataan. Ohjearvo on nimensä mukaisesti vain ohje, jota sovelletaan käytännön tapauksissa. Ohjearvoissa määritelty melutaso saadaan kuitenkin asemakaavoissa kaavamääräyksillä velvoittaviksi. (Airola, 1.)

2.4.3 Melu kaavoituksessa

Valtioneuvoston päätös valtakunnallisista alueidenkäytöntavoitteista tuli voimaan 2000 ja sitä tarkistettiin vuonna 2008 (Ympäristöministeriö 2013). Valtioneuvoston päätöksessä (2008, 2) todetaan, että valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet ovat osa maankäyttö- ja rakennuslain mukaista alueiden käytön suunnittelujärjestelmää. Siihen kuuluvat lisäksi maakuntakaava, yleiskaava ja asemakaava. Maakuntakaavalla ratkaistaan alueidenkäytön maakunnalliset kysymykset, kun yleis- ja asemakaavoilla puolestaan ohjataan kuntien alueiden käyttöä. Kunnissa tehtävä asemakaavoitus toteuttaa valtakunnallisia alueiden käytön tavoitteita yleispiirteisempien maakunta- ja yleiskaavojen kautta. Valtakunnallisissa alueidenkäyttötavoitteissa todetaan, että ”Alueidenkäytössä on ehkäistävä melusta, tärinästä ja ilman epäpuhtauksista aiheutuvaa haittaa ja pyrittävä vähentämään jo olemassa olevia haittoja. Uusia asuinalueita tai muita melulle herkkiä toimintoja ei tule sijoittaa melualueille varmistamatta riittävää meluntorjuntaa.”.

Maankäyttö- ja rakennuslain (MRL) 9 § todetaan, että kaavan tulee perustua riittäviin selvityksiin ja tutkimuksiin. Meluselvityksen tekeminen on yksi selvityksistä. Airola (2013, 13) toteaa, että maakuntakaavan yleispiirteisyyden vuoksi sen laatimisen yhteydessä harvoin tarvitaan meluselvityksiä. Sen sijaan kuntien laatimien yleiskaavojen ja asemakaavojen selvityksiin meluselvitykset kuuluvat. Kaavoituksessa huomioon otavat meluasiat voi ratkaista koko kaupungin kattavalla meluselvityksellä tai/ ja yksityiskohtaisemmilla selvityksillä asemakaavoituksen yhteydessä. Meluselvityksiä laaditaan myös osana ympäristövaikutusten arviointiprosessia (YVA) sekä ympäristöluvituksen yhteydessä. Kaavoituksen yhteydessä laaditussa meluselvityksessä esitetään myös meluntorjunnan periaatteet. Viimekädessä rakennusvalvonta valvoo rakennuslupavaiheessa, onko rakentamisessa huomioitu asemakaavoituksessa annetut määräykset meluntorjunnasta. (Korkee 2013, 12.)

Keskeisin meluntorjunnan kohde kaavoituksessa on asuminen. Asumiseen rinnastetaan myös koulut ja päiväkodit sekä hoitolaitokset. Koulujen ja päiväkotien kohdalla ei tule sovellettavaksi yöaikaisen melun ohjearvot. Kaavoituksessa on huomioitava mm. teollisuuden laajenemismahdollisuudet sekä liikenteen lisääntyminen, jolloin melutilanteen arviointi ja torjunta on mitoitettava näiden laajenemisvaihtoehtojen mukaan. Tämä toteutetaan esimerkiksi varaamalla riittäviä suojavyöhykkeitä teollisuuslaitoksen ympärille. (Airola 2013, 16–17.) Saarinen (2011, 94) toteaa, että eri kaavojen sisältövaatimukset sekä kaavaselostuksessa huomioitavien asioiden auki kirjoittaminen voi tarkoittaa käytännössä melulta suojatun ympäristön suunnittelemista. Hyvässä kaavoitustyössä meluselvitys kulkee kaavoituksen rinnalla ja siinä huomioidaan eri vaihtoehtojen tuomat meluvaikutukset. Kaavoituksessa uudet asuinalueet pyritään sijoittamaan alueille, joissa melun ohjearvot alittuvat. Mikäli riittäviä suojaetäisyyksiä tai suojaviheralueita ei voida toteuttaa, kaava-alueen rakennusmassojen ja toimintojen sijoittelu tulee tärkeäksi meluntorjuntakeinoksi. (Korkee 2013, 13.)

2.4.4 Meluesteet

Melua pyritään torjumaan ensisijaisesti maankäytön suunnittelulla. Mikäli melua aiheuttavia toimintoja ei pystytä sijoittamaan riittävän kauas melulle herkistä toimintoista, on mietittävä muita meluntorjuntaratkaisuja. Liikenteestä tai teollisuudesta syntyvää melua voidaan vaimentaa meluesteillä. Meluesteet ovat tarpeellisia alueilla, joilla valtioneuvoston ohjearvot (993/1992) melun määrästä (55 dB päivällä ja 50 dB yöllä) ylittyvät ja joilla sijaitsee melulta suojattavia toimintoja.

Meluesteiden ääntä vaimentava vaikutus koostuu ääneneristävyydestä sekä äänen vaimentamisesta. Äänen eristävyys tarkoittaa meluesteenä olevan rakennelman kykyä eristää rakenteen läpi menevää ääntä. Meluesteen vaimennusominaisuudet ovat puolestaan paikkaan sidonnaisia ja riippuvat mm. melulähteen ja suojattavan kohteen sijainnista, korkeudesta ja etäisyydestä. Meluesteen vaimennus perustuu äänen kulke-
man matkan pidentymiseen verrattuna tilanteeseen, jossa estettä ei ole. (Suomen kuntatekninen yhdistys 1997, 14.) Meluesteen taakse syntyy äänivarjo. Vaimennus varjo-alueella saadaan laskettua matkaerosta. Äänen esteen yli kulkemasta matkasta (a+b) vähennetään äänen ilman estettä kulkema matka (c). Äänen taajuus vaikuttaa myös vaimennukseen. (Eurasto ym. 1990, 56). Meluesteen sijoittaminen lähelle melulähdet-

tä tai suojattavaa kohdetta, tuottaa parhaan ääntä vaimentavan vaikutuksen (Björk 1991, 65).

Pleym (1991, 274) toteaa, että meluesteenä voi toimia sitä varten rakennettu meluseinä tai – valli, mutta myös rakennus tai luonnollinen este esimerkiksi kukkula tai harju. Eräänlaisena nyrkkisääntönä voidaan pitää, että meluesteenä toimivat kaikki sellaiset esteet, jotka katkaisevat näköyhteyden melulähteen ja havaitsijan välillä. Matalien ja korkeiden äänien aallonpituuksilla on merkitystä äänen heijastuessa ja taipuessa erilaisten esteiden vaikutuksesta. Vain aallonpituuteen nähden riittävän suuret esteet vaikuttavat ääniaallon etenemiseen. Rakennus on jo riittävän suuri este taittamaan ja heijastamaan ääntä, jolloin rakennuksen taakse jää äänivarjo. (Björk 1991, 39, 61.)

Meluesteen taakse muodostuvassa äänivarjossa melu on vaimentunut melusteesta ja melulähteestä riippuen jopa 20 dB (Björk 1991, 61). Varjoalueen ulkopuolella vaimennus on kuitenkin vähäistä (Eurasto ym. 1990, 56). Äänivarjoa kuitenkin heikentää esteen reunan yli tapahtuva äänen taipuminen eli diffraktoituminen. Matalat äänet taipuvat esteen taakse korkeita ääniä paremmin. Meluesteen muoto vaikuttaa sen ylittävän äänen taipumiseen. Björk (1991, 61, 64) toteaa, että kiilamainen meluste on tehottomin ja T-mallinen tehokkain. Matalimmat meluidat ja päältä laakeat meluvalit ovat tehokkuudeltaan samankaltaisia. Mikäli melusteessa on aukko, esteen taakse muodostuu ikään kuin uusi melulähde, josta ääniaallot lähtevät etenemään (Kalpuri & Virtanen, 23).

Meluesteen kohdatessaan ääniaallot heijastuvat. Heijastumista on monenlaista: kovasta ja sileästä pinnasta ääni heijastuu kuin peilistä, epätasaisesta kovasta pinnasta ääni heijastuu myös kokonaan, mutta hajaantuen satunnaisiin suuntiin, akustisesti pehmeästä pinnasta ääni heijastuu vain osittain. (Lahti 2003, 50–51.) Väärin sijoitetun tai vääränlainen meluste saattaa aiheuttaa heijastuksesta johtuvaa ääniaaltojen ”kimpoilua”. Tämä voi pahimmassa tapauksessa kumota koko meluesteen ääntä vaimentavan vaikutuksen ja huonontaa meluolosuhteita. (Björk 1991, 65.)

Melusteilla saavutetaan erisuuruisia vaimennuksia. Vaimennusten suuruus riippuu meluesteen materiaalin valinnasta, sen koosta ja korkeudesta sekä melulähteen sijainnista melusteeseen nähden. Meluvalleilla saavutetaan yleensä noin 5-10 dB äänen vaimennus maanpinnantasossa, johtuen niiden laakeasta muodosta (Björk 1991, 65).

Noin 1 m korkuisia melukaiteita käytetään lähinnä penkereillä ja sen ääntä vaimentava vaikutus on 4-6 dB. Meluseinän äänen vaimennus on meluvälleihin ja -kaiteisiin verrattuna parempi. Sen tulee vaimentaa ilmaääntä vähintään 25 dB tai seinän läpi kulkevaa melua 20 dB. (Suomen kuntatekninen yhdistys 1997, 73.)

Meluseiniä, -valleja ja -kaiteita käytetään yleisesti liikenne melun vaimentamiseen. Niiden ääntä vaimentavat vaatimukset ja laskelmat on tehty oletuksella, että äänilähde on 0,5 m korkeudessa ja melulle altistuja 2 m korkeudessa (Suomen kuntatekninen yhdistys 1997, 50). Melusteiden käyttö teollisuismelun torjunnassa ja sille altistuvien suojaamisessa on siis toteutettava tarkoin. Teollisuismelun laadun analysointi (taajuudet, kapeakaistaisuus ja impulssimaisuus), melulähteiden korkeuksien sekä äänen ominaisuuksien tunteminen on ensiarvoisen tärkeää.

2.4.5 Rakennussuunnittelu

Rakennusten sijoittelulla voidaan estää melun leviämistä ja suojata pihapiirin oleskelutiloja. Autotallien, varastojen yms. rakennelmia voidaan käyttää melun leviämisen esteenä. Myös itse asuinrakennus voi toimia meluesteenä, mutta silloin on kiinnitettävä erityistä huomiota rakennuksen rakenteiden ääneneristävyyteen. Lisäksi asuinrakennusta suunniteltaessa on huomioitava erityisen herkäät toiminnot kuten nukkuminen ja oleskelu. Meluisilla alueilla huoneistot tulee sijoittaa läpi talon kulkeviksi, jolloin nämä tilat pystyttäisiin sijoittamaan melulähteeseen nähden rakennuksen ”hiljaisemalle” puolelle.

Maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) 117 f § todetaan, että ”Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus ja sen oleskelu- ja piha-alueet niiden käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla suunnitellaan ja rakennetaan siten, että rakennuksen sekä rakennuspaikan piha- ja oleskelualueiden meluallistus ja ääniolosuhteet eivät vaaranna terveyttä, lepoa tai työntekoa.”. Pykälän kolmannessa momentissa todetaan lisäksi, että ympäristöministeriö voi antaa asetuksella tarkempia säännöksiä rakenteilta ja rakennusosilta vaadittavasta ääneneristävyydestä. Suomen rakentamismääräyskokoelmaan on koottu kaikki rakentamista koskevat asetukset (Ympäristöministeriö 2014). Rakentamismääräyskokoelmassa ei ole annettu asuinrakennuksen ulkovaipalle erillisiä ääneneristysvaatimuksia vaan se annetaan tarvittaessa kaavamääräyksellä. Rakennuksen ulkovaipalle annetaan ääneneristävyyksivaatimus tavallisesti silloin, kun

rakennuksen sijaintialueella on normaalia voimakkaampi liikennemelu. (Ääneneristys puutalossa 2004, 17.) Ympäristöministeriö on julkaissut oppaan rakennuksen julkisivun rakenteiden ja rakennusosien ilmaääneneristävyyden mitoitustavasta, joka koskee myös ääneneristävyyden kaavamääräyksiä. Oppaassa (Ympäristöministeriö 2003, 5) todetaan, että rakenteiden ja julkisivujen ilmaääneneristävyyden mitoitustavasta käytetään lähinnä tieliikenteen melualueilla, mutta sitä voidaan soveltaa myös teollisuusmeluun, mikäli melun taajuusjakauma vastaa likimain liikennemelua. Kaavassa annettavilla rakennuksen rakenteiden ilmaääneneristävyyteen liittyvillä määräyksillä pyritään turvaamaan erityisesti sisätilojen riittävän alhaiset ääniolosuhteet ulkoa tulevalta melulta.

Nykyiset rakennusten rakenteiden lämmöneristävyyden vaatimukset ovat sellaiset, että ne johtavat rakennepaksuuksiin, joilla eristetään myös ääntä tehokkaasti. Sen sijaan vaikeampaa on meluisilla alueilla saada asuinrakennusten pihapiiriin melulta suojattua oleskelutilaa. (Reisko 2014.) Kaavoituksen kannalta kriittisintä on riittävän hiljaisen oleskeluun tarkoitetun piha-alueen toteutuminen. (Airola 2013, 20; Reisko 2014)

3 AINEISTO JA MENETELMÄT

Ympäristömelun tasoa selvitetään mittaamalla. Ympäristömelun mittaamisessa selvitetään kaikkea kuuluvaa melua tai esimerkiksi liikenteen tai teollisuuden melua. Kun selvitetään ympäristömelun tiettyä osaa, tulee mittausolosuhteet valita sellaiseksi ettei mittaustulokseen vaikuta siihen kuulumattomat häiriötekijät. Teollisuusmelun mittaamisesta ei ole olemassa omaa ohjetta vaan siihen sovelletaan ympäristöministeriön ohjetta (1995) ympäristömelun mittaamisesta.

Stora Enso Oyj:n Varkauden tehtaille tehtyjen teollisuusmelun mittaamisen tavat vaihtelevat tekijän mukaan. Melun vaimenemista ja leviämistä selvitetään usein joko päästölähteen melutehotasoa (L_{WAeq}) tai melun keskiäänitasoa (L_{Aeq}) mittaamalla ja saaduista meluarvoista mallinnetaan melun leviäminen melulähteen (teollisuusalueen) ympärillä. SYMO Oy:n (2012) Stora Enso Oyj:n Varkauden tehtaille tekemässä meluselvityksessä mitattiin 25 melulähteen melupäästöä (L_{WAeq}) sekä kuudesta pisteestä teollisuusalueen ympäristöstä melutasoa yhden vuorokauden ajan. Melun leviämistä oli mallinnettu SYMO Oy:n kehittämällä paikkatietoa ja VMI (valtakunnan metsien

inventointi) -aineistoa hyödyntävällä NoiSy® melunlaskentaohjelmistolla. Vastaavasti Insinööri-toimisto Paavo Ristolan teollisuusmelun mittauksissa 2003 mittauksia suoritettiin kuudessa eri pisteessä ja mittausajat vaihtelivat 2-6 tuntiin (Insinööri-toimisto... 2003). Warma – projektin yhteydessä melumittauksia tehtiin 10 eri pisteessä 2-3 tunnin yhtäjaksoisella mittaamisella (Insinööri-toimisto... 2004). Lappeenrannan teknillisen yliopiston suorittamassa melumittauksessa vuonna 2005 puolestaan melua mitattiin kahden kiinteistön osalta päivällä sekä ilta- ja yöaikaan. Iltamittauksissa melua mitattiin 30 min ja yömittauksissa 75 min sekä päivällä 35 min. Laskennassa huomioitiin mittausepävarmuus 5 % riskitasolla. (Lappeenrannan... 2005.) Kaikissa mittausraporteissa todettiin sovellettavan ympäristöministeriön ohjetta 1/1995 ympäristömelun mittaamisesta.

3.1 Kosulanniemen asemakaavan suunnittelualue

Opinnäytetyönä toimivan meluselvityksen tilaajana toimii Stora Enso Oyj. Yritys on käynnistänyt Varkaudessa Kosulanniemen alueella asemakaavan muutostyön. Asemakaavatyössä tutkitaan teollisuusalueeksi kaavoitetun tontin osan muuttamista asuinkäyttöön. Asemakaavan suunnittelualue sijaitsee Varkauden keskustassa Kommilan kaupunginosassa. Asemakaavatyössä uudet asuinrakennukset sijoittuisivat vain noin 50–300 m päähän toimivan tehdasalueen rajasta.

Asemakaavatyötä tekee FCG Finnish Consulting Group Oy ja suunnittelutyön tueksi Stora Enso Oyj tilasi selvityksen opinnäytetyön muodossa suunnittelualueen ympäristömelusta. Stora Enso Oyj on teettänyt Varkauden tehtaiden meluselvityksen Symo Oy:llä ja se on valmistunut helmikuussa 2012. Lisäksi Varkauden kaupungin FCG Suunnittelu ja Tekniikka Oy:ltä tilaama liikenne- ja teollisuusmeluselvitys on valmistunut syyskuussa 2013. Opinnäytetyön toimeksiantona on selvittää teollisuuden aiheuttama ympäristömelu mittaamalla Varkauden Kosulanniemen asemakaavaan tulevalle uudella asuinalueella. Asemakaavan muutostyö on käynnistynyt lokakuussa 2013 Varkauden kaupungin ja Stora Enso Oyj:n välisellä kehittämissopimuksella.

Asemakaavamuutos koskee aluetta, joka rajautuu Niskaselkään, Voimakanavaan, Ahlströminkatuun, Kosulankadun asuintontteihin sekä suojaviheralueeseen niemen kärkeä. Suunnittelualueen kokonaispinta-ala on 44 ha, josta Kosulanniemen asuinalue on n. 7,6 ha, tehtaiden teollisuus- ja varastorakennusten alue 22,3 ha sekä satama- ja

vesialuetta noin 12 ha. Meluselvitystyö koskee Kosulanniemen muodostuvaa uutta asuinalueetta, joka rajautuu Kosulankadun asuintontteihin luoteessa, tehdasalueeseen lounaassa, Niskaselän järviolueeseen kaakossa sekä suojaviheralueeseen koillisessa. Aluerajaus on esitetty kuvassa 4.



KUVA 4. Kosulanniemen asemakaavan suunnittelualue (Kuvälähde: Pohjakartta © Varkauden kaupunki, Maankäyttö 9/ 2014. Kuvaus Blom Kartta Oy).

Kosulanniemen suunnittelualueella sijaitsee viisi valtakunnallisesti kulttuurihistoriallisesti merkittävää rakennusta: asuinhuvilat Tapiola, Joukola, ja Untola, kokouskäytössä oleva Rantala sekä Kosulanniemen sauna. Kosulanniemen asuinalueen välittömässä läheisyydessä olevalla tehdasalueella sijaitsee sahatoiminnot (höyläämö ja jälkikäsitteilylaitos) sekä sahatavaran varastokatokset. Lisäksi alueella toimii tehtaan kuitupuun vastaanotto ja käsittely. Alueella tapahtuu puutavaran kuorinta, haketus ja hakevarastointi sekä biomassan kuivatus. Puutavara kuljetetaan tehtaalle rekoilla ja junalla. Tehdasalueen koillispuolella, Kämärin puolella Muuraisaarella, toimii tehtaan masapuun vastaanotto, josta puuta syötetään tehtaalle tukkikuljetinta pitkin. Tehdasalueella on myös satama, jonka kautta valmiit tuotteet sekä raaka-aineet kulkevat vesiteitse. (FCG 2014, 31.)

3.1.1 Ympäristömelunmittauksen toteutus

Nyt tehdyssä Kosulanniemen suunnittelualueen melumittauksessa käytettävissä ei ollut melunmallinnusohjelmistoa. Tämän vuoksi mittaustuloksen luotettavuuden lisäämiseksi mittauspisteitä valittiin runsaasti. Rakentamattomalla suunnittelualueella valittiin 5 mittauspistettä mahdollisimman edustavista osista aluetta. Koska mittauksissa haluttiin selvittää myös olemassa olevien rakennusten melunvaimennusvaikutusta, mittauspisteitä valittiin rakennusten ympäriltä äänivarjon löytämiseksi. Mittaukset toistettiin samoissa mittauspisteissä kahdesti, jotta saadaan selville sääolojen vaikutus mittaustulokseen.

Mittaukset toteutettiin soveltaen ympäristöministeriön ohjetta (Ympäristöministeriö 1995) ympäristömelun mittaamisesta sekä VTT:n luonnosta teollisuusmelun mittaamisen ohjeesta (Eurasto 2007). Ympäristöministeriön ohje ympäristömelun mittaamisesta on annettu kumotun meluntorjuntalain nojalla. Ohje toimii kuitenkin ympäristömelun mittaamisen ohjeena (Turunen 2014; Krooks 2014). Ympäristöministeriön ohjeen (1995, 22) mukaisesti vapaakenttämittaus suoritettiin sellaisissa mittaolosuhteissa, joissa

- tuulen nopeus oli korkeintaan 5 m/s mitattuna vähintään 2 m korkeudelta.
- tuulen suunta oli melulähteestä mittauspisteeseen päin sektorissa $\pm 45^\circ$ (vaatimus koskee yli 30 m mittausmatkoja)
- taustamelun aiheuttama äänitasoindikaatio oli vähintään 10 dB alle mitattavan äänitason.

Äänentasomittari sijoitettiin 1,5 m korkeuteen jalustalle. Mittari suunnattiin kohti melulähdettä. Mittausajanjaksoksi valittiin 10 minuuttia. Mittauksen aikana mittaria tarkkailtiin jatkuvasti, jotta muun kuin mitattavan melun aiheuttamat häiriöt huomattaisiin ja saataisiin poistettua. Mittaukset toteutettiin avoimen maaston periaatteella eikä heijastavia pintoja ole mittaustuloksissa huomioitu. Tässä tapauksessa teollisuusmelu katsottiin tasaiseksi meluksi, josta määritetään keskiäänitaso. Keskiäänitaso (L_{eq}) määritettiin aikapainotuksella S. (ks. Ympäristöministeriö 1995, 11–16.)

Melun häiritsevyyden arviointiin pyydettiin vastauksia samojen rakennusten asukkailta, joiden pihapiirissä melumittauksia suoritettiin. Kyselyitä jaettiin 9 kpl, mutta yh-

teenkään kyselyyn ei saatu vastausta. Melunmittauksen yhteydessä mittauksen kohteina olevissa pihapiireissä keskusteltiin lyhyesti asukkaiden kanssa, mikäli he olivat mittausajankohtana kotona. Keskusteluja ei voida pitää haastatteluina, sillä niihin ei ollut valmista runkoa eikä suunnitelmaa. Läheisen teollisuusalueen aiheuttamasta melusta ja sen häiritsevyydestä keskusteltiin, mikäli asukas itse otti asian esille. Muuten todettiin lyhyesti, millä asialla pihapiirissä liikutaan.

3.1.2 Ympäristömelun mittaaminen Kosulanniemen suunnittelualueella

Mittaukset suoritettiin Norsonic140 melunmittarilla. Mittari kalibroitiin laitteeseen käyvällä Nor1251 kalibraattorilla kalibroitiohjeen mukaisesti ennen mittauksiin ryhtymistä. Äänitasomittari Nor140 on Norsonicin uusin äänitasomittari ja sillä (kuva 5) pystytään tekemään vaativiakin melumittauksia (MIP 2014). Äänitasomittariin asetettiin ennen mittauksiin ryhtymistä oletusasetukset. Mittausajaksi asetettiin 10 min ja mittahetkien väliksi 2 sekuntia. Mittauksissa tallennettiin keskiäänitaso mittausajalle sekä melun maksimiarvo. Mittaukset suoritettiin terssikaistoittain melun laadun analysoimiseksi välillä 0-12 kHz. Mittauksissa käytettiin A-painotusta sekä aikapainotusta Slow (S), joka mittaa melun keskiarvon 2 s ajalta. Jokainen 10 min mittauskerta tallentuu mittarin muistikortille omana tiedostona.

Ympäristömelumittaukset toteutettiin 7.5–23.5.2014 välisenä aikana. Mittauspisteitä oli yhteensä 48 kpl ja kussakin mittauspisteessä mitattiin keskiäänitasoa 1-4 kertaa. Mittauskertoja oli yhteensä 91 kpl ja mitattua melua 15 h ja 10 min. Mittauspisteet sijaitsivat asemakaavan muutosalueella rakennusten Joukola, Untola, Tapiola, Rantala sekä Kosulankatu 3, Kosulankatu 5 ja Kosulankatu 9 pihapiirissä sekä rakentamattomalla viheralueella (suunnittelualue). Mittauspisteet on esitetty liitteessä 1. Mittauksia toteutettiin päiväaikaan klo 07-22 sekä rakentamattomalla suunnittelualueella lisäksi yöaikaan klo 22–07. Pääosa mittauksista tehtiin klo 9-17 välillä, koska mittauksia suoritettiin asuinrakennusten pihapiirissä, ei asukkaita haluttu häiritä tarpeettomasti. Lisäksi tämä työssäkäyntiaika oli vähemmän häiriöille altista mittausaikaa (asukkaiden ulkona liikkumiset, lasten leikkiäänet, lemmikkieläinten äänet jne.).



KUVA 5. Ympäristömelumittaukset suoritettiin Norsonic 140 melutasomittarilla.

Mittaushetkellä mittaustuloksesta pyrittiin poistamaan ympäristön tuomia häiriötekijöitä kuten ohi ajavien autojen, hälytysajoneuvojen tai kirkon kellojen äänet pausetoiminnolla. Kaikkia häiriötekijöitä ei pystytty kuitenkaan poistamaan. Mittausajankohtana lintujen laulu oli erittäin voimakasta sekä välillä talojen pihaan jätetyt koirat aiheuttivat taustääntä mittauksiin. Kosulankatu 1 pihapiirissä mittausta ei voinut suorittaa lainkaan päälle käyvien lokkien sekä tieliikenteestä kantautuvan melun vuoksi. Ko. kohteessa tieliikenteen melu olisi ollut paikoin teollisuusmelua kovempaa, jolloin sen vaikutusta ei olisi mittaustuloksista pystytty erottamaan pois.

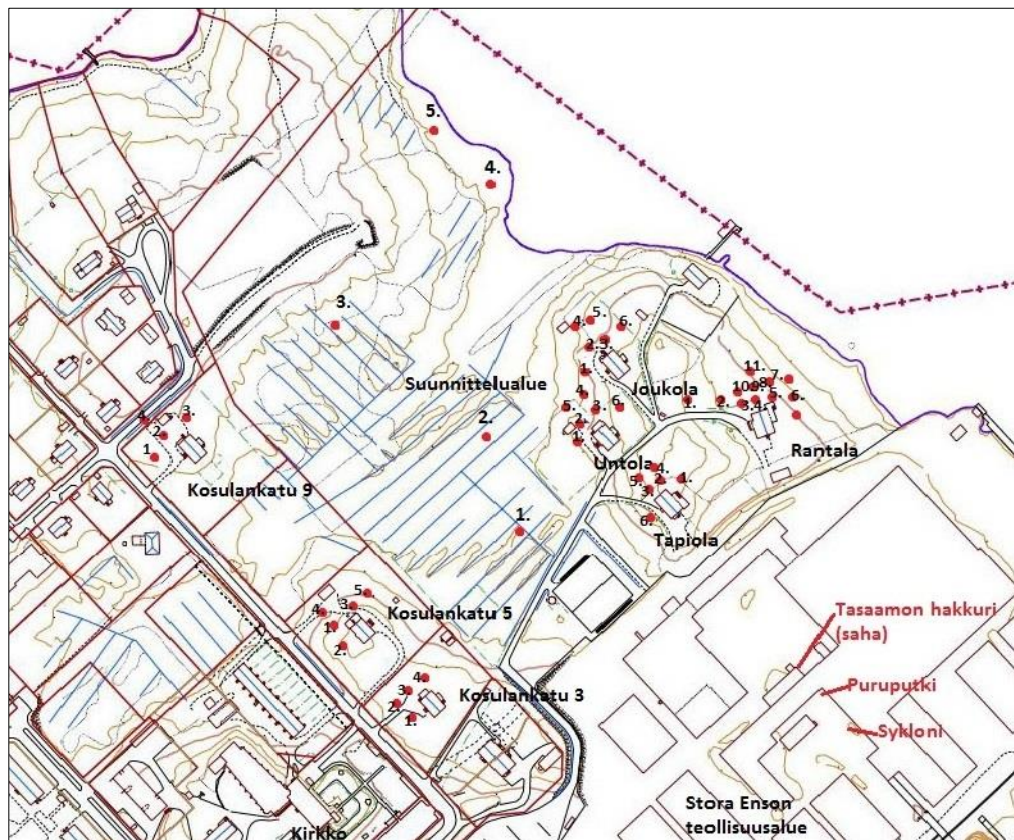
Mittausajankohtina teollisuusalueella oleva toiminta oli normaalia. Mittauksia ei suoritettu paperikoneen huoltoseisokin eikä sellutehtaan huoltoseisokin aikana. Saha toimii arkisin kahdessa vuorossa klo 7-23. Sahalla ei tällä hetkellä ajeta yövuoroa yksittäisiä kiireajoja lukuun ottamatta. Suoritetut yömittaukset toteutettiin sahan toimiessa vielä iltavuorossa klo 22–23.

3.1.3 Mittausepävarmuus

Mittausepävarmuutta tuovat pitkä välimatka melulähteiden ja mittauspisteiden välillä, sääolosuhteet, melulähteiden äänensäteilyn vaihtelut, maaston muodot ja pinnat, olemassa olevat rakennukset sekä ympäristön häiriötekijät mittaushetkinä. Koska teollisuusmelu on tässä tapauksessa peräisin ainakin 25 eri melulähteestä (SYMO 2012, 17)

ja niiden äänisäteilyjen erottaminen toisistaan on vaikeaa, voidaan puhua yhdestä suuresta melun aluelähteestä. Tämän aluelähteen sisällä melulähteiden äänensäteilymäärät (meluemissiot) vaihtelevat. Saadut mittaustulokset kertovat vain kyseisen mittausajankohdan A-painotetun keskiäänitason. Mikäli mittaukset toistetaan, saadut mittauservat voivat olla erilaiset.

Mittauspisteet merkittiin maastoon (suunnittelualueelle sekä Rantalan pihapiiriin) merkkikepein. Muiden mittaupaikkojen osalta mittauspisteet merkittiin piirtämällä karttakuvaan. Mittaukset toistettiin lähes kaikissa mittauspisteissä kaksi kertaa ja suunnittelualueella neljä kertaa (yö- ja päivämittaukset). Joitain mittauspisteitä käytettiin vain kerran, niiden antaessa samansuuruisia mittaustuloksia. Mittaukset ovat toistettavissa kaikissa mittauspisteissä. Rakennusten pihapiirissä sijaitsevat mittauspisteet sijaitsivat vähintään 10 m etäisyydellä rakennuksesta ja 10 m välein toisistaan. Melun mittauspisteet sijaitsevat lähellä rakennusta siksi, että niillä pyrittiin etsimään myös mahdollista rakennuksen taakse jäävää äänivarjoa (kuva 6).



KUVA 6. Melun mittauspisteitä Kosulanniemessä (Kualähde: Pohjakartta © Varkauden kaupunki, Maankäyttö 9/2014).

Mikäli halutaan tutkia tarkempaa mittaustulosten epävarmuutta, mittausepävarmuus saadaan Ympäristöministeriön ohjeen mukaan (1995, 36-37) laskettu kaavasta:

$$\delta = \sqrt{\sum_i \delta_i^2} \quad (3.)$$

$$\delta_i = d_i * \sigma_i$$

jossa d_i on kerroin, joka riippuu mittaustulosten jakaumatyypistä, mittausten lukumäärästä, asetetusta riskitasosta ja siitä onko testi yksi vai kaksisuuntainen,

σ_i on keskihajonta.

Ohjeessa todetaan, että mikäli suurin osa äänienergiasta on lähtöisin yli 100 m etäisyydeltä, etenemisvaimentumisen vaihtelu voi olla 5-20 dB eri päivien mittaustulosten välillä. Tämän perusteella riittävän pienen mittausepävarmuuden saamiseksi, yli 30 m mittausetäisyyksillä tulee antaa joko kaikista asiaankuuluvista tai vain määrätyissä sääoloissa mitattujen tulosten keskiarvo. Määrätyillä olosuhteilla tarkoitetaan sääoloja, joissa tuulensuunta on alle 45° kulmassa melulähteestä mittauspisteeseen nähden ja tuulen nopeus on korkeudella 10 m enintään 5 m/s. Lisäksi ilmakehän lämpötilagradientin tulisi olla itseisarvoltaan 0,05 °C/m korkeuden suhteen. (Ympäristöministeriö 1995, 39.)

4 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

Äänitasomittarilla saadut melutulokset Kosulanniemen asemakaavatyöalueella on esitetty taulukossa 6. Taulukossa punaisella pohjalla on esitetty mittaustulokset, joiden arvot ylittävät Vnp 993/1992 annetut melun ohjearvot. Oranssilla värillä on esitetty tulokset, jotka ovat hyvin lähellä ohjearvoja ja jotka voivat sopivien sääolosuhteiden vallitessa, nousta ohjearvot ylittäviksi. Mittaustuloksista voi todeta, että tuulen suunta vaikuttaa saatuun mittausarvoon. Tuulen suunnan ollessa alueella vallitseva eli lounais- tai etelätuuli, tehdasalueelta peräisin oleva melu kantautuu selvemmin Kosulanniemen alueelle. Tuulen suunnan ollessa idässä tai pohjoisessa, melutaso laski 1-5 dB mittaustaikasta (Rantala, Joukola, Untola ja suunnittelualue) riippuen.

Ympäristömelusta annettu asuinalueen yöaikainen ohjearvo 50 dB (Vnp 993/1992) ylittyi rakentamattomalla suunnittelualueella mittauspisteissä 1, 2 ja 3 A-painotetun keskiäänitason L_{Aeq} ollessa 55.1 dB, 50.1 dB, 50.6 dB, 51.4 dB ja 53.3 dB (taulukko 6.). Lisäksi yöaikaan mitatut muut meluarvot olivat hyvin lähellä ohjearvoja, jolloin niiden ylittyminen on sääolosuhteista riippuen mahdollista (ks. Liite 1.).

Päivällä keskiäänitason ohjearvo 55 dB ylittyi Tapiolan, Kosulankatu 3 ja Kosulankatu 5 pihapiirissä. Lisäksi Joukolan ja Rantalan pihapiirissä mitatut meluarvot olivat hyvin lähellä annettua ohjearvoa, jolloin ohjearvon ylittyminen on mahdollista sääolosuhteista riippuen.

Tehdyissä melumittauksissa pyrittiin selvittämään myös olemassa olevien rakennusten melulta suojaavaa vaikutusta. Mittauksia toteutettiin rakennusten takana melun oletetussa äänivarjossa. Saadut tulokset ovat ristiriitaisia eikä niistä voida todeta, että rakennuksen takana olisi hiljaisempaa melulta suojassa olevaa pihapiiriä. Rakennus voi toimia tässä tapauksessa melulta suojaavana tekijänä niissä tapauksissa, joissa rakennus on mittapisteeseen nähden korkeammalla esimerkiksi Untolan ja Joukolan pihapiirissä.

TAULUKKO 6. Saadut melumittaustulokset Kosulanniemessä keskiäänitasona L_{Aeq} ja A-painotettuna keskiäänitasona L_{Aeq} ilmoitettuna.

Mittauspaikka	Mittaus nro	L_{Aeq}	L_{eq}	Mittauspaikka	Mittaus nro	L_{Aeq}	L_{eq}
7.5.2014 Rantala	1.	49,9 dB	49,9 dB	12.5 YÖ suunnittelua	51.	42,3 dB	48,2 dB
2 m/s pohjoinen	2.	47,6 dB	47,2 dB	2 m/s etelä	52.	47,5 dB	48,0 dB
	3.	46,0 dB	46,0 dB		53.	55,1 dB	49,1 dB
	4.	45,4 dB	46,7 dB		54.	41,3 dB	48,9 dB
	5.	47,2 dB	46,0 dB		55.	50,1 dB	50,0 dB
	6.	49,1 dB	49,2 dB	15.5 Rantala	56.	48,3 dB	48,2 dB
	7.	45,2 dB	45,5 dB	3 m/s kaakko	57.	45,7 dB	45,6 dB
	8.	45,8 dB	45,4 dB		58.	44,9 dB	46,5 dB
	9.	46,2 dB	43,9 dB		59.	47,9 dB	47,1 dB
	10.	46,4 dB	47,4 dB		60.	48,7 dB	47,6 dB
	11.	46,0 dB	46,1 dB		61.	47,4 dB	47,7 dB
7.5. Tapiola	12.	53,4 dB	52,3 dB		62.	49,6 dB	47,7 dB
2 m/s pohjoinen	13.	47,8 dB	47,2 dB		63.	47,1 dB	47,3 dB
	14.	48,1 dB	47,8 dB		64.	51,6 dB	51,5 dB
8.5. Tapiola	15.	42,8 dB	45,7 dB		65.	52,9 dB	52,3 dB
5 m/s itä	16.	46,7 dB	45,8 dB	15.5. YÖ suunnittelua	66.	43,8 dB	49,1 dB
	17.	50,2 dB	49,6 dB	2 m/s kaakko	67.	49,7 dB	48,1 dB
8.5. Joukola	18.	46,0 dB	45,9 dB		68.	50,6 dB	50,5 dB
5 m/s itä	19.	42,2 dB	43,2 dB		69.	51,4 dB	51,6 dB
	20.	54,6 dB	43,3 dB		70.	53,3 dB	50,8 dB
	21.	44,3 dB	43,1 dB	16.5 Kosulank. 3	71.	41,5 dB	54,3 dB
	22.	42,7 dB	42,9 dB	5 m/s etelä	72.	53,9 dB	54,3 dB
	23.	44,0 dB	43,2 dB		73.	53,3 dB	55,5 dB
9.5. Untola	24.	40 dB	45,7 dB		74.	55,3 dB	55,7 dB
5 m/s itä	25.	44,1 dB	46,3 dB	16.5 Kosulank. 5	75.	52,6 dB	52,1 dB
	26.	44,8 dB	44,6 dB	6 m/s lounas	76.	54,2 dB	55,2 dB
	27.	50,1 dB	41,8 dB		77.	57,9 dB	55,1 dB
	28.	41,1 dB	41,0 dB		78.	55,7 dB	55,5 dB
	29.	44,2 dB	43,1 dB	20.5. Untola	79.	51,2 dB	48,2 dB
9.5. Suunnittelua	30.	47,0 dB	47,4 dB	2 m/s etelä	80.	47,1 dB	47,7 dB
5 m/s itä	31.	46,2 dB	46,0 dB		81.	47,1 dB	46,2 dB
	32.	49,0 dB	46,8 dB		82.	44,4 dB	45,5 dB
	33.	42,7 dB	42,9 dB		83.	44,3 dB	47,1 dB
12.5 Kosulank.9	37.	40,4 dB	48,8 dB		84.	47,7 dB	45,9 dB
5 m/s etelä	38.	46,5 dB	46,9 dB	20.5. Tapiola	85.	55,8 dB	55,5 dB
	39.	47,0 dB	50,3 dB	3 m/s etelä	86.	48,8 dB	47,6 dB
	40.	45,8 dB	46,5 dB		87.	47,7 dB	48,1 dB
12.5.Suunnittelua	41.	48,6 dB	48,3 dB		88.	49,3 dB	50,4 dB
4 m/s etelä	42.	49,2 dB	49,3 dB	20.5. Joukola	89.	50,1 dB	50,1 dB
	43.	49,6 dB	51,5 dB	3 m/s etelä	90.	47,8 dB	49,2 dB
	44.	40,5 dB	51,8 dB		91.	48,7 dB	47 dB
	45.	40,2 dB	52,6 dB		92.	46,5 dB	49 dB
12.5. Kosulank. 5	46.	52,4 dB	51,2 dB	23.5. Kosulank. 9	93.	44,9 dB	46,8 dB
4 m/s etelä	47.	52,8 dB	55,0 dB	3 m/s lounas	94.	50,0 dB	47,6 dB
	48.	53,5 dB	53,3 dB		95.	46,7 dB	45,1 dB
	49.	52,4 dB	51,4 dB	23.5. Kosulank. 3	96.	42,9 dB	50,8 dB
	50.	53,8 dB	53,0 dB	3m/s lounas	97.	47,9 dB	48,1 dB
					98.	48,2 dB	46,6 dB

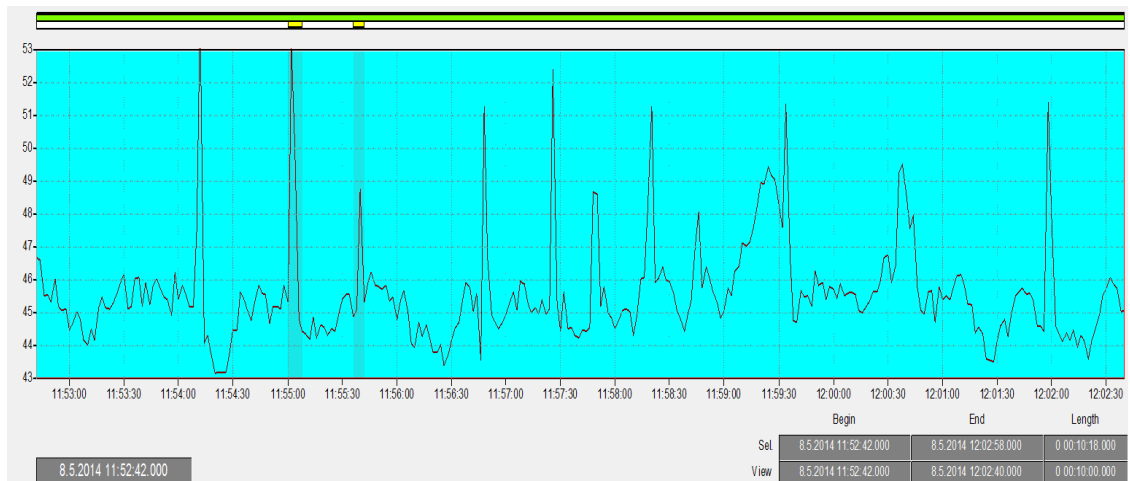
4.1 Melu taajuuksittain

Melumittaukset toteutettiin 1/3 oktaavikaistoittain (terssikaistoittain). Teollisuusmelu on yleensä matala- tai keskitaajuisia 6,3-5 000 Hz melua. Mittaustuloksista kävi ilmi, että melu oli korkeinta matalilla taajuuksilla 16 Hz, 25 Hz, 50 Hz sekä 63 Hz. Matalataajuinen melu oli voimakkainta aina 200 Hz saakka (ks. taulukko 7.). Alle 20 Hz taajuudet eivät ylitä ihmisen kuulokynnystä, jolloin voimakkaat tätä alemmat taajuudet aistitaan usein tärinänä tai värähtelynä. Taajuudesta 25 Hz aina 500 Hz saakka kuuluvat äänet kuulostavat dieselmoottorin käyntiääneltä.

TAULUKKO 7. Terssikaistojen keskiäänitasojen kaikkien mittauspisteiden keskiarvo. Teollisuusmelu on korkeimmillaan 50 Hz taajuudella.

Taajuus	L _{Aeq}	Taajuus	L _{Aeq}	Taajuus	L _{Aeq}
6,30 Hz	52,5 dB	100 Hz	52,0 dB	1,6 kHz	33,2 dB
8 Hz	54,5 dB	125 Hz	54,2 dB	2 kHz	31,6 dB
10 Hz	47,2 dB	160 Hz	49,0 dB	2,5 kHz	29,4 dB
12,5 Hz	48,8 dB	200 Hz	48,0 dB	3,15 kHz	27,6 dB
16 Hz	56,1 dB	250 Hz	40,7 dB	4 kHz	25,7 dB
20 Hz	52,2 dB	315 Hz	40,6 dB	5 kHz	21,4 dB
25 Hz	57,1 dB	400 Hz	40,5 dB	6,3 kHz	21,2 dB
31,5 Hz	54,7 dB	500 Hz	39,9 dB	8 kHz	15,0 dB
40 Hz	51,7 dB	630 Hz	41,4 dB	10 kHz	13,0 dB
50 Hz	58,0 dB	800 Hz	38,7 dB	12,5 kHz	9,0 dB
63 Hz	55,7 dB	1 kHz	38,3 dB	16 kHz	6,4 dB
80 Hz	52,5 dB	1,25 kHz	37,5 dB	20 kHz	6,6 dB

Terssikaistoittain melua tarkasteltaessa, melun A-painotteiseen keskiäänitasoon ei tarvitse tehdä kapeakaistakorjauksia. Kuvassa 7 on näkyvissä mittauspisteestä 16 mitattu melun spektri. Sieltä erottuu impulssimaisia piirteitä, jotka eivät kuitenkaan ole aistinvaraisesti kovinkaan selkeästi havaittavissa. Spekitarkastelu osoittaa melun olevan jaksoton, epäsäännöllistä melua. Aistinvaraisesti todettuna teollisuusmelun taustana on jatkuva humina, johon liittyy erilaiset kolinat, paukkeet, teollisuusalueella liikkuvien ajoneuvojen (rekkojen, trukkien, kahmareiden) äänet, purulinjastosta kuuluva räminä sekä syklonien (ilman puhaltimien) pauhu.



KUVA 7. Tapiolan pihpiirissä mitattu 10 min. keskiäänitaso 8.5.2014 klo 11.52 alkaen.

SYMO Oy:n meluselvityksessä oli tehty melupäästömittauksia (L_{WAeq}) teollisuusalueella ja näiden tietojen pohjalta Kosulanniemeen melua antavat suurimmat melulähteet sijaitsevat sahan alueella. Melulähteiden sijainti on merkitty liitteen 2. kuvassa. Saha-alueen käynnin (10.6.2014) yhteydessä aistivaraisesti Kosulanniemeen eniten melua antavat todennetut melulähteet olivat sahan tasaamon hakkuri (12.), puruputki (1.) sekä sahan sykloni (2.) (ks. liite 2.). Lisäksi kolisevaa ääntä Kosulanniemen alueelle kantautuu sahan kuljettimen hihnasta (7.), Muuraisaaren tukkien syöttöpöydästä (14.) ja lajittelulinjasta (24.), järven yli kulkevasta tukkilinjasta (5.) sekä sahan tukkien kääntöpöydästä (6.). (SYMO Oy 2014.) Lisäksi tasaista huminaa Kosulanniemen suuntaan antava melulähde on meesauuni (8. ja 9.) sekä muuntajan jäähditys (10.) (Olander 2014).

4.2 Tulosten tarkastelu

Valtioneuvoston ohjearvot melulle ylittyivät muutamissa mittauspisteissä A-painotetussa keskiäänitasossa sekä päivällä että yöllä asuinalueelle mittausajankohtina. Lisäksi osa mittauksissa saaduista meluarvoista olivat hyvin lähellä ohjearvoja, jolloin sääolosuhteista sekä toiminnasta teollisuusalueella riippuen ne voivat ylittyä. Mittaustuloksista on nähtävissä sääolojen, erityisesti tuulen suunnan ja nopeuden vaikutus. Melumittausta suoritettiin toiminnassa olevan teollisuusalueen koillis- ja itäpuolella. Tuulen suunnan ollessa pohjoisen ja idän välillä, melu ei kantautunut niin voimakkaana kuin tuulensuunnan ollessa luoteesta etelään. Eroa mittaustuloksissa oli ± 5 dB.

Tulosten arvioinnissa on kuitenkin huomattava mittausepävarmuus, joka kasvaa melulähteen ja mittauspisteen etäisyyden kasvaessa. Ympäristöministeriön ohjeen (1995, 22) Rantalán ja Tapiola pihapiireihin sekä suunnittelualueen mittauspisteeseen 1. (etäisyys 30–100 m) mittausepävarmuus on 2 dB ja muualle 4 dB (etäisyys 100–500 m). Lisäksi mittausepävarmuuteen on lisättävä yli 100 m etäisyydellä äänilähteestä etenemisvaimennuksen vaihtelu, joka voi olla 5-20 dB. Mittausepävarmuuden ollessa näin suuri saadut tulokset ovat suuntaa antavia.

Ympäristöministeriön ohjeen (1/1995) mukaan A-taajuuspainotus vaimentaa pieniä ja erittäin suuria taajuuksia. Painotus pyrkii jäljittelemään normaalikuuloisen ihmisen taajuusvastetta lähellä kuulokynnystä. Lahti (2003, 56) sekä Pesonen (2005,120) toteavat, että A-painotteinen keskiäänitaso ei välttämättä sovellu parhaalla mahdollisella tasolla matalataajuuksisen melun mittaamiseen. Voimakkaan matalataajuisen melun tapauksessa A-painotuksella mitattu melu vähättelee haittaa. Sen sijaan alle 50 dB melulle Lahti (2003, 56) katsoo A-painotuksen sopivan. Erityisesti taajuusalueella 20–100 Hz A-painotustaso voi antaa väärän kuvan melun haitallisuudesta ja häiritsevyydestä (Pesonen 2005, 120). Taulukossa 8. on esitetty A-taajuuspainotuksen merkitys mitattuun äänitasoon (dB).

TAULUKKO 8. A-taajuuspainotus taajuuskaistoittain (Björk 1991, 122).

Taajuus, Hz	16	20	25	31,5	40	50	63	80
A- painotus, dB	-56,7	-50,7	-44,7	-39,4	-34,6	-30,2	-26,2	-22,5
Taajuus	100	125	160	200	250	315	400	500
A-painotus	-19,1	-16,1	-13,4	-10,9	-8,6	-6,6	-4,8	-3,2
Taajuus	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000	2 500	3 150
A-painotus	-1,9	-0,8	0	0,6	1,0	1,2	1,3	1,2
Taajuus	4 000	5 000	6 300	8 000	10 000	12 500	16 000	20 000
A-painotus	1,0	0,5	-0,1	-1,1	-2,5	-4,3	-6,6	-9,3

Mittaustulokset vastasivat melko hyvin taustamateriaalina olleiden Stora Enso Oyj:n Varkauden tehtaiden meluselvitystä sekä Varkauden kaupungin liikenne- ja teollisuusmeluselvitystä 2013-2030. Molemmissa asemakaavatyön kohteena olevan Kosulaniemen alueen melutaso oli mallinnettu osittain ohjearvojen (Vnp 993/1992) mukaan melualueeksi. Mittauksien yhteydessä aistinvaraisesti teollisuuden melua kuunnellussa erityispiirteenä oli äänen kaikuminen alueella. Tuulen suunnan ollessa lou-

naassa tai etelässä ja tuulen voimakkuuden ollessa 3-5-m/s teollisuuden melu heijastui todennäköisesti läheisen kirkon seinästä. Ääniaaltojen heijastuminen oli niin voimakasta, että mittauspisteissä melulähde olisi aistinvaraisesti kuunnellessa voinut olla täysin päinvastaisessa suunnassa, mitä se todellisuudessa on.

4.3 Melun vaimeneminen

Edellä mainituista melulähteistä Muuraissaaresta peräisin oleva melu kantautuu järven pintaa pitkin Kosulanniemeen. Järven pinta toimii kovana ääntä heijastavana pintana ja yläpuolinen lämpimämpi ilma kääntää ääniaallon jälleen kohti veden pintaa. Lisäksi tukkien syöttöpöytä, lajitteluhihna, tukkilinja sekä tukkien kääntöpöytä sijaitsevat korkealla noin 5 metrissä, jolloin ääniaallot pääsevät taipumaan olemassa olevien rakennusten ylitse. Sama tilanne on sahan puruputken sekä syklonin kohdalla. Katolla sijaitsevat laitteet levittävät esteettömästi melua olemassa olevien rakennusten ylitse. Sahan tasaamon hakkuri puolestaan sijaitsee hallissa, jonka päätyseinä on pressukanainen ja aina auki. Päätyseinä on Kosulanniemeen päin ja hakkurin ääni pääsee päätyseinän kautta leviämään ympäristöön. Ääniaaltojen etenemistä vaimentaa Kosulanniemen asuinalueen ja tasaamon hakkurin välissä oleva höyläämörakennus, jossa höyläämö ei tällä hetkellä ole toiminnassa.

Terssikaistojen keskiäänitasojen kaikkien mittauspisteiden keskiarvot ylittävät valtioneuvoston ohjearvot matalilla 16 Hz, 25 Hz, 50 Hz ja 63 Hz taajuuksilla. Teollisuusmelu on korkeimmillaan 50 Hz taajuudella. Matalataajuuksinen ääni kantautuu Kosulanniemen alueelle. Korkeampia yli 8 000 Hz taajuuksia harvoin esiintyy teollisuusmelussa ja toisaalta korkeammat taajuudet ovat vaimentuneet pois ilman absorption ja melulähteen ja mittauspisteen pitkän välimatkan vuoksi. Lisäksi korkeilla taajuuksilla on lyhyt ääniaallonpituus, jolloin ääniaallot ovat törmänneet useaan esteeseen teollisuusalueella ja sitä ympäröivässä maastossa vaimentuen ja heijastuen.

Teollisuusalueen Kosulanniemen puoleisella laidalla melulähteiden ja lähimpien mittauspaikkojen (Rantala, Joukola, Untola, Tapiola ja suunnittelualueen pisteet 1. ja 2. sekä Kosulankatu 3 ja Kosulankatu 5) välissä ei juurikaan ole melun etenemiseen vaikuttavaa puustoa. Tapiola sijaitsee selkeästi muuta ympäristöään korkeammalla. Samoin Joukolan ja Untolan takana oleva pihapiiri on itse rakennusta matalampana, jolloin rakennusten taakse jää äänivarjoa. Kauempana suunnittelualueen mittauspisteissä

3., 4. ja 5. sekä Kosulankatu 9 ja melulähteiden välissä on varttunutta koivikkoa sekä lehtomaista puustoa, joka voi sirottaa kesäaikaan ääniaaltoja ja vaimentaa hieman melua. Matalataajuiseen meluun kasvillisuudella ei kuitenkaan ole kuvan 3. mukaan vaikutusta. Kasvillisuutta suurempi melua vaimentava vaikutus on etäisyyden kasvulla, jolloin ääni vaimenee pistelähteen ollessa kyseessä 6 dB etäisyyden kaksinkertaistuksessa. Lisäksi pintamaa voidaan katsoa pehmeäksi ääntä vaimentavaksi pinnaksi, jolloin ääni vaimenee kuvan 2 mukaisesti.

Teollisuusmelun vaimenemista on vaikea arvioida. Mallintamalla päästään suuntaa antaviin tuloksiin. Kyseisellä Kosulanniemen asuinalueelle melun vaimenemiseen vaikuttavat läheinen järvi ja teollisuusalueen asfalttipiha, jotka lisäävät ääniaaltojen heijastumista. Teollisuusalueen toiminnasta syntyvä ylimääräinen koneista ja laitteista oleva lämpö todennäköisesti sekoittaa alueen mikroilmastoa, jolloin alueen lämpötilagradientin sekä ilman absorption arvioiminen ja laskeminen on hyvin vaikeaa. Teollisuusalueelta kohoava lämpö muuttaa ympäröivän alueen ilmakerrosten lämpötilaa, jolloin ääniaallot taipuvat lämpimämmästä kylmempään päin. Tämä ääniaaltojen taipuminen lämmön vaikutuksesta muuttaa ääniaaltojen kulkusuuntia. Lisäksi teollisuusalueen useat rakennukset (muuallakin kuin sahan alueella) sekä lähialueen rakennukset (kirkko) toimivat ääniaalloille heijastavina pintoina, jolloin ääniaallot taajuuksista riippuen voivat kumota toisensa tai kaksinkertaistaa äänenvoimakkuuden. Kyseinen ilmiö on interferenssi, joka tarkoittaa kahden aallon, joiden välinen vaihe-ero on vakio, yhdistymistä superpositioperiaatteen mukaisesti. Interferenssi voi olla vahvistavaa tai vaimentavaa. (Klapuri & Virtanen, 24.)

4.4 Teollisuusmelun häiritsevyys

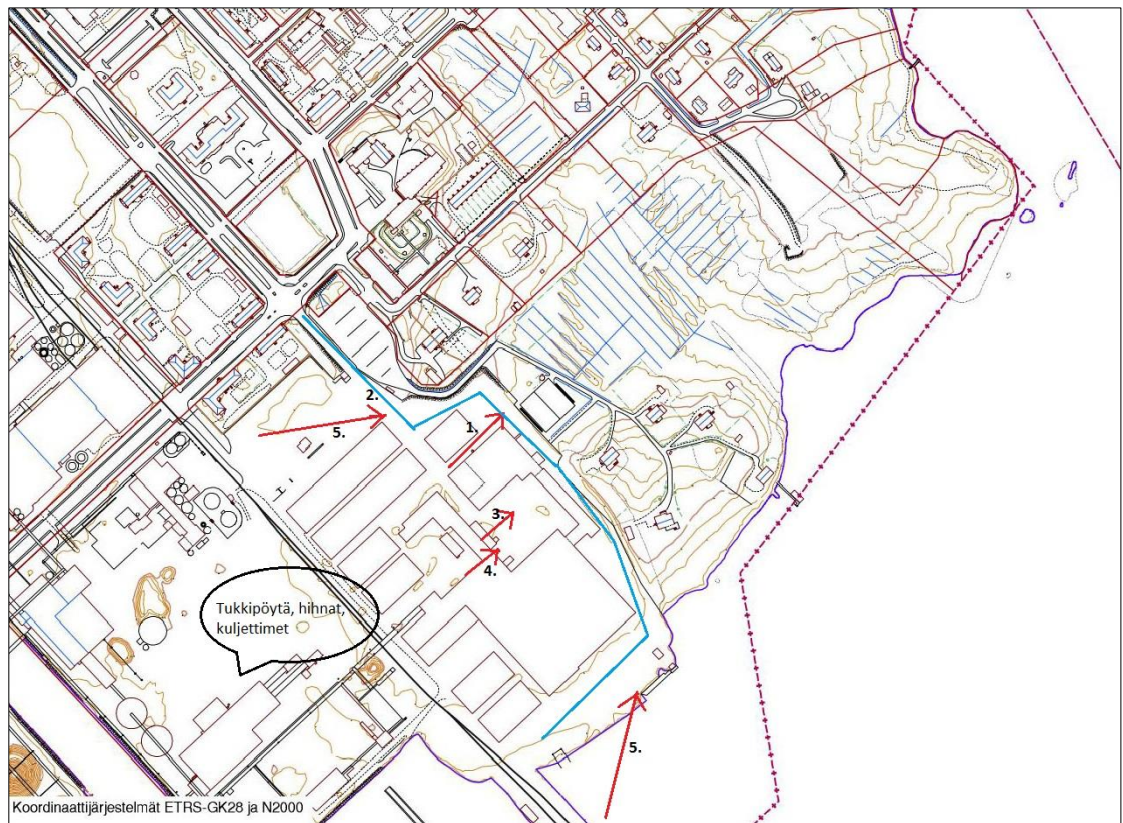
Lyhyissä keskusteluissa asukkaiden kanssa kävi ilmi, että osa nykyisistä asukkaista piti melua häiritsevänä. Erityisen häiritseväksi melu miellettiin yöaikaan tuulen ollessa kova, jolloin teollisesta toiminnasta aiheutuvan melun lisäksi pressurakennusten helmojen pauke aistittiin kovaksi ja unta häiritseväksi. Kaikki eivät kuitenkaan tuntuneet häiriintyvän äänistä. Erään asukkaan mielestä melu oli vaimentunut selvästi 1990-luvun puolivälistä, jolloin hän oli alueelle muuttanut asumaan. Hyvin matalataajuinen melu koetaan korkea taajuisista melua häiritsevämmäksi ja Björk (1991, 172) esittääkin teollisuusmelun raja-arvoiksi L_{Aeq} 50 dB ja yöllä 40 dB.

Näiden tehtyjen tulosten perusteella ei voida tehdä johtopäätöksiä teollisuuden melun terveysvaikutuksista. Voidaan kuitenkin todeta, että yksilöt kokevat melun eritavalla ja melun häiritsevyys ja haitan suuruus on hyvin henkilöön sidonnaista. Mittauksien yhteydessä asukkaiden kanssa käydyissä lyhyissä keskusteluissa kävi ilmi, että teollisuuden melu ei kantautunut häiritsevästi sisälle rakennuksiin. Silloin, kun melu ei kantaudu sisätiloihin, voidaan olettaa sen terveysvaikutukset vähäisiksi. Ulkona oleskellessa nykyisen tasoisesta teollisuusmelusta voi olla viihtyvyyshaittaa.

4.5 Meluntorjunta

Lahti (2003, 87-88) antaa yleispiirteisen luettelon teollisuusmelun vaimentamisen mahdollisuuksista. Tärkeimpiä meluntorjuntakeinoja ovat äänenvaimentimien, koteloinnin ja melusteiden käyttö. Lisäksi teknisin ratkaisuin pystytään vähentämään teollisesta toiminnasta aiheutuvaa melua mm. pyörivien koneiden äänenvaimentimilla, melusteiden, säteilyverhouksien ja kotelointien avulla, ääneneristävyyden parantaminen rakennusten seinien, ikkunoiden, oviaukkojen ja ilmastointilaitteiden ulosmenoaukoissa sekä melua tuottavan laitteen tai toimintatavan muuttaminen vähämeluisella ratkaisulla. Erilaista teollisuusmelua voidaan vähentää pyörimisnopeuksia pienentämällä, laitteesta lähtevän äänen taajuuden muuttamisella, säteilevien pintojen pienentämisellä ja säteilyä vähentävällä verhouksella.

Teollisuusmelun torjunta on usein vaikeaa, sillä melulähteitä on useita, ne sijaitsevat eri korkeuksilla, niiden tuottama ääni on erilaista sekä niiden aiheuttama äänienergia voi vaihdella. Kyseisessä tapauksessa melun kulkeutumista Kosulanniemen asuinalueelle voidaan joiltain osin vähentää. Kuvassa 8 on esitetty punaisin nuolin melun tulosuunnat Kosulanniemeen. Sahan alueelta selkeä melutunneli Kosulanniemeen päin on pisteessä 1. Tätä melutunnelia pitkin kantautuu voimakas trukkien (103,6 dB) ja kauha-/pyöräkuormaajien (104,1 dB) melu sekä teollisuusalueelta muuta melua (ks. SYMO 2012). Tätä melua sekä sinisen linjan (piste 2.) ajoneuvoliikenteen melua olisi mahdollista vähentää teollisuusalueen rajalle rakennettavalla melusteellä tai maavallilla. Osa matalataajuisesta mitatusta melusta on todennäköisesti peräisin tehdasalueen ajoneuvoista (dieselkoneet).



KUVA 8. Punaiset nuolet osoittavat melun tulosuuntaa, sininen viiva kuvaa rek-kaliikenteen kulkuväylää ja puhekuplassa näkyvät saha-alueella kauempana sijaitsevat melulähteet. (Kuvälähde: Pohjakartta © Varkauden kaupunki, Maankäyttö 9/ 2014.)

Pisteessä 3. on tasaamon hakkuri, jonka melupäästö on 106,3 dB. Sen melu on kaapekaistaista taajuuksilla 80 Hz ja 630 Hz (SYMO 2012, 17). Hakkuri sijaitsee sisällä hallissa, mutta hallin päätyseinä on pääosin avoinna ilmanvaihdon ja rakennuksen liiallisen lämpiämisen estämiseksi. Tällä hetkellä oviaukko voidaan tarvittaessa sulkea pressulla. Hakkurista kantautuvaa melua pystyisi vähentämään ääntä enemmän vaimentavalla oviratkaisulla, jolloin ulossuuntautuva melu vähenisi. Samalla tulisi kuitenkin huomioida rakennuksen ilmanvaihdon ja jäähdytyksen järjestäminen. (Keistiinen 2014.) Toisena vaihtoehtona olisi erillisen meluseinäkkeen rakentaminen oviaukon eteen, joka kääntäisi melun takaisin tulosuuntaan. Aistinvaraisesti todettuna juuri tasaamon hakkuri yhdessä puruputken ja syklonin kanssa on suurimpia lähialueelle (Rantala, Tapiola, Joukola, Untola, suunnittelualue pisteet 1. ja 2.) melua antava melulähde.

SYMO Oy:n (2012) tekemän melupäästömittausten mukaan sahan puruputki/putkimutka (117,8 dB L_{WAeq}) sekä sykloni (114,5 dB L_{WAeq}) aiheuttavat huomatta-

vaa melua. Nämä sijaitsevat kuvassa 7. pisteessä 4. Sykloni ja puruputki sijaitsevat rakennuksen katolla noin 4-5 m korkeudella ja itse laitteet ovat 2-3 m korkeita. Melupäästömittauksien mukaan sekä puruputkesta että syklonista tuleva melu on kaapeakaistaista 50 ja 100 Hz taajuudella (SYMO 2012). Nämä matalat taajuudet erottuivat myös nyt tehdyissä melun keskiäänitason mittauksissa. Syklonin ja puruputken mutkakohdan kotelointi Kosulanniemen puoleiselta tai mahdollisesti kolmelta sivulta voisi vaimentaa näistä lähteistä tulevaa melua huomattavasti. Laitteiden kokonaan kotelointi tuskin onnistuu, sillä laitteiden huoltotoimenpiteet tulisi pystyä tekemään vaikeuksitta.

Melun pääasialliset suunnat ovat pisteiden 5. mukaiset. Muuraissaaren tukkienlajittelualueelta tuleva melu kaakosta sekä paperi- ja selluteollisuudesta tuleva melu itäsuunnasta. Muuraissaareissa kolinaa ja pauketta aiheuttava melu syntyy tukkien lajittelupöydästä, syöttöpöydästä sekä järven yli tulevasta syöttölinjasta (ks. Liite 2.). Muuraissaaresta kantautuvaa melua on vaikea vaimentaa. Alueella tukkipinot ovat alueen reunoilla, jotka vähentävät hieman alueelta kantautuvaa melua. Muuraissaaren länsireunaan Taipaleen kanavan suuntaan sijoitetun neljä metriä korkean meluesteen melua vaimentavaa vaikutusta on tutkittu vuonna 2003. Selvityksen mukaan 4 metrin melueste pienentää melualueutta meluesteen takana noin 100 m ja vähentää melua noin 5 dB. (Insinööritoimista Paavo Ristola 2003.) Muuraissaareen pohjoisreunaan rakennettava noin 4 m korkea melueste voisi vaimentaa alueelta tulevaa melua Kosulanniemen suuntaan. Jo nyt pohjoisreunalla on mahdollista meluesteestä korkeampia tukkipinoja, jotka toimivat myös melua vaimentavana luonnollisena esteenä. Muuraissaaren lajittelu- tai syöttöpöydän kotelointi ei ole toiminnan kannalta mahdollista (Keistinen 2014).

Järven ylitse kulkevan tukkien syöttölinja aiheuttaa kolinaa sekä hihnan kirsukumista. Tämän syöttölinjan kotelointi melua vaimentavaksi voisi olla mahdollista linjan toimintaa vaikeuttamatta. Syöttölinjan huolto- ja korjaustoiminta pitäisi kuitenkin varmistaa riittävin välimatkoin sijoitettavilla huoltoluukuilla. Syöttölinjalta tukit tulevat sahan kääntöpöydälle. Kääntöpöytä sijaitsee noin 5 metrin korkeudessa ja sen kotelointi toimintaa vaikeuttamatta on hankalaa. (Keistinen 2014.) Toisaalta kääntöpöytä sijaitsee usean rakennuksen takana, jolloin rakennukset todennäköisesti vaimentavat ja heijastavat ääniaaltoja. Kääntöpöydän ja kuljetinhihnojen kaakkoispuolella junaraiteen toisella puolella sijaitsee useita rakennuksia. Näiden rakennusten päätyseinien pinnoit-

taminen ääniaaltoja absorboivalla tai heijastamattomalla materiaalilla tai meluseinäkkeen tekeminen, voi vähentää kääntöpöydästä ja kuljetinhihnoista kantautuvaa melua.

4.6 Melun vaikutus asemakaavamuutostyöhön

Taulukossa 6. esitetyt keskiäänitasot ja A-painotettu keskiäänitaso antavat kuvan melutasosta kyseisessä mittauspisteessä kyseisellä 10 min mittausajanhetkellä. Satunnaisesti melutaso ylittää valtioneuvoston päätöksen 993/1992 ympäristömelulle asettamat ohjearvot. Mittausepävarmuus on saaduille tuloksille 2-4 dB melulähteen ja mittauspisteen etäisyydestä riippuen. Kun melulähteeksi katsotaan koko teollisuusalue eikä yksittäinen melupiste, etäisyys lasketaan tässä tapauksessa teollisuusalueen rajasta. Päivällä ympäristömelulle annetut ohjearvot ylittyivät Kosulankatu 3 ja 5 pihapiirissä sekä Tapiolan pihapiirissä. Jos mittaustuloksiin lisätään mittausepävarmuus 2-4 dB ohjearvot ylittyivät päivällä myös Joukolassa, Untolassa ja Rantalassa eli lähimpänä teollisuusaluetta sijaitsevien rakennusten pihapiireissä. Yöaikaista melua mitattiin vain rakentamattomalla suunnittelualueella ja yöaikainen ohjearvo 50 dB ylittyi. Jos saatiin tuloksiin lisätään mittausepävarmuus 4 dB, seitsemän yhdeksästä yöaikaisesta mittaustuloksesta ylittää ohjearvon.

Suunnitteilla olevan asuinalueen rakennusten sijoittelulla pystytään luomaan pihapiireihin riittävästi melutonta oleskelualuetta, mikäli rakennuksia kytketään yhteen riittävän suuren melua vaimentavan pinnan aikaansaamiseksi. Kaksikerroksiset rivitalot sekä useamman auton autotallirakennukset muodostavat hyvää melua heijastavaa sekä oikeilla rakennusmateriaaleilla suunniteltuina melulta vaimentavaa pintaa. Tässä selvityksessä tehdyissä melumittauksissa nykyisten rakennusten takana ei ollut merkittävää äänivarjoa. Tämä voi selittyä sillä, että rakennusten pinta-alaltaan pienemmät päädyt olivat melulähdettä vasten. Mikäli rakennukset sijoitetaan pinta-alaltaan suurin seinämä melulähdettä vasten sekä rakennuksia kytketään esimerkiksi autotalliratkaisuilla yhteen, rakennusten taakse voi muodostua huomattavasti suurempi äänivarjon tuoma ”hiljainen oleskelualue”. Mitä suurempi yhtenäinen melua vaimentava pinta-ala saadaan rakennuksilla muodostettu melulähdettä vasten, sitä suurempi on melua vaimentava vaikutus.

Yksittäin sijoiteltujen omakotitalojen pihapiiriin hiljaisemman oleskelualueen saaminen pelkällä rakennuksen sijoittelulla voi olla haasteellista. Matalataajuuksinen melu

taipuu meluesteenä toimivien rakennusten yli helpommin kuin korkeataajuuksinen melu, jolloin äänivarjon muodostuminen pinta-alaltaan pienialaisten rakennusten taakse on vähäisempää. Jos teollisuusmelun aiheuttama äänen kaikuminen alueella saadaan meluntorjuntaratkaisuilla poistettua, hiljaisemman oleskelualueen muodostuminen rakennuksen tuomaan äänivarjoon on selvempää. Kasvillisuuden lisääminen aidanteiksi alueelle tai teollisuusalueen laitaa ei vaimenna teollisuusmelua merkittävästi, sillä kasvillisuus ei vaimenna matalia alle 1 000 Hz taajuuksia nimeksikään.

4.7 Mahdollisia jatkotutkimustarpeita

SYMO Oy:n 2012 tekemässä Varkauden tehtaiden melupäästömittauksissa ja melun leviämisen mallinnuksessa ei ollut mukana mittausdataa mitatuista melupäästökohteista. Mikäli mittausdata on vielä saatavilla, siitä todennäköisesti selviää melulähteen aiheuttaman melun taajuudet. Tarkempaa taajuusanalyysia tehtäessä löydettäisiin ne melulähteet, joiden taajuudet vastaavat nyt mitattuja keskiäänien taajuusarvoja. Koska koko teollisuusaluetta ei voida ympäröidä 4-5 m korkealla melusteellä, yksittäisten melulähteiden vaimentaminen vähentää teollisuusalueen kokonaismelua. Välttämättä tehtävien melun torjuntatoimenpiteiden ei tarvitse olla kalliita, työläitä eikä toimintaa haittaavia, kunhan ne kohdistetaan oikein ja äänilähteen oikeille taajuuksille.

Lisäksi olisi hyvä selvittää kokeellisesti, mikä on se äänentaajuus tai taajuudet, jotka heijastuvat kirkkorakennuksesta ja pystyykö tätä heijastumista vähentämään tai sen suuntaa muuttamaan. Samalla tulisi selvittää, kuinka paljon sääolosuhteilla on vaikutusta tähän heijastusilmiöön. Ääniaaltojen heijastumista voi vähentää muokkaamalla heijastavaa pintaa enemmän ääntä sitovaksi.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tehtyjen melumittausten perusteella voidaan todeta, että valtioneuvoston ohjearvot ympäristömelulla päivällä 55 dB ja yöllä 50 dB ylittyivät muutamina mittausajankohdina. Mittausepävarmuuden ollessa vähintään 2-4 dB, mittauksien tulokset ovat suuntaa antavia. Suoria johtopäätöksiä siitä, että ylittyvätkö ohjearvot jatkuvasti tehtaan toimintojen ollessa tämän hetkiselä tasolla, ei voida antaa. Saha ei tällä hetkellä toimi

100 % teholla, mutta mikäli toimintaa sahalla lisääntyy nykyisestä, melutasot sahan toimintojen osalta saattavat nousta.

Stora Enso Oyj:n Varkauden tehtailta tuleva melu on matalataajuisista. Nykyinen melutaso ei kuitenkaan ole este alueen asemaakaavoittamiselle rakentamiseen. Tehdasalueen ja asuinalueen väliin kauniisti maisemoitu meluste ja/tai meluvalli vaimentavat ajoneuvoliikenteestä peräisin olevaa melua sekä vaientaa melukäytävästä (kuva 7) tulevaa melua. Lisäksi Sahan hakkurin oviaukon peittäminen ääntä vaimentavalla seinämällä tai ovella vähentää asuinalueelle kantautuvaa melua. Sahan hihnoista, kuljettimista ja erilaisista tukin käsittelypöydistä tulevaa melua on vaikea vaimentaa. Kuitenkin on mahdollista rakentaa järven yli kulkevan tukkilinjan ympärille kotelointi, jolloin osa tukkien käsittelystä syntyvästä kolinasta ja paukkeesta vaimenee.

Kosulanniemen teollisuustontin osan kaavoittaminen asuinkäyttöön on tehtyjen melumittausten mukaan mahdollista. Koska teollisuusalueelta kantautuva matalataajuisen melu voi aiheuttaa viihtyvyyshaittaa pihipiirissä oleskelulle, on syytä varautua meluntorjuntatoimenpiteisiin. Tehdyissä melumittauksissa ei pystytty todentamaan äänivarjon muodostumista olemassa olevien rakennusten taakse. Tämä selittyi äänen kaikumisella, melun matalilla taajuuksilla sekä rakennusten pinta-alaltaan pienemmän päädyn sijoittamisella melulähdettä vasten. Lisäksi melulähteet sijaitsevat eri korkeuksilla, ne ovat ääniteholtaan erilaisia ja tuottavat erilaista ääntä. Maankäyttö- ja rakennuslain mukaisesti asuinalueen tulee olla terveellinen ja turvallinen. Lisäksi pihaja oleskelualueiden tulee olla ääniolosuhteiltaan ja meluallistukseltaan sellaiset, ettei lepo, työnteko tai terveys vaarannu. Esitetyillä meluntorjuntaratkaisulla sekä rakennusten oikealla sijoittelulla suunnittelualueelle saadaan viihtyisää ja riittävän hiljaista aluetta asumiseen.

LÄHTEET

Airola, Hannu 2013. Melun- ja värinän torjunta maankäytön suunnittelussa. Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Opas 2/2013. Pdf-julkaisu. http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/90606/Opas_net.pdf?sequence=2. Ei päivitystietoa. Luettu 26.5.2014.

Airola, Hannu 2008. Meluselvitykset asemakaavoissa ja ympäristölupahakemuksissa - Puutteita ja mahdollisuuksia parannuksiin. Suomen ympäristö 35/2008. Pdf-julkaisu. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38040/SY%2035%202008%20meluselvitys.pdf?sequence=1>. Luettu 16.5.2014.

Airola, Hannu. Melu, kaavoitus ja korkein hallinto-oikeus. Pdf-dokumentti. <http://www.akustinenseura.fi/wp-content/uploads/2013/08/Airola.pdf>. Ei päivitystietoa. Luettu 26.5.2014.

Björk, Erkki 1991. Meluntorjunta. Kuopio: Kuopion yliopisto, Ympäristöterveyden laitos.

Eurasto, Raimo, Lahti, Tapio & Sysiö, Pauli 1990. Ympäristömelu; lähteet, leviäminen, arviointi. Ympäristöministeriön ympäristöosaston selvitys 92/1990. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Eurasto, Raimo 2007. Teollisuusmelun mittaaminen. VTT. Pdf-dokumentti. http://www.hel.fi/static/helsinki/paatosasiakirjat/Kh2007/Esityslista16/Liitteet/Teollisuusmelun_mittaaminen.pdf?Action=sd&id=071100367. Ei päivitystietoja. Luettu 26.4.2014.

FCG Suunnittelu ja tekniikka 2014. Tontin 33-55-26 asemakaavan muutos. Kaavaselostus 28.4.2014.

Insinööri-toimisto Paavo Ristola Oy 2003. Stora-Enso, Varkauden tehtaat puutavaran käsittelyn siirron meluvaikutukset, tarkkailumittaukset ja laskennallinen arviointi.

Insinööri-toimisto Paavo Ristolainen Oy 2004. Stora Enso Oy, Varkaus Warma Projektin melumittaukset lokakuu 2004.

Jauhiainen, Tapani, Vuorinen, Heikki S, Heinonen-Guzejev, Marja & Paikkala, Sirkka-Liisa 1997. Ympäristömelun vaikutukset. 2.painos. Ympäristöministeriö. Suomen ympäristö 94. Helsinki: Oy Edita Ab.

Jauhiainen, Tapani 2009. Ympäristömelun haittojen yhteiskunnallinen merkitys. Ympäristöministeriö. Suomen ympäristö 6/2009. Helsinki: Edita Prima Oy.

Ihalainen, Esa 2000. Ympäristönsuojelutekniikan perusteet. 2. uudistettu painos. Turun yliopiston täydennyskeskuksen julkaisu A:76. Painosalama Oy.

Keistinen, Jouko 2014. Henkilökohtainen tiedonanto 10.6.2014. Vuoropäällikkö. Stora Enso Oyj.

- Klapuri & Virtanen. Ääni, akustiikka. Pdf-dokumentti.
<http://www.cs.tut.fi/~digaudio/akustiikka.pdf>. Ei päivitystietoja. Luettu 13.5.2014.
- Koivumäki, Ari 2005. Tilavaikutelma. Ihmisen kuulokyky. www-dokumentti.
http://www.aanipaa.tamk.fi/tila_2.htm. Ei päivitystietoa. Luettu 13.5.2014.
- Korkee, Timo 2013. Melun huomioiminen asemakaavoitus- ja rakennuslupavaiheessa. Ympäristö- ja Terveys –lehti 2:2013, 12-17.
- Krooks, Karita 2014. Henkilökohtainen tiedonanto huhti-toukokuussa 2014. Ympäristöpäällikkö. Varkauden kaupunki.
- Lahti, Tapio 2003. Ympäristömelun arviointi ja torjunta. Ympäristöministeriö. Ympäristöopas 101. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Lappeenrannan teknillinen yliopisto 2005. Melumittaukset Stora Enso Oyj:n Varkauden tehtaille 14. ja 15.4 sekä 4.5.2005.
- Liikonen, Harri 2013. Johdatus ympäristömeluun –Meluntorjunnan perusteet. Meluselvitykset ja niiden teettäminen sekä laatu. Pohjois-Savon ELY. Alueiden käytön koulutuspäivä 4.12.2013. Esitelmä.
- MIP 2014. Äänitasomittari Norsonic Nor140. www-dokumentti.
<http://www.mip.fi/cms/fi/mittalaitteet/melu-ja-aeaeni/aeaenitasomittarit/norsonic-aeaenitasomittarit/nor-140>. Ei päivitystietoa. Luettu 28.5.2014.
- Mussalo-Rauhamaa, Helena, Paile, Wendla, Tuomisto, Jouko & Heikki S. Vuorinen 2007. Ympäristöterveys. 1.painos. Helsinki: Oy Duodecim.
- Olander, Ulla-Maija 2014. Henkilökohtainen tiedonanto 5.6.2014. Ympäristöpäällikkö. Stora Enso Oyj Varkauden tehtaas.
- Oy Partek Ab 1991. Äänikirja. Helsinki: Oy Partek Ab.
- Pesonen, Kari 2005. Ympäristömelun haittojen arvioinnin perusteita. Sosiaali- ja terveysministeriön selvityksiä 2005:14.
- Peym, Harald 1991. Ympäristötekniikka. Suomentanut Jaakko Sundberg. 2. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Reisko, Satu 2014. Henkilökohtainen tiedonanto huhti-toukokuu 2014. Kaupunginarkkitehti. Varkauden kaupunki.
- Saarinen, Ari 2011. Rakennetun ympäristön akustiikka. Yhdyskuntasuunnittelu 2011:1 vol 49, 92- 97.
- Sipari, Pekka, Mäkelä, Kari, Järvi, Tuuli, Saarinen, Ari & Hirvonen Juha-Matti 2007. Taajamamelu ja meluntorjunta. Teoksessa Ympäristöministeriö Melutta –hankkeen loppuraportti. Ympäristöministeriön julkaisuja 20/2007, 117-171. Pdf-dokumentti.
https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41381/YMra20_MELUTTA_hankkeen_loppuraportti.pdf?sequence=1. Luettu 26.5.2014.

Suomen kuntatekniikan yhdistys 1997. Meluestekäsikirja. Suomen kuntatekniikan yhdistyksen julkaisuja 18/97. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.

Tiihinen, Jyrki & Hänninen, Otto 1997. Meluntorjunnan perusteet. Meluntorjunnan koulutusaineisto ja käsikirja. Ympäristöministeriö. Ympäristöopas 18. Kuopio: Oy Edita Ab.

Turunen, Timo 2014. Henkilökohtainen tiedonanto huhti-toukokuu 2014. Ympäristötarkastaja. Keski-Savon ympäristötoimi.

Valtioneuvoston päätös valtakunnallisista alueidenkäyttötavoitteista 2000. Pdf-tiedosto. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Elinymparisto_ja_kaavoitus/Maankayton_suunnittelujarjestelma/Valtakunnalliset_alueidenkayttotavoitteet. Luettu 26.5.2014.

Ympäristöministeriö 1995. Ympäristömelun mittaaminen. Ohje 1/1995. Helsinki: Painatuskeskus Oy.

Ympäristöministeriö 2003. Rakennuksen julkisivun ääneneristävyyden mitoittaminen. Ympäristöopas 108. Helsinki: Edita Prima Oy.

Ympäristöministeriö 2004. Meluntorjunnan valtakunnalliset linjaukset ja toimintaohjelma. Suomen ympäristö 696. Helsinki: Edita Prima Oy.

Ympäristöministeriö 2013. Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet. www-dokumentti. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Elinymparisto_ja_kaavoitus/Maankayton_suunnittelujarjestelma/Valtakunnalliset_alueidenkayttotavoitteet. Päivitetty 19.9.2013. Luettu 26.5.2014.

Ympäristöministeriö 2014. Suomen rakentamismääräyskokoelma. www-dokumentti. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma. Päivitetty 9.4.2014. Luettu 27.5.2014.

Ääneneristys puutalossa. Puurakenteisen asuinrakennuksen ääneneristävyyden suunnitteluohje. 2004. Wood Focus Oy.

KUVÄLÄHTEET

Liikonen Larri 2013. Johdatus ympäristömeluun – Meluntorjunnan perusteet, Meluselvitykset ja niiden teettäminen sekä laatu. Pohjois-Savon ELY, alueidenkäytön koulutuspäivä 4.12.2013. Pdf-dokumentti. http://www.ely-keskus.fi/documents/10191/2073102/Liikonen_Johdatus_ymp%C3%A4rist%C3%B6meluun.pdf/7c4d1fd4-128a-4da6-92a1-aa0c545b926a. Luettu 30.4.2014.

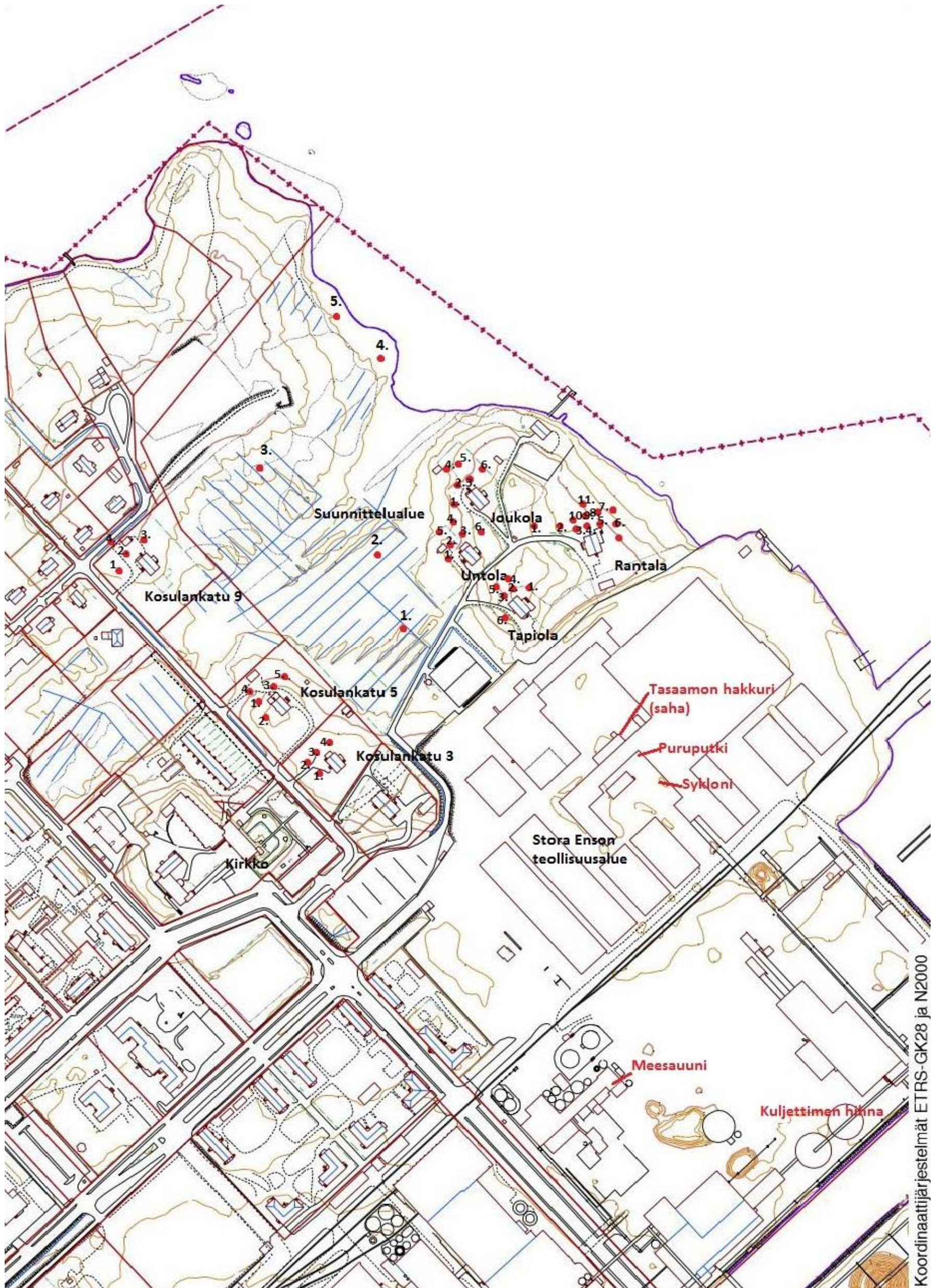
Suomen kuntatekniikan yhdistys 1997. Meluestekäsikirja. Suomen kuntatekniikan yhdistyksen julkaisuja 18/97. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.

LIITTEET

Liite 1. Melun mittauspaikat ja -pisteet Kosulanniemen suunnittelualueella.

Liite 2. SYMO Oy:n tekemän meluselvityksen melulähteet, joista melupäästöt on mitattu.

Melun mittauspaiikat ja -pisteet Kosulanniemen suunnittelualueella. Melulähteitä Stora Enson teollisuusalueella on merkitty punaisilla nimillä. (Kuvälähde: Pohjakartta © Varkauden kaupunki, Maankäyttö 9/ 2014.)



SYMO Oy:n tekemän meluselvityksen melulähteet, joista melupäästöt on mitattu (SYMO Oy 2012, 12).



Ympäristömeluselvitys 974_A/2012JK 12(17)
Stora Enso Oy, Varkaus

28.2.2012

Liite 2: Varkauden tehtaiden merkittävimpien melulähtöiden sijainnit.

