

Timo Laiho
Turun kaupunki
Kiinteistöliikelaitos
Puutarhakatu 1
PL 11
20101 Turku

Turku 28.11.2016

KAUKOLÄMPÖLAITOKSEN JA MUUNTAJIEN AIHEUTTAMAN MELUN JA VÄRÄHTELYN VAIKUTUS ALUEEN SUUNNITTELUUN

Linnankatu 65, Turku

Mittaukset tehty 8.–9.11.2016

Muut kohteeseen laaditut raportit:

PR3942-R01	22.8.2016	Turbiinihallin melu- ja värähtelymittaukset, mittaukset 7.6.2016
PR3942-Y01	28.11.2016	Ympäristömeluselvitys

Raportin vakuudeksi



Olli Laivoranta
Suunnittelija, DI



Sisällysluettelo

1	Yleistä.....	3
2	Ohje- ja määräysarvot	3
2.1	Valtioneuvoston päätös 993/1992.....	4
2.2	Rakentamismääräyskokoelman osa C1/1998	4
2.3	Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 545/2015.....	5
3	Tutkimusmenetelmät	6
3.1	Melu- ja värähtelymittaukset kattilahallissa	6
3.2	Äänitehotasomittaukset.....	6
3.3	Melumallinnus.....	7
4	Tulokset, havainnot ja tarkastelu	8
4.1	Kattilahalli.....	8
4.2	Uudet rakennukset - kaukolämpölaitoksen aiheuttama pienitaajuinen melu	10
4.3	Uudet rakennukset - muuntajien aiheuttama pienitaajuinen melu	13
5	Johtopäätökset	14
6	Lisätietoa	15

Liitteet:

- Liite 1 Mittauspisteet
- Liite 2 Mittaustulokset kattilahallissa
- Liite 3 Kattilatehot

1 YLEISTÄ

Promethor Oy mittasi 8.–9.11.2016 Turun kaupungin Kiinteistöliikelaitoksen (Timo Laiho) toimeksiannosta kaukolämpölaitoksen aiheuttamaa melua ja värähtelyä tyhjennetyssä kattilahallissa osoitteessa Linnankatu 65, Turku. Lisäksi mitattiin kiinteistön piha-alueen melutasoja sekä melulähteiden äänitehotasoja. Mitattujen äänitehotasojen perusteella mallinnettiin suunniteltuihin uusiin asuinrakennuksiin kohdistuvia melutasoja. Tämän selvityksen tarkoituksena on kartoittaa kaukolämpölaitoksen ja muuntajien vaikutusta jatkosuunnitteluun vanhan kattilahallin osalta sekä uusiin asuinrakennuksiin kohdistuvan pienitaajuisen melun osalta. Kaukolämpölaitoksen ja muuntajien aiheuttamia melutasoja yhdessä lähiympäristön liikennemelun kanssa piha-alueille, parvekkeille ja julkisivuihin on tarkasteltu erillisessä selvityksessä, Promethor Oy, raportti PR3942-Y01.

Tässä raportissa kattilahallilla tarkoitetaan kaukolämpölaitoksen itäpuolista kahden hallin (korkea kattilahalli ja matalampi turbiinitali) yhdessä muodostamaa kokonaisuutta.

Kattilahallin tuleva käyttötarkoitus ei ole vielä varmistunut, eikä kohteeseen ole sovittu melun tai värähtelyn osalta suunnitteluarvoja tai tavoitetasoja. Tässä raportissa mitattuja arvoja tarkastellaan niiden aiheuttamien vähimmäisreunaehtojen kannalta ohje- ja määräysarvoja käyttäen.

Mahdollisten uusien asuinrakennusten osalta mitattuja ja mallinnettuja melutasoja tarkastellaan soveltuvia ohje- ja määräysarvoja käyttäen.

Kohteeseen aikaisemmin laaditussa mittausraportissa PR3942-R01, 22.8.2016, *Turbiinihallin melu- ja värähtelymittaukset*, on tarkasteltu kaukolämpölaitoksen aiheuttamia melu- ja värähtelytasoja kattilahallissa (kyseisessä raportissa käytetty sanaa turbiinihalli) kesäkuussa 2016 tehtyjen mittausten perusteella. Kyseisten mittausten aikana kaukolämpöä ei voitu ajaa verkkoon eikä kattila KKL2 ollut käytössä, jolloin melu- ja värähtelyheräte oli merkittävästi todellista kaukolämpölaitoksen käyttötilannetta alhaisempi.

Mittaukset teki Olli Laivoranta, Tero Virjonen ja Ellinoora Kuusela. Melumallinnuksen teki Tero Virjonen. Tulosten analysoinnin ja tämän raportin ovat tehneet Olli Laivoranta, Tero Virjonen ja Jani Kankare.

2 OHJE- JA MÄÄRÄYSARVOT

Tarkasteltavaan kohteeseen (kattilahalli ja piha-alueen mahdolliset uudet asuinrakennukset) soveltuvia äänitekniisiä ohje- ja määräysarvoja on esitetty mm. seuraavissa asiakirjoissa:

- 1) valtioneuvoston päätös 993/1992
- 2) Suomen Rakentamismääräyskokoelman osa C1/1998
- 3) sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista 545/2015.

Luvuissa 2.1 – 2.3 on esitetty kyseisten asiakirjojen keskeiset kohdat.

Värähtelyn osalta, kun värähtely on luonteeltaan jatkuvaa lämpövoimalan käydessä, voidaan lähtökohtaisesti asuintilojen sallittuna enimmäisarvona pitää ihmisen keskimääräistä havaintokynnystä $v_w \leq 0,10$ mm/s (värähtelyn taajuuspainotettu tehollisarvo). Jatkuvaluontoisen värähtelyn ei tulisi olla asuintiloissa havaittavissa.

2.1 Valtioneuvoston päätös 993/1992

Ohjearvot ulkona

Lähinnä kaavoituksen ja maankäytön suunnittelussa sovellettavat ohjearvot on annettu valtioneuvoston päätöksessä 993/1992. Taulukossa 1 on esitetty päätöksen sisältämät ohjearvot ulkoalueiden melutasolle. Päätöstä sovelletaan meluhaittojen ehkäisemiseksi ja ympäristön viihtyisyyden turvaamiseksi maankäytön, liikenteen ja rakentamisen suunnittelussa sekä rakentamisen lupamenettelyssä. Päätöksessä ohjearvot on annettu päiväajan klo 7–22 ja yöajan klo 22–7 ekvivalentti- eli keskiäänitasoina. Päätöksessä ei ole esitetty ohjearvoja hetkittäisille maksimiäänitasoille.

Päätöstä ei sovelleta katu- ja liikennealueilla eikä melusuoja-alueiksi tarkoitetuilla alueilla.

Taulukko 1. Ulkoalueiden keskiäänitason L_{Aeq} ohjearvot

Alueen käyttötarkoitus	A-painotettu keskiäänitaso L_{Aeq}	
	Klo 7–22	Klo 22–7
Asumiseen käytettävät alueet, virkistysalueet taajamissa ja taajamien välittömässä läheisyydessä	55 dB ¹	50 dB ^{1,2}
Hoito- tai oppilaitoksia palvelevat alueet	55 dB	50 dB ^{2,3}
Loma-asumiseen käytettävät alueet, leirintäalueet, taajamien ulkopuolella olevat virkistysalueet ja luonnonsuojelualueet	45 dB	40 dB ⁴

¹ Loma-asumiseen käytettävillä alueilla taajamassa voidaan soveltaa näitä ohjearvoja.

² Uusilla alueilla yöohjearvo on 45 dB.

³ Oppilaitoksia palvelevilla alueilla ei sovelleta yöohjearvoa.

⁴ Yöohjearvoa ei sovelleta sellaisilla luonnonsuojelualueilla, joita ei yleisesti käytetä oleskeluun tai luonnon havainnointiin yöllä.

Lisäksi päätöksessä on maininta, että jos melu on luonteeltaan iskumaista tai kapeakaistaista, mittaus- tai laskentatulokseen lisätään 5 dB ennen sen vertaamista edellä mainittuihin ohjearvoihin. Tulokseen tehtävä 5 dB:n lisäys johtuu siitä, että iskumaisuus ja/tai kapeakaistaisuus lisää melun häiritsevyyttä.

Ohjearvot sisällä

”Asuin-, potilas- ja majoitushuoneissa on ohjeena, että ulkoa kantautuvasta melusta aiheutuva melutaso sisällä alittaa melun A-painotetun ekvivalenttitason (L_{Aeq}) päiväohjearvon (klo 7–22) 35 dB ja yöohjearvon (klo 22–7) 30 dB.

Opetus- ja kokoontumistiloissa sovelletaan ainoastaan melutason päiväohjearvoa 35 dB sekä liike- ja toimistohuoneissa päiväohjearvoa 45 dB.”

2.2 Rakentamismääräyskokoelman osa C1/1998

Määräysarvo rakennuksen ulkopuolella

Rakentamismääräyskokoelman osassa C1/1998 luvussa neljä on annettu määräys äänitasosta rakennuksen ulkopuolella:

”Rakennusta palvelevien tai rakennuksen LVIS-laitteiden aiheuttama keskiäänitaso $L_{A,eq,T}$ saa olla enintään 45 dB saman tai läheisen rakennuksen ikkunan ulkopuolella, parvekkeella, pihamaalla, tai muussa vastavassa paikassa asuinalueella ja muilla melulle herkillä alueilla.”

Maankäyttö- ja rakennuslaissa (5.2.1999/132) on esitetty rakentamista koskevia määritelmiä. Rakennus on määritelty seuraavasti:

”Rakennus on asumiseen, työntekoon, varastointiin tai muuhun käyttöön tarkoitettu kiinteä tai paikallaan pidettäväksi tarkoitettu rakennelma, rakenne tai laitos, joka ominaisuuksiensa vuoksi edellyttää viranomaisvalvontaa turvallisuuteen, terveyteen, maisemaan, viihtyisyyteen, ympäristönäkökohtiin taikka muihin tämän lain tavoitteisiin liittyvistä syistä.

Rakennuksena ei kuitenkaan pidetä kooltaan vähäistä ja kevytrakenteista rakennelmaa tai pienehköä laitosta, ellei sillä ole erityistä maankäytöllisiä tai ympäristöllisiä vaikutuksia.”

Määräysarvo rakennuksen sisäpuolella

Rakennuksen LVIS-laitteiden ja muiden niihin rinnastettavien laitteiden aiheuttama suurin sallittu keskiäänitaso asunnon

- keittiössä $L_{A,eq,T} = 33$ dB
- muissa asuinhuoneissa $L_{A,eq,T} = 28$ dB.

Ohjearvo rakennuksen sisäpuolella

Rakennuksen LVIS-laitteiden ja muiden niihin rinnastettavien laitteiden aiheuttama suurin sallittu keskiäänitaso

- potilashuoneissa, lasten lepo huoneissa ja vastaavissa tiloissa $L_{A,eq,T} = 28$ dB
- luokkahuoneissa, toimistohuoneissa ja vastaavissa tiloissa $L_{A,eq,T} = 33$ dB.

2.3 Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 545/2015

Toimenpiderajat sisällä, keskiäänitaso

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa 545/2015 on annettu toimenpiderajat sisätilojen melutasolle. Toimenpiderajat on annettu päivä- ja yöajan kokonaisäänitasolle. Asuinhuoneiden osalta toimenpiderajat ovat yhtenevät valtioneuvoston päätöksen 993/1992 ohjearvojen kanssa. Taulukossa 2 on esitetty kokonaisäänitason toimenpiderajat.

Taulukko 2. A-painotetun kokonaisäänitason toimenpiderajat

Asuinhuoneisto	Keskiäänitaso L_{Aeq}	
	Klo 7–22	Klo 22–7
Asuinhuoneet, paitsi keittiö	35 dB	30 dB
Asunnon muut tilat ¹ ja keittiö	40 dB	40 dB

¹ Asunnon muita tiloja ovat mm. kylpyhuone, sauna, vaatehuone ja apukeittiö. Jos tällainen tila tai keittiö muodostaa yhteistilan asuinhuoneen kanssa, ohjearvona on asuinhuoneen arvo.

Kapeakaistaisuuden ja äänestämättömyyden aiheuttama meluisuuden, äänekyyden ja häiritsevyyden kasvun on todettu riippuvan siitä, kuinka selvästi kapeakaistaiset komponentit erottuvat muusta melusta ja kuinka voimakasta muu samanaikainen melu on. Mitä selvemmin ääni on ulisevaa, sireenimäistä tai soivaa ja mitä hiljaisempaa muu melu (melun ei-äänestämättömyyden osuuden ja muun samanaikaisesti esiintyvän melun summa) on, sitä suuremman tulisi korjauksen olla.

Jos kapeakaistaisuus erottuu heikosti, on korjaus 3 dB. Jos se on selvästi kuultavissa, on korjaus 6 dB.

Toimenpiderajat sisällä, pienitaajuinen melu

Muusta melusta erottuvan pienitaajuisen yöaikaisen sisämelun tunnin keskiäänitason toimenpiderajat (enimmäisarvot) nukkumiseen tarkoitetuissa tiloissa on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Pienitaajuisen sisämelun yöaikainen toimenpideraja (enimmäisarvo) terssikaistoittain

Terssikaistan keski- taajuus f [Hz]	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Keskiäänitaso $L_{eq,1h}$ [dB]	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Päiväajan pienitaajuiselle melulle voidaan hyväksyä noin 5 dB suurempia arvoja. Arvioitaessa pienitaajuisen melun haitallisuutta taulukon 3 arvojen perusteella, mittaustuloksiin ei tehdä kapeakaistaisuus- eikä impulssimaisuuskorjausta. Taulukon 3 arvot ovat kuulijaa altistavia keskimääräisiä tasoja.

3 TUTKIMUSMENETELMÄT

3.1 Melu- ja värähtelymittaukset kattilahallissa

Melu- ja värähtelymittauksia tehtiin yhtäaikaaisesti viidessä mittauspisteessä eri puolilla kattilahallia. Mittauspisteiden sijainnit on merkitty pohjakuviin liitteessä 1. Mittauspisteet ovat osittain samoja kuin mitauksissa 7.6.2016. Mittarit asennettiin ja käynnistettiin tiistaina 8.11. noin klo 13.00 ja pysäytettiin keskiviikkona 9.11. noin klo 7.30. Lisäksi koko mittausjakson ajan kattilahallissa oli yksi äänitasomittari mittaamassa.

Mittausten alussa ja lopussa kaukolämpölaitosta ajettiin kolmella kattilalla (K2, K6 ja K8) 60...80 % teholla. Kaukolämpöpumpuista käytössä oli ulkoseinää lähin pumppu. Mittausten käynnistyksen yhteydessä sekä aamumittauksissa 9.11. tehtiin lisäksi taajuusvastemittauksia sekä aistinvaraisia havaintoja ja tarkasteluja eri puolilla rakennusta.

Melutasomittaukset tehtiin tarkkuusäänitasomittareilla Rion NL-52, Rion NL-42 ja Rion NL-21. Mittareiden kalibraatio tarkastettiin ennen mittauksia ja niiden jälkeen.

Värähtelymittaukset tehtiin käyttäen datatallentimia Rion DA-20 ja kiihtyvyyssantureita Metra KS-48B/C. Mitatuista kiihtyvyyssignaaleista määritettiin värähtelyn taajuuspainotetut tehollisarvot värähtelyn aiheuttaman viihtyvyyshaitan tarkastelemiseksi sekä arvioitiin värähtelyn aiheuttamaa runkomelutasoa.

3.2 Äänitehotasomittaukset

Merkittävien ympäristömelulähteiden äänitehotasot määritettiin mittaamalla. Tuloksia käytettiin melumallinnuksen laadinnassa. Mittaukset suoritettiin äänitasomittarilla Rion NL-52, joka täyttää standardien IEC 60651 ja IEC 60804 tarkkuusluokan 1 vaatimukset. Mittarin kalibraatio tarkastettiin ennen mittauksia ja niiden jälkeen.

Melupäästöt määritettiin soveltaen standardia NT ACOU 080 (Nordtest, Industrial plants: Noise emission). Melutasoja mitattiin 10–25 m etäisyydellä laitteista. Mitatun melutason, melulähteen koon ja mitta-usetäisyyden perusteella voidaan määrittää melulähteen äänitehotaso.

3.3 Melumallinnus

Mallinnus tehtiin laskentaohjelmalla Datakustik Cadna 4.6 käyttäen yhteispohjoismaista teollisuusmelumallia. Maastomalli syötetään laskentaohjelmaan digitaalisesti, jolloin maasto muodostuu kolmiulotteisesti. Laskennassa laskentapisteruudukon koko oli 3 m x 3 m ja äänitasot laskettiin ensisijaisesti 2 m korkeudelle maanpinnasta.

Mallinnuksessa lähtötietona käytettiin melulähteiden äänitehotasoja taajuusvälillä 31,5 Hz...8000 Hz. Äänitehotason perusteella määritettiin melulähteiden aiheuttama äänenpainetaso tarkastelupisteissä erilaiset ääntä vaimentavat ja vahvistavat tekijät huomioiden. Tekijöinä huomioitiin mm. geometrinen leviäminen, ilman absorptio, estevaimennus, maavaimennus ja heijastukset erilaisista pinnoista.

Taulukossa 4 on esitetty käytetyt laskenta-asetukset.

Taulukko 4. Laskenta-asetukset

Parametri	Käytetty arvo
Laskentaruudukon koko	3 x 3 m ²
Laskentakorkeus	2 m
Melutason laskentaetäisyys	1000 m
Maanpinnan akustinen kovuus	0,5 (puolikova)
Rakennusten heijastus	Absorptiokerroin 0,2 (lähes täysin kova)
Heijastusten lukumäärä	2

Melukarttaliitteissä on merkitty:

- suunnitellut uudet asuinrakennukset ruskealla
- kattilahalli turkoosilla
- muut rakennukset harmaalla.

Mahdollinen uusi rakennusmassoittelu on lisätty malliin tilaajalta saatujen havainnekuvien perusteella.

4 TULOKSET, HAVAINNOT JA TARKASTELU

4.1 Kattilahalli

Kattilahallissa mitatut kaukolämpölaitoksen aiheuttamat melutasot ja värähtelytasot on esitetty liitteen 2 kuvaajissa. Suurimmillaan mitatut melutasot, kun kolme kattilaa ja pumppu olivat käytössä, olivat tilasta riippuen 32...47 dB. Alhaisin melutaso, $L_{Aeq} = 32$ dB oli tason +23.60 porrashuoneen viereisessä huoneessa, joka on rakennuksen rungon värähtelyn suhteen etäällä kaukolämpölaitoksesta ja ilmaääneltä melko hyvin eristetty. Muualla mitatut melutasot olivat selvästi suurempia; $L_{Aeq} = 42...47$ dB. Suurin melutaso mitattiin Linnankadun puoleisessa hallissa. Alhaisinkin mitattu melutaso ylittää RakMk C1/1998 asuinhuoneen määräsarvon 28 dB.

Kaikissa mittauspisteissä värähtelyn taajuuspainotetut tehollisarvot v_w olivat käytännössä alle ihmisen tyypillisenä havaintokynnyksenä pidetyn arvon 0,10 mm/s. Tästä huolimatta värähtely oli paikoin havaittavissa (seisoessa lattian värähtelyn pystyi tuntemaan jalan alla). Mittaustulosten perusteella värähtely oli voimakkainta Linnankadun puoleisen hallin parvella mittauspisteessä 5.

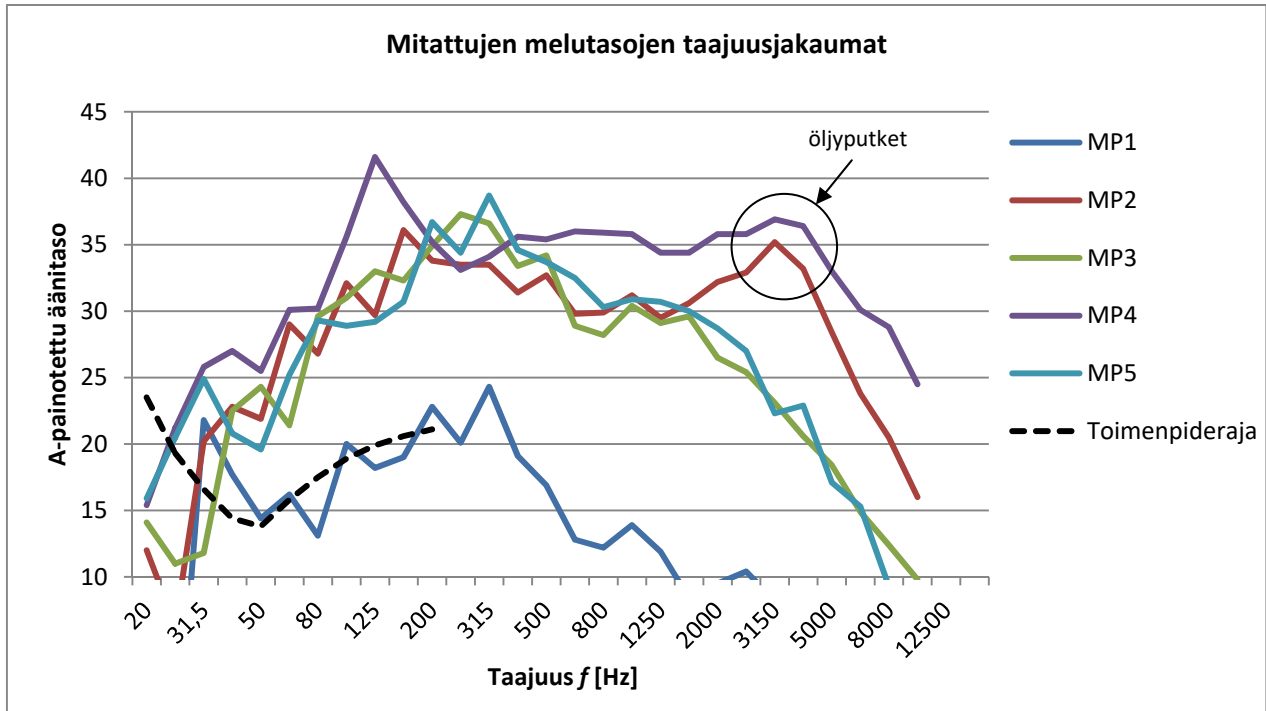
Liitteen 2 ääni- ja värähtelytasot korreloivat hyvin liitteen 3 kattilatrendeihin. Mittaustulokset kuvaavat näin ollen melu- ja värähtelylähteinä olleiden laitteiden aiheuttamaa tasoa. Myös värähtelytasokuvaajat ja melutasokuvaajat korreloivat keskenään selvästi. Tämä tukee havaintoa runkomelun merkityksestä kohteen melutasoihin.

Mittaustilanteessa kattilahalli oli avonainen ja kovapintainen eikä todennäköisesti vastaa jälkikaiunta-ajan osalta lopullista tulevaa tilannetta. Toisaalta melun painottuessa pienille taajuuksille, muutos jälkikaiunta-ajassa ei tule olemaan merkittävä. Lisäksi runkomelua säteilevien pintojen lisääntyminen poistaa pienentyvästä jälkikaiunnasta muodostuvan melutason alenemisen. Edellisten mittausten aikana kattilahallin ja kattilahallin välinen ovi eristi kattilahallista aiheutuvaa ilmäääntä heikosti. Nyt oviaukko oli lisäeristetty tiiviillä levyrakenteella ja mineraalivillalla. Ulkoa kantautuvat liikenteen äänet aiheuttivat suhteellisen vähäisesti taustamelua lumisten teiden ansiosta. Sen sijaan korkean hallin kautta kulkevien öljyputkien värähtely aiheutti korkean hallin avoimeen tilaan taustamelua, joka poistuu putkien siirron myötä.

Kuvassa 1 on esitetty mitattujen melutasojen taajuusjakaumat. Kuvassa on myös esitetty sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen toimenpideraja pienitaajuiselle melulle.

Kaukolämpölaitoksen aiheuttama melu oli kattilahallissa edelliseen mittaukseen nähden selvästi voimakkaampaa. Mittausten ja havaintojen perusteella kaukolämpölaitoksesta aiheutuu värähtelyä rakennuksen rakenteisiin. Värähtely siirtyy rakenteita pitkin hyvin laajalti eri puolille rakennusta, koska varsinaisia värähtelykatkoja ei ole. Värähtely säteilee rakenteista kuultavana äänenä eli runkomeluna.

Erityisen huomioitavaa on, että kuvassa 1 esitetyissä taajuusjakaumissa kaikissa mittauspisteissä, myös kauempana kaukolämpölaitoksesta tasolla +23.60 sijaitsevassa huoneessa, pienitaajuisen melun voimakkuus ylitti usealla terssikaistalla sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen toimenpiderajat.



Kuva 1. Kattilahallissa mitattujen melutasojen A-painotetut taajuusjakaumat kun kolme lämpökattilaa ja vesipumppu ovat käytössä. Kuvassa on esitetty myös sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen toimenpiderajat (enimmäistasot) pienitaajuiselle melulle.

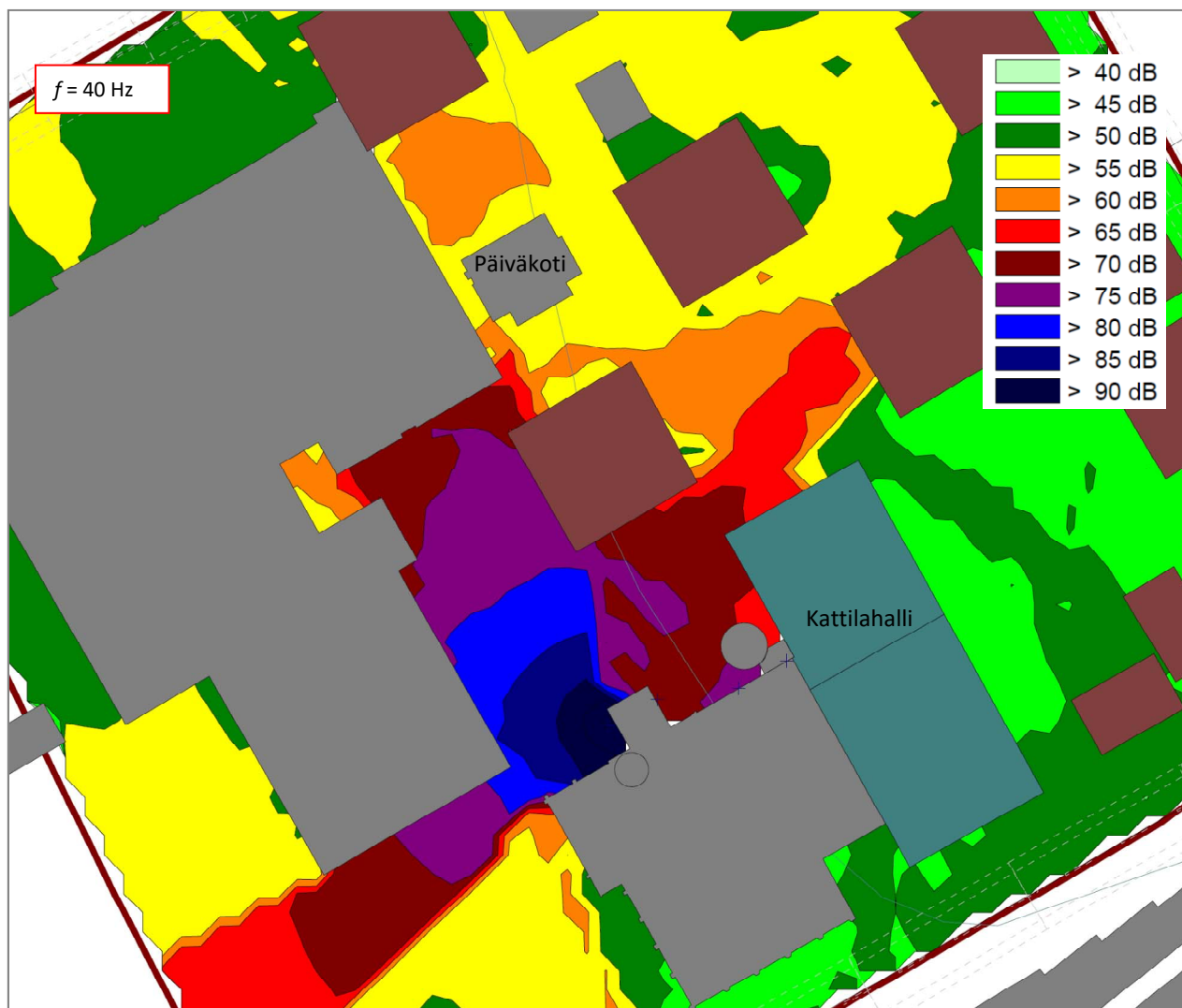
4.2 Uudet rakennukset - kaukolämpölaitoksen aiheuttama pienitaajuinen melu

Kaukolämpölaitoksen aiheuttamaa kokonaismelutasoa on tarkasteltu erillisessä meluselvityksessä. Tässä raportissa tarkastellaan kaukolämpölaitoksen ulos aiheuttamaa pienitaajuisia melua (merkitsevin terssikaista $f = 40$ Hz). Pienitaajuisen melun vaimentaminen on merkittävästi korkeampitaajuisen melun vaimentamista haastavampaa, sillä pienitaajuisen melun vaimentaminen vaatii eristävältä rakenteelta massaa. Tämä pätee myös rakennusten julkisivuihin. Esimerkiksi asuinkerrostalon, jonka ulkoseinässä on betonisisäkuori ja tiiliverhous sekä ikkunoina hyvin ”tavallista” ääntä eristävät 210 mm karmisyvyydellä olevat MSE-ikkunat, ilmaääneneristävyys taajuusalueella $f = 40$ Hz on luokkaa 10...15 dB.

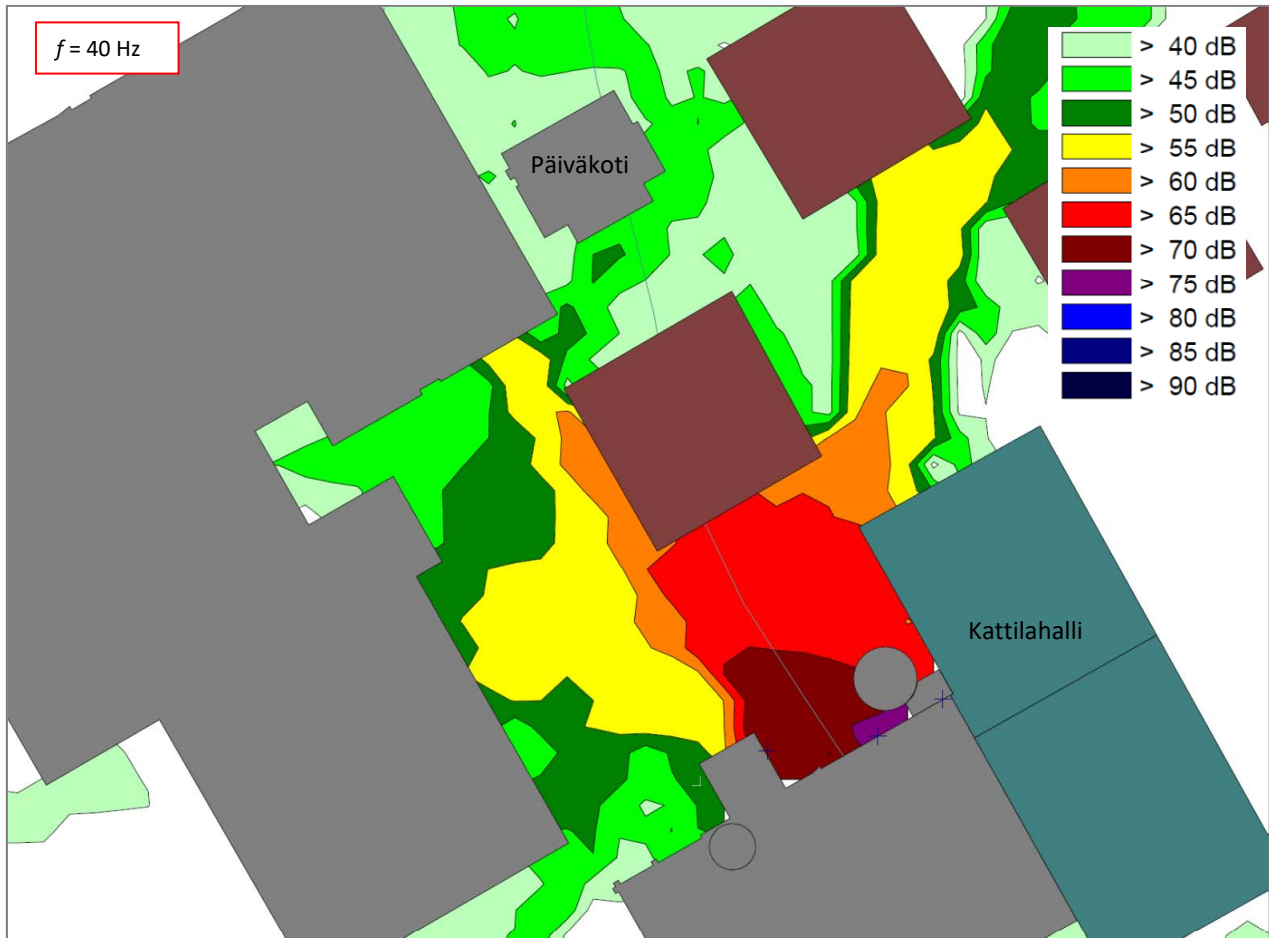
Taulukon 3 mukaisesti sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen toimenpideraja terssikaistan $f = 40$ Hz melulle on 49 dB. Julkisivuun saisi edellisen perusteella kohdistua enintään noin 59 dB melutaso kyseisellä taajuudella (49 dB + 10 dB (ääneneristävyys)). Rakennuksen sisälle aiheutuva pienitaajuinen melutaso riippuu julkisivun eristävyys lisäksi myös julkisivun takana olevan huonetilan ominaisuuksista ja dimensioista. Pahimmillaan huone voimistaa sisälle aiheutuvaa ääntä 5...15 dB. Tämä vaikeuttaa pienitaajuisen melun vaikutuksen ennakkointia. Edellä esitetyn perusteella julkisivuun kohdistuvia melutasoja tarkastellessa suositeltavana enimmäistasona terssikaistalla $f = 40$ Hz voidaan pitää korkeintaan 55 dB (varovaisuusperiaatteella tavoitetaso voitaisiin asettaa tätä pienemmäksi).

Kuvassa 2 on esitetty kaukolämpölaitoksesta aiheutuva melutaso terssikaistalla $f = 40$ Hz. Kuvasta voidaan määrittää suunniteltuihin asuinrakennuksiin kyseisellä taajuusalueella kohdistuva melutaso. Kuvan perusteella melutaso ylittää edellä määritetyn tavoitetason (enimmäistason) 55 dB kaikilla lähimmäksi suunnitellun uuden asuinrakennuksen julkisivuilla, useamman muun suunnitellun asuinrakennuksen julkisivuilla, sekä kattilalahallin kahdella julkisivulla.

Kuvassa 3 on esitetty vertailuna terssikaistan $f = 40$ Hz melutaso, kun KKL2 eli pienempää piippua käyttävä kaukolämpökattila ei ole käytössä. Kuvan perusteella melutaso ylittää tavoitetason (enimmäistason) 55 dB lähimmäksi suunnitellun uuden asuinrakennuksen kahdella kaukolämpövoimalan puoleisella julkisivulla sekä kattilalahallin lähimmillä julkisivuilla ja ulottuu myös toiseen uusista suunnitelluista asuinrakennuksista.



Kuva 2. Kaukolämpölaitoksen kattilat KKL2, KKL6 ja KKL8 ovat käynnissä. Kaukolämpölaitoksen aiheuttama melutaso terssikaistalla $f = 40$ Hz (kaukolämpölaitoksen aiheuttaman melun merkittävin taajuuskaista). Kuvan melutasoja ei tule verrata ulkoalueiden päivä- ja yöajan ohjearvoihin.



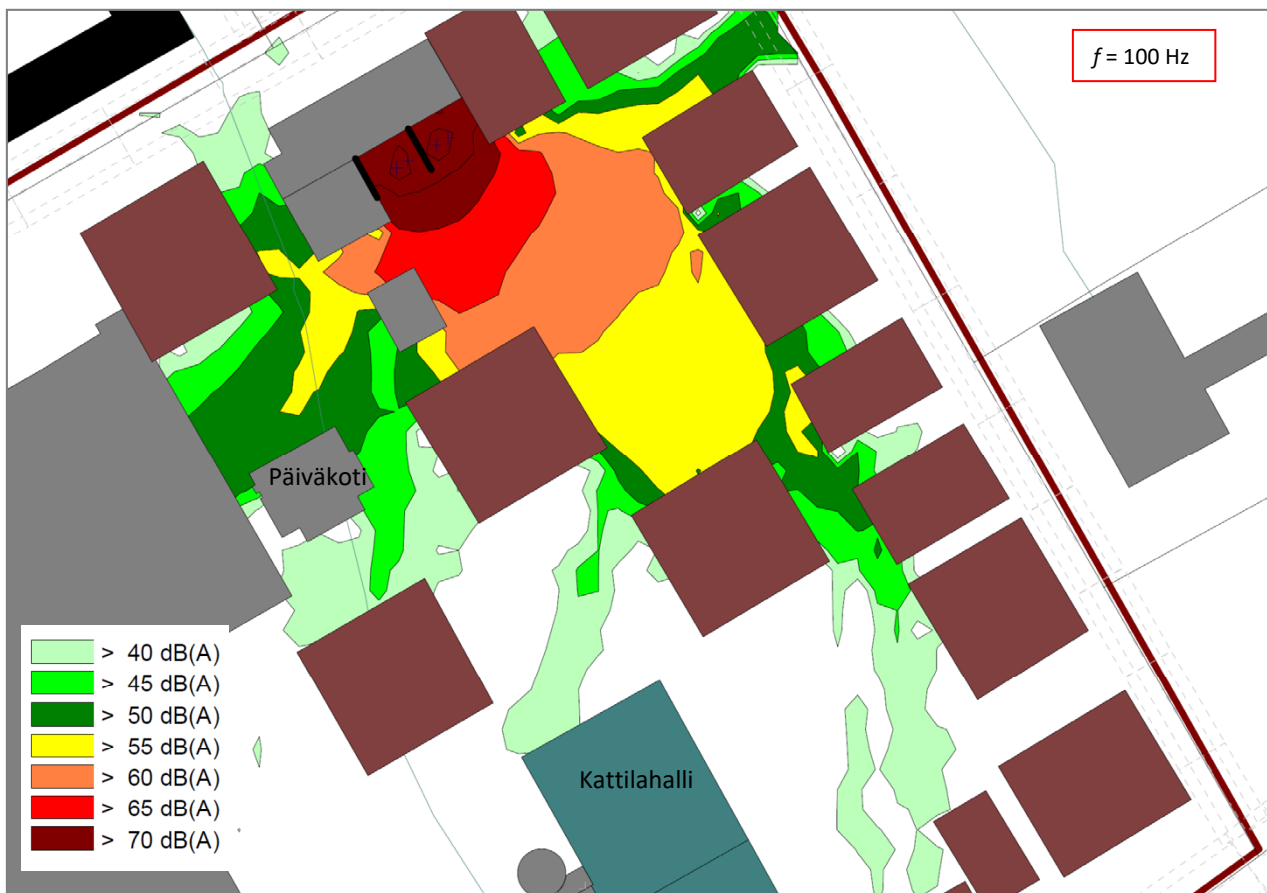
Kuva 3. Kaukolämpölaitoksen kattilat KKL6 ja KKL8 ovat käynnissä. Kaukolämpölaitoksen aiheuttama melutaso terssikaistalla $f = 40$ Hz (kaukolämpölaitoksen aiheuttaman melun merkittävin taajuuskaista). Kuvan melutasoja ei tule verrata ulkoalueiden päivä- ja yöajan ohjearvoihin.

4.3 Uudet rakennukset - muuntajien aiheuttama pienitaajuinen melu

Muuntajien aiheuttamaa kokonaismelutasoa on tarkasteltu erillisessä meluselvityksessä. Tässä raportissa tarkastellaan muuntajien aiheuttamaa pienitaajuista melua. Pihalla bunkkerissa olevan muuntajan on oletettu olevan poistettu. Muuntajien aiheuttama melu on selvästi kapeakaistaista ja merkitsevin terssikaista on $f = 100$ Hz (tilanne terssikaistalla $f = 200$ Hz on vastaava). Asuinkerrostalon, jonka ulkoseinässä on betonisäkuori ja tiiliverhous sekä ikkunoina hyvin "tavallista" ääntä eristävät 210 mm karmisvyvydellä olevat MSE-ikkunat, ilmaääneneristävyyksensä terssikaistalla $f = 100$ Hz on luokkaa 30...35 dB.

Taulukon 3 mukaisesti sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen toimenpideraja terssikaistan $f = 100$ Hz melulle on 38 dB. Julkisivuun saisi edellisen perusteella kohdistua enintään noin 68 dB melutaso kyseisellä taajuudella (38 dB + 30 dB (ääneneristävyyttä)). Rakennuksen sisälle aiheutuva pienitaajuinen melutaso riippuu julkisivun eristävyyden lisäksi myös julkisivun takana olevan huonetilan ominaisuuksista ja dimensioista. Pahimmillaan huone voimistaa sisälle aiheutuvaa ääntä 5...15 dB. Tämä vaikeuttaa pienitaajuisen melun vaikutuksen ennakoimista. Edellä esitetyn perusteella julkisivuun kohdistuvia melutasoja tarkastellessa suositeltavana enimmäistasona terssikaistalla $f = 100$ Hz voidaan pitää korkeintaan 65 dB (varovaisuusperiaatteella tavoitetaso voitaisiin asettaa tätä pienemmäksi).

Kuvassa 4 on esitetty muuntajista aiheutuva melutaso terssikaistalla $f = 100$ Hz. Kuvasta voidaan määrittää suunniteltuihin asuinrakennuksiin kyseisellä taajuusalueella kohdistuva melutaso. Kuvan perusteella melutaso ei ylitä suunniteltujen uusien asuinrakennusten julkisivuilla edellä määritettyä tavoitetasoa (enimmäistaso) 65 dB lukuun ottamatta muuntajan viereen suunniteltua uutta rakennusta. Muuntajista aiheutuvan kapeakaistaisen melun kuuluminen sisälle asuntoihin on tästä huolimatta mahdollista hyvilläänkin julkisivurakenteilla.



Kuva 4. Muuntajien aiheuttama melutaso terssikaistalla $f = 100$ Hz (muuntajien aiheuttaman melun merkittävin taajuuskaista). Kuvan melutasoja ei tule verrata ulkoalueiden päivä- ja yöajan ohjearvoihin.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Mittaus- ja mallinnustuloksien sekä havaintojen perusteella määritetyt johtopäätökset on esitetty alla. Johtopäätöksissä on oletettu kaukolämpölaitoksen toiminnan jatkuvan nykyisellään. Kattilahallilla tarkoitetaan kaukolämpölaitoksen itäpuolista kahden hallin (korkea kattilahalli ja matalampi turbiinisali) nyky muodossaan yhdessä muodostamaa kokonaisuutta.

Kattilahalli

Kattilahalliin ei voi rakentaa asuintiloja ilman massiivisia meluntorjuntatoimenpiteitä. Suositeltavaa on, että kattilahalliin ei sijoiteta asuintiloja lainkaan. Asuintilojen sijoittaminen kattilahalliin edellyttää lähtökohtaisesti kattilahallin kaikkien rakenteiden täydellistä irrottamista kaukolämpölaitoksen rakenteista, mukaan lukien perustukset. Harkittavia vaihtoehtoja on mm. kattilahallin purkaminen ja uuden rakennuksen rakentaminen selvästi irti kaukolämpölaitoksesta (ulkovaipan eristävyys osalta tässäkin vaihtoehdossa saattaa tulla ongelmia) tai itsenäisen asuinrakennuksen rakentaminen turbiinilaitoksen ulkokuoren sisälle (sisältää merkittäviä käytännön ongelmia ja riskipaikkoja toteutuksessa).

Meluntorjuntatoimenpiteet, joissa nykyisen kattilahallirakennuksen rakenteet säilytetään osittain tai kokonaan, tulevat sisältämään riskejä ja epävarmuuksia, joiden vuoksi melutasoja koskevien määräys- ja ohjearvojen täyttymistä kaukolämpölaitoksen toiminta-aikoina ei voida taata. Vaihtoehtoja tulee tutkia yhteistyössä rakennesuunnittelijan kanssa.

Kaukolämpölaitokseen tehtävillä meluntorjuntatoimenpiteillä ei todennäköisesti voida saavuttaa riittävää herätetason pienentymistä, jolla voitaisiin välttyä kattilahalliin tehtäviltä toimenpiteiltä. Ainoastaan kaukolämpölaitokseen tehtävät meluntorjuntatoimenpiteet sisältävät lisäksi riskin siitä, että laitokseen ajan myötä tehtävät muutokset synnyttävät uusia haitallisia herätteitä.

Kattilahalliin ei suositella sijoitettavan melulle herkkiä toimistotiloja. Melutasoja koskevat määräys- ja ohjearvot ovat osittain kevyempiä asuintiloihin nähden, eikä esimerkiksi pienitaajuiselle melulle ole toimistotiloihin sovellettavia ohjearvoja. Kaukolämpölaitoksen aiheuttama melu saatetaan joka tapauksessa kokea hyvin häiritsevänä.

Uusien rakennuksien sisätilat - kaukolämpölaitoksen aiheuttama pienitaajuinen melu

Kaukolämpölaitoksesta kohdistuu merkittävää pienitaajuista melua suunniteltuihin uusiin rakennuksiin sekä kattilahallin korkean hallin länsipuolen julkisivuihin. Mallinnuksen ja arvioinnin perusteella pienitaajuinen melu tulee kyseisten julkisivujen takana asuintiloissa ylittämään sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen toimenpiderajan, jos kaukolämpölaitokseen ei tehdä merkittäviä meluntorjuntatoimenpiteitä. Meluntorjuntatoimenpiteet tarkoittavat mahdollisesti esimerkiksi raskasrakenteista kotelointia tai merkittäviä muutoksia kaukolämpökattilan KKL2 kanavaan kaukolämpölaitoksen ulkoseinällä, muutoksia kaukolämpölaitoksen julkisivurakenteeseen, painevaroikkunoiden siirtämistä rakennuksen toiselle puolelle ja meluloukkujen tekemistä raitisilma-aukkoihin.

Pienitaajuinen melu tulee ottaa lisäksi huomioon uusien melulle herkkien tilojen (asuinrakennukset, päiväkodit tms.) julkisivurakenteiden suunnittelussa ja rakenneosavallinnoissa. Pienitaajuinen melu voidaan kokea haitallisena myös merkittävästi toimenpiderajoja pienemmillä äänenvoimakkuuksilla.

Uusien rakennuksien sisätilat - muuntajien aiheuttama pienitaajuinen melu

Muuntajien aiheuttama pienitaajuinen melu ei mallinnuksen perusteella aiheuta toimenpiderajoja ylittävää melua pois lukien muuntajan viereen suunniteltu rakennus. Pienitaajuinen melu voidaan kokea haitallisena myös merkittävästi toimenpiderajoja pienemmillä äänenvoimakkuuksilla. Haittaan tulee näin

ollen varautua ja se tulee ottaa huomioon uusien rakennusten suunnittelussa. Ilman muuntajiin tehtäviä merkittäviä muutoksia asuinrakennusten sijoittaminen suunnitelman mukaisesti muuntajien läheisyyteen sisältää merkittäviä riskejä meluhaitoista. Kokemuksemme perusteella asuinrakennuksia ei tulisi sijoittaa muuntajien läheisyyteen.

Uusien rakennuksien piha-alueet ja parvekkeet

Piha-alueiden ja parvekkeiden melutasoja sekä julkisivuihin kohdistuvia keskiäänitasoja on tarkasteltu erillisessä raportissa.

Muuta

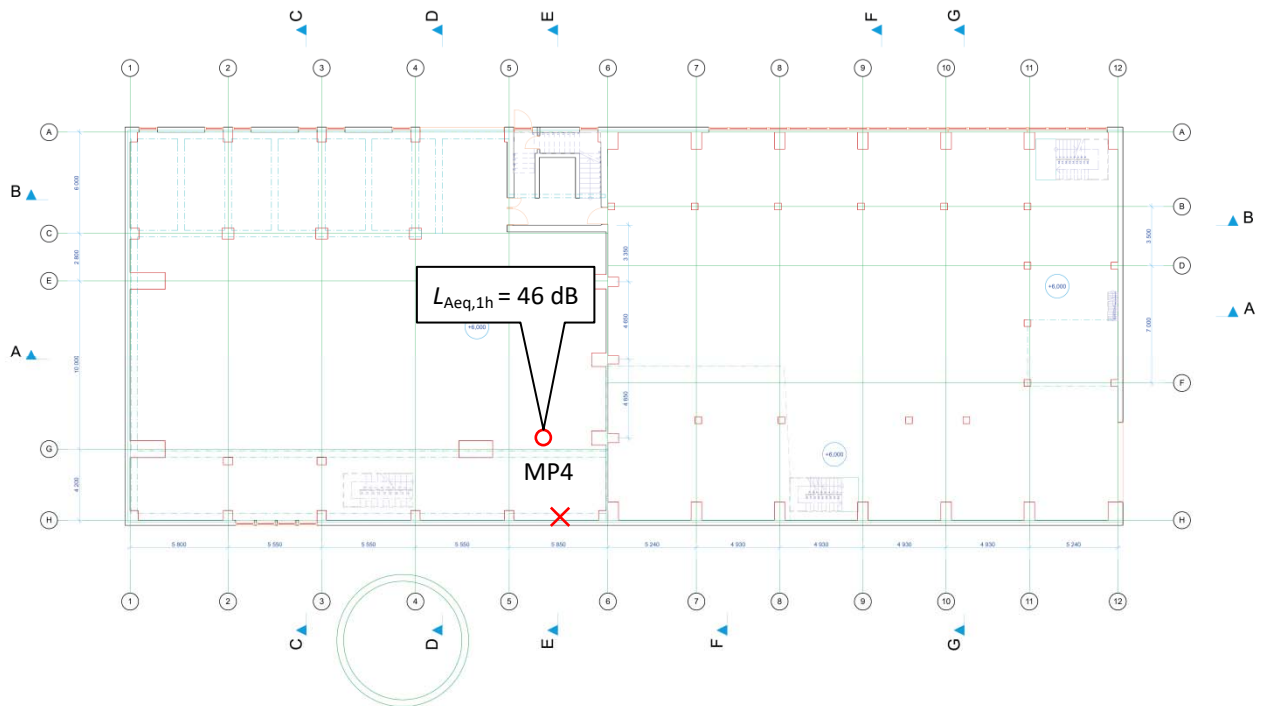
Asuinrakennusten sijoittaminen sähköaseman ja/tai kaukolämpölaitoksen välittömään läheisyyteen voi aiheuttaa haittaa ja kustannuksia myös sähköaseman ja/tai kaukolämpölaitoksen toimintaan, kun asukkaiden raja- tai ohjearvoista riippumatta mahdollisesti kokemaa häiriötä selvitetään ja pyritään poistamaan.

6 LISÄTIETOA

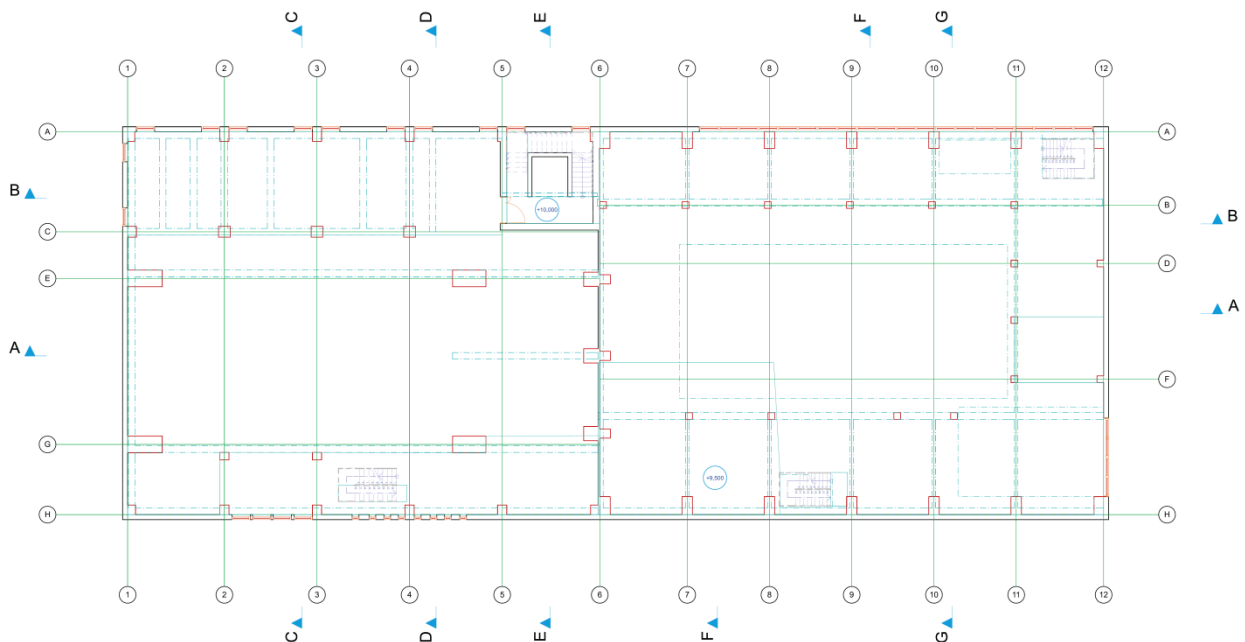
Olli Laivoranta
Promethor Oy
puh. 041 506 3418
sp. olli.laivoranta@promethor.fi

Jani Kankare
Promethor Oy
puh. 040 574 0028
sp. jani.kankare@promethor.fi

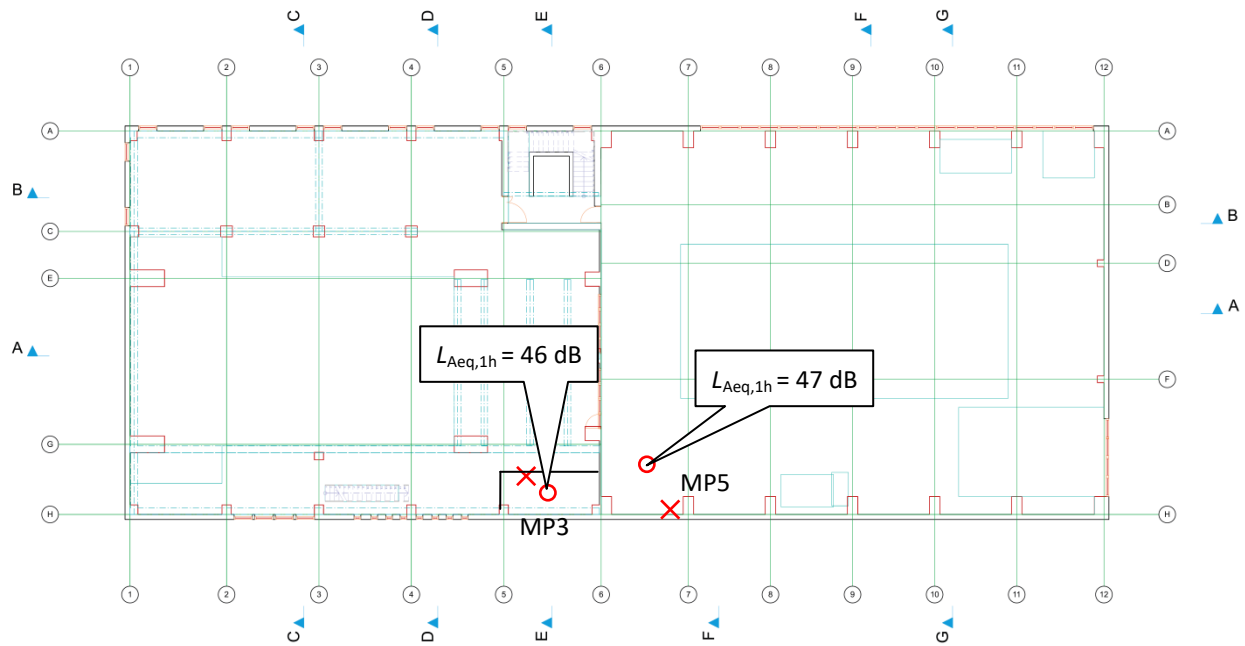
MITTAUSPISTEET TURBIINIHALLISSA



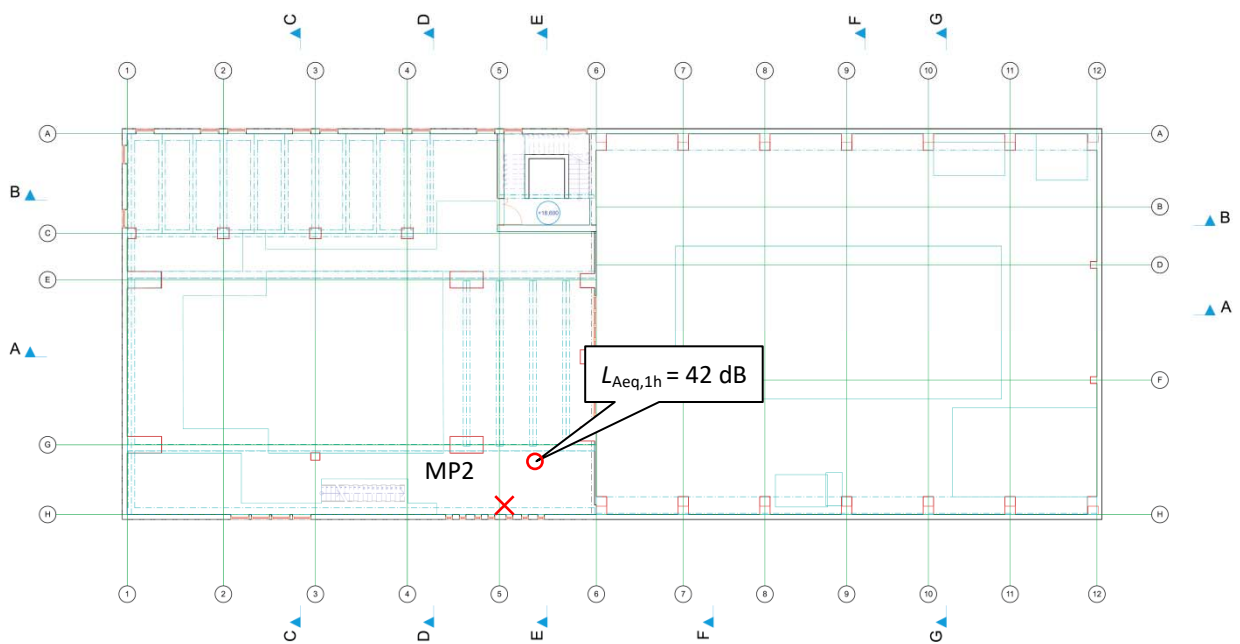
Kuva 1. Taso +6.00 Pohjakerros (O = melumittari, X = värinämittari). Puhekuplassa on esitetty tunnin keskiäänitaso (8.11. klo 17–18) kun K6 ja K8 ovat käyneet noin 70 % teholla.



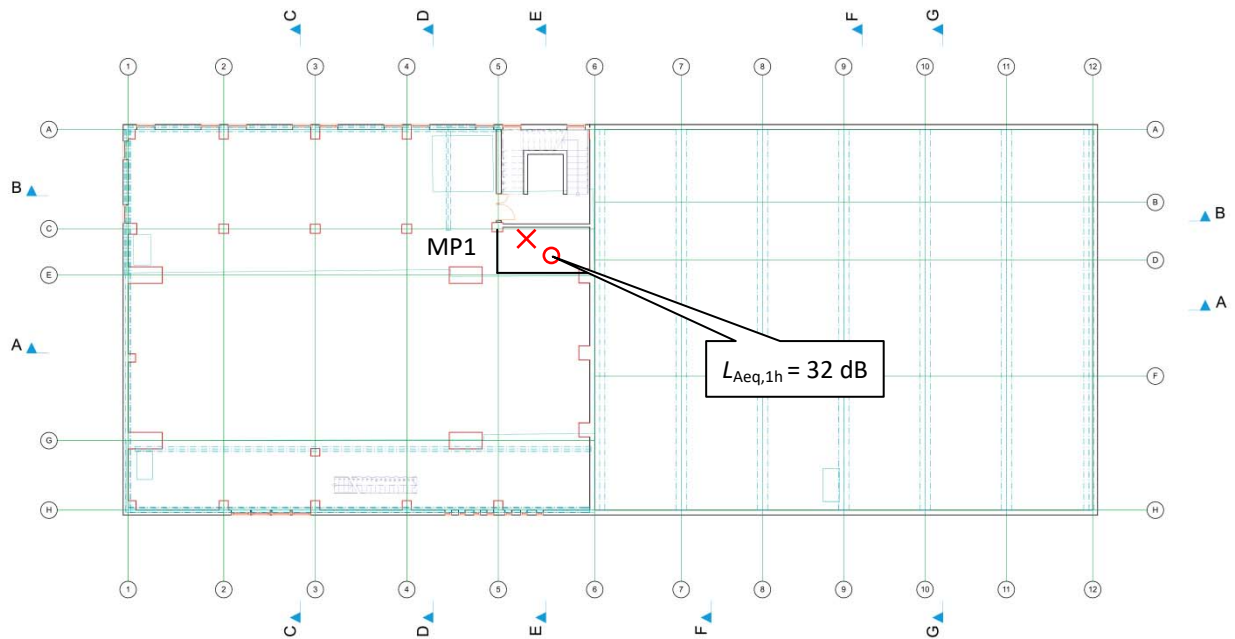
Kuva 2. Taso +10.00.



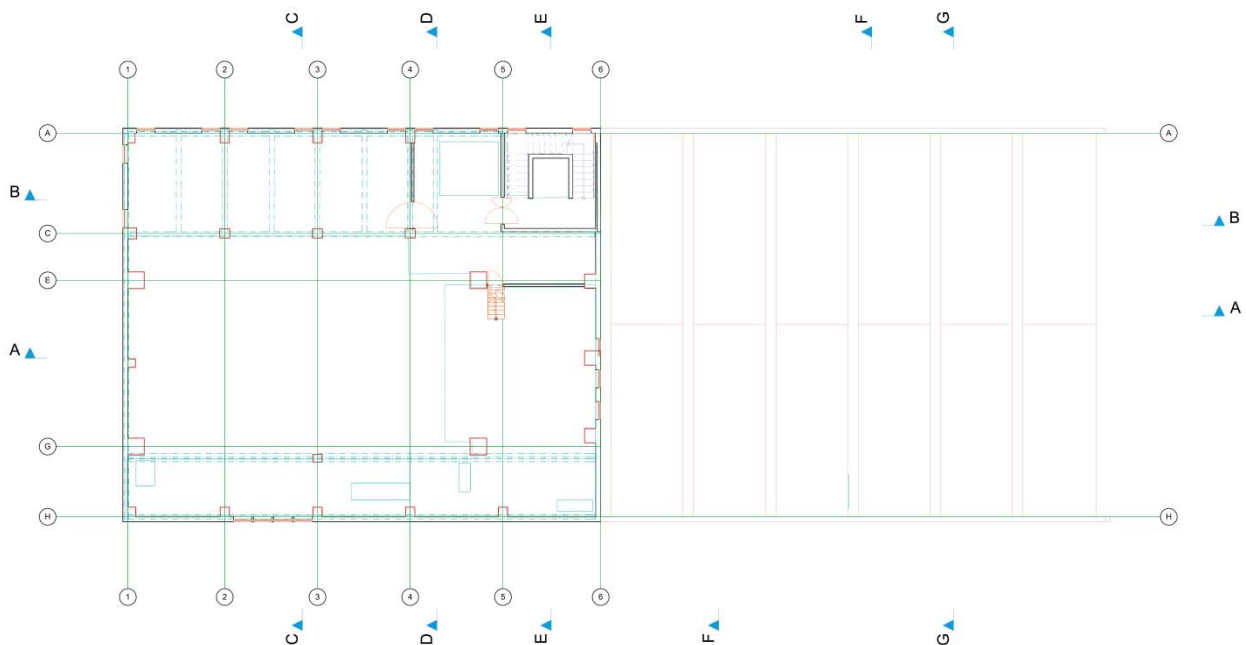
Kuva 3. Taso +14.00 (O = melumittari, X = värinämittari). Puhekuplassa on esitetty tunnin keskiäänitaso (8.11. klo 17–18) kun K6 ja K8 ovat käyneet noin 70 % teholla.



Kuva 4. Taso +18.60 (O = melumittari, X = värinämittari). Puhekuplassa on esitetty tunnin keskiäänitaso (8.11. klo 17–18) kun K6 ja K8 ovat käyneet noin 70 % teholla.

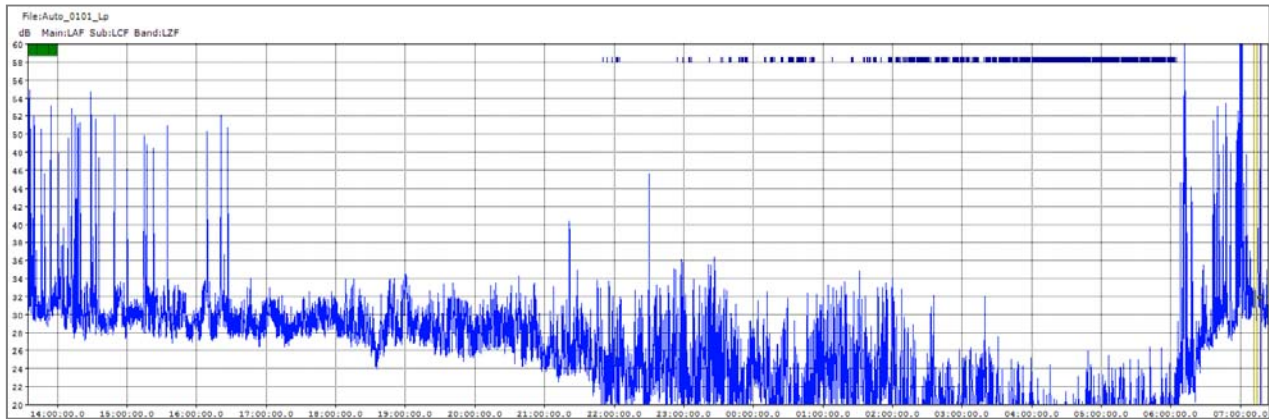


Kuva 5. Taso +23.60 (O = melumittari, X = värinämittari). Puhekuplassa on esitetty tunnin keskiäänitaso (8.11. klo 17–18) kun K6 ja K8 ovat käyneet noin 70 % teholla.



Kuva 6. Taso +36.60.

MITTAUSPISTE 1



Kuva 1. Äänitasokuvaaja mittauspisteessä 1, taso +23.60, huone lähellä porraskäytävää, piikit aiheutuneet lähinnä hissikoneiston äänistä.



Kuva 2. Värähtelyn taajuuspainotettu tehollisarvo värähtelyvoimakkuudeltaan suurimmassa akseli-suunnassa mittauspisteessä 1, taso +23.60.

MITTAUSPISTE 2

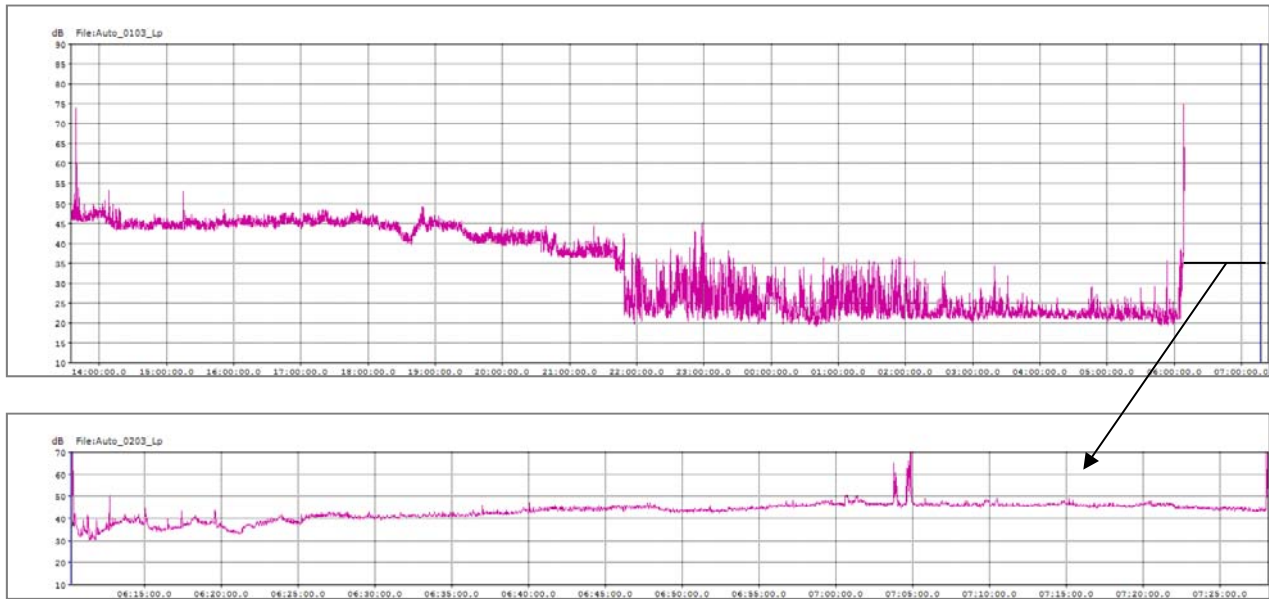


Kuva 3. Äänitasokuvaaja mittauspisteessä 2, taso +18.60, lämpölaitoksen kattotason yläpuolella.

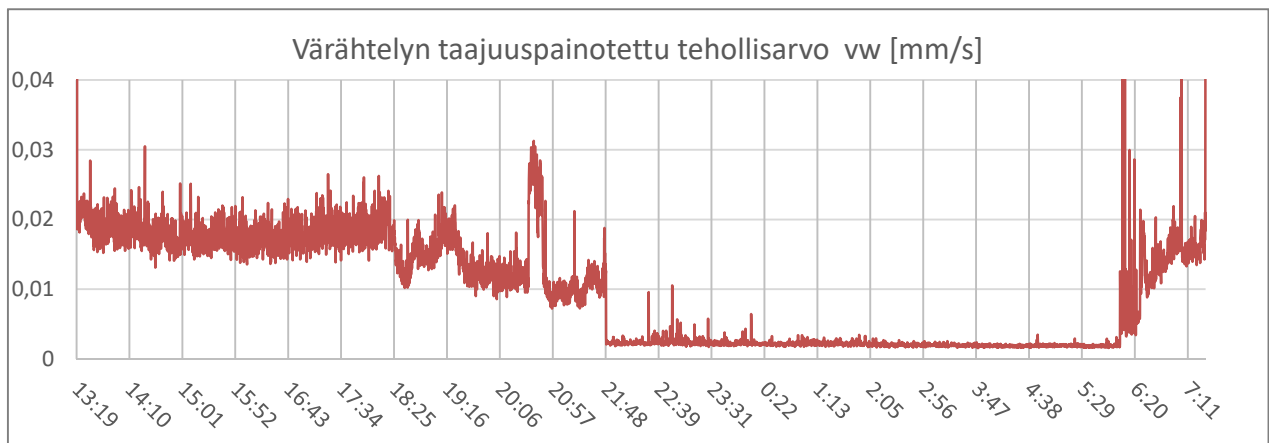


Kuva 4. Värähtelyn taajuuspainotettu tehollisarvo värähtelyvoimakkuudeltaan suurimmassa akseli-suunnassa mittauspisteessä 2, taso +18.60.

MITTAUSPISTE 3

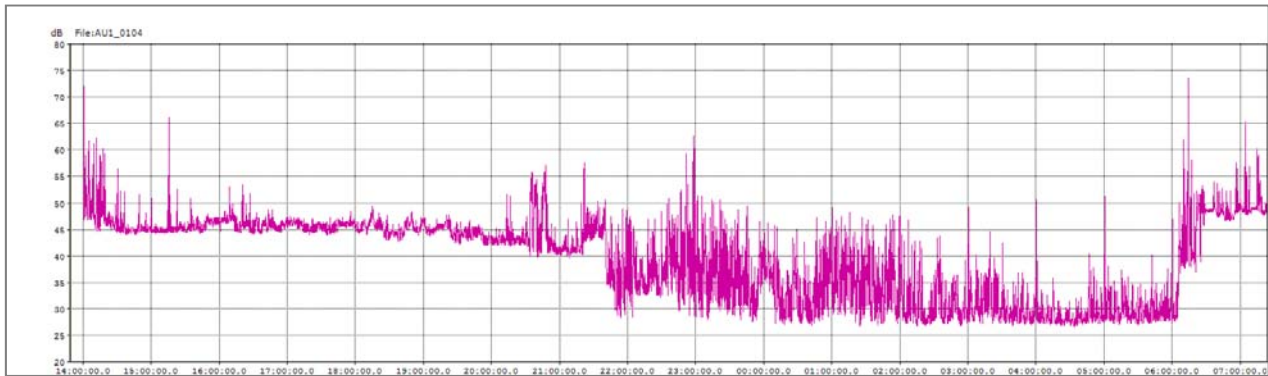


Kuva 5. Äänitasokuvaaja mittauspisteessä 3, taso +14.00, huone lämpölaitoksen seinän takana.



Kuva 6. Värähtelyn taajuuspainotettu tehollisarvo värähtelyvoimakkuideltaan suurimmassa akseli-suunnassa mittauspisteessä 3, taso +14.00.

MITTAUSPISTE 4

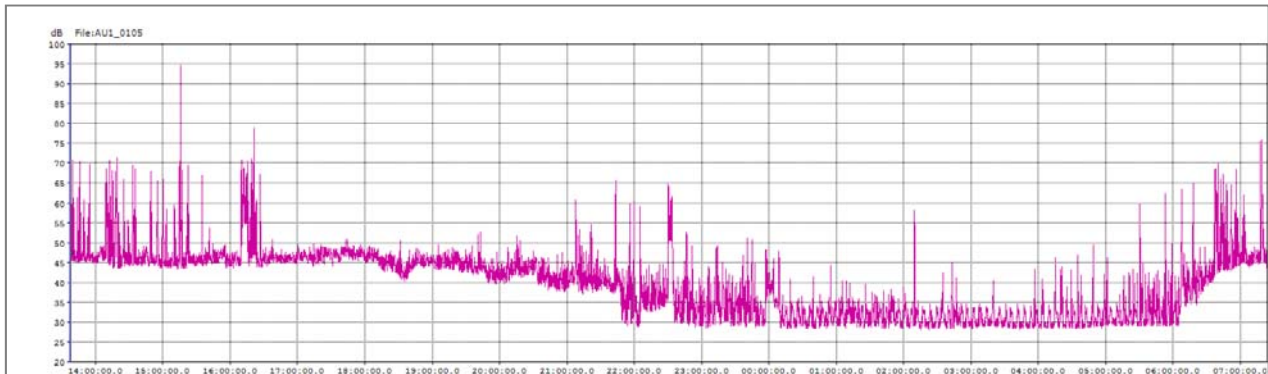


Kuva 7. Äänitasokuvaaja mittauspisteessä 4, taso +6.00, pohjakerros.



Kuva 8. Värähtelyn taajuuspainotettu tehollisarvo värähtelyvoimakkuudeltaan suurimmassa akseli-suunnassa mittauspisteessä 4, taso +6.00, pohjakerros.

MITTAUSPISTE 5

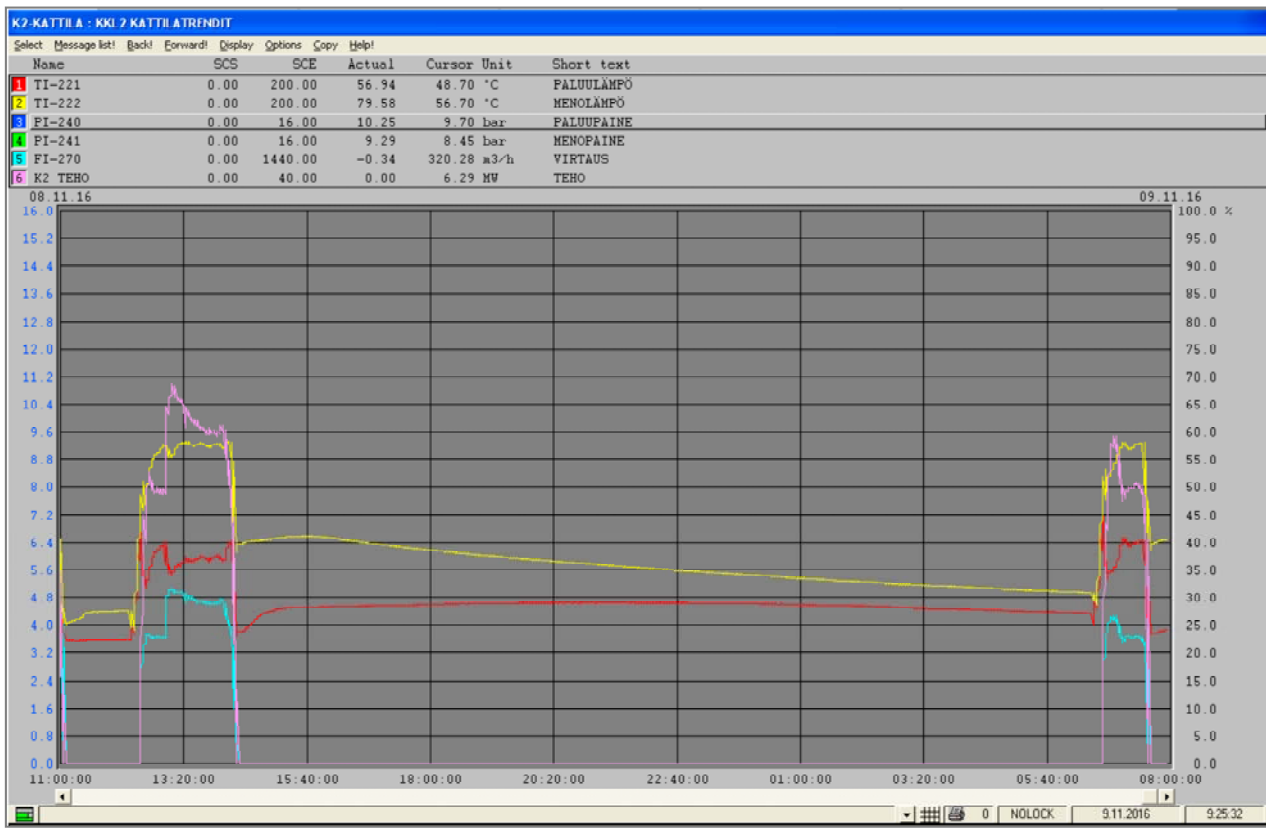


Kuva 9. Äänitasokuvaaja mittauspisteessä 5, taso +14.00, Linnankadun puoleinen halli.

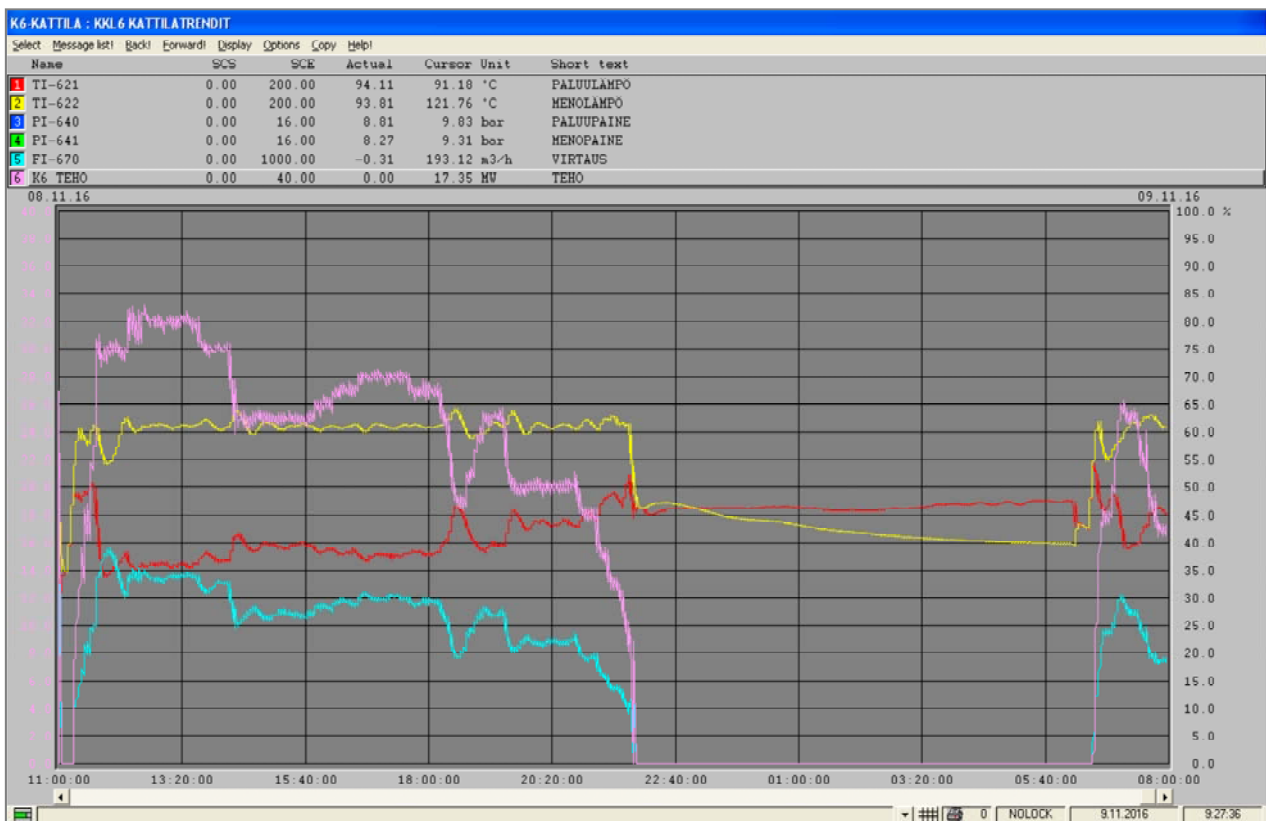


Kuva 10. Värähtelyn taajuuspainotettu tehollisarvo värähtelyvoimakkuudeltaan suurimmassa akseli-suunnassa mittauspisteessä 5, taso +14.00, Linnankadun puoleinen halli.

LÄMPÖLAITOKSEN KATTILATRENDIT



Kuva 1. Kattila KKL2.



Kuva 2. Kattila KKL6.



Kuva 3. Kattila KKL8.