

HILJAISEN MOOTTORITEHTAAN YMPÄRISTÖMELUT – MITÄ TODELLA MITATAAN JA MITEN TULOKSIA PITÄISI ANALYSOIDA

Kari Saine¹, Zengxin Gao¹

¹ Wärtsilä Finland Oy
Järvikatu 2-4
65100 Vaasa
nimi@wartsila.com

Tiivistelmä

Uudet digitaaliset mittausslaitteet tuovat aivan uudenlaiset mahdollisuudet analysoida ympäristömeluja. Näillä laitteilla on helppo mitata hyvinkin pitkäaikaista melua sekä analysoida tuloksia hetkellisellä tasolla. Toinen merkittävä asia on, että taajuusanalyysillä pystytään entistä tarkemmin ja helpommin selvittämään melun syntylähde. Tullaankin automaattisesti kysymykseen, onko nykyinen lainsäädäntö enää ajan tasalla, onko keskimääräinen LeqA-arvo tullut tiensä päähän?

Wärtsilä Vaasan tehtaalla on tehty määrätietoista ja pitkäjänteistä työtä tehdasmelujen pienentämiseksi loistavin tuloksin. Tässä paperissa kerrotaan lyhyesti, miten nykyiseen hiljaiseen moottoritehtaaseen on päästy. Tuloksia verrataan eri ympäristöissä suoritettuihin pitkäkestoisiin mittauksiin. Samalla otetaan kantaa, miten melutasoja pitäisi tulkita ja ilmoittaa.

1 JOHDANTO

Wärtsilä Vaasan tehtaan päätuotteet ovat keskinopeat suurikokoiset dieselmoottorit, W20 ja W32 moottorit, joita käytetään lähinnä laivojen voimanlähteinä sekä voimalaitoksissa. Vuodessa Vaasasta toimitetaan satoja moottoreita yhteisteholtaan 3500 MW luokkaa. Jokainen moottori koeajetaan, mikä yleensä kestää 3-5 tuntia. Tämän lisäksi laboratoriossa moottoreita testataan usein ”24/7”. Koska tehdas sijaitsee keskellä Vaasan kaupunkia, puolen kilometrin päässä torilta, on tehdasmelu hyvin keskeisellä sijalla tehtaan hyväksyttävyyden kannalta. Tehdas työllistää tänään yli 3000 työntekijää.

2 MELUHISTORIA

Uudet ja tehokkaammat moottorit tulivat markkinoille 90-luvun alussa. Tällöin törmättiin ensimmäistä kertaa matalataajuiseen meluun (alle 100 Hz), kun lähinaapuristosta alkoi kuulua valituksia. Yleensä ihmisten valitukset alkoivat illalla, kun he olivat tulleet kotiin. Näitä matalataajuisia ääniä ei helposti kuule kaupungin hälinässä, koska ne jäävät muiden melujen peittoon. Mutta sisätiloissa, joissa taustamelu on pientä, matalat taajuudet kuuluivat. Näiden aallonpituus on hyvin suuri, yleensä monta metriä, joten ne läpäisevät nykyajan betoniseinät hyvin helposti. Wärtsilä aloitti pitkäkestoisen yhteistyön JTK-Powerin kanssa uusien ja parempien vaimentimien kehittämiseksi. Yksinkertaisuudessaan tämä tarkoitti, että maailmalla

yleisessä käytössä olevat laajakaistaiset vaimentimet heitettiin romukoppaan ja kehitettiin nelitahtisille moottoreille oma pakokaasujen vaimennin, jossa matalataajuiset pakomelut vaimennetaan kammioiden avulla ja korkeat taajuudet perinteisesti villan avulla.

Samoihin aikoihin aloimme kiinnittää huomiota Wärtsilän tehtaan yksittäisiin melulähteisiin, joita tietenkin on monia tehdasympäristössä. Tätä työtä on jatkettu näihin päiviin saakka. Mittauksissa käytettiin hyväksi lähinnä intensiteettimenetelmää. Yksi suurimmista melun vuotokohdista olivat koeajojen ovet sekä erilaiset aukot. 2000-luvun alussa tilanne alkoi olla jo siedettävä.

2000-luvun puolivälin jälkeen kyseltiin voitaisiinko ympäristömelua valvoa kuten esim. moottoreiden kuntoa valvotaan. Tästä alkoi pitkä ja menestykselinen projekti.

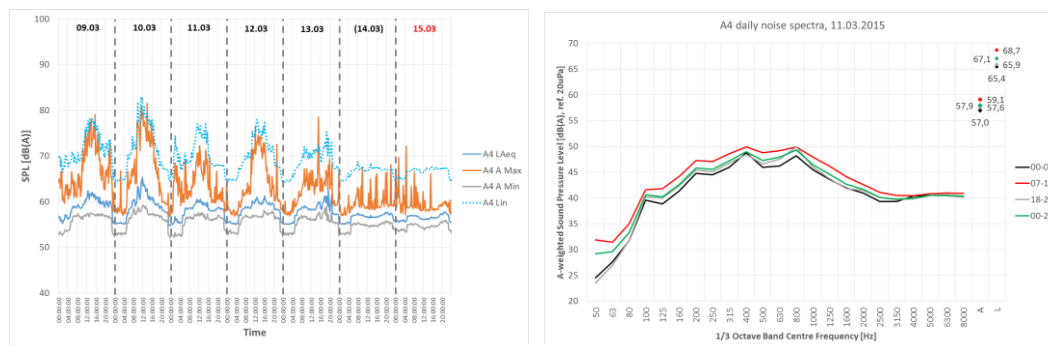


Ensimmäiseksi selvitettiin kokonaistilanne. Akukon Oy teki kaikenkattavan meluselvityksen 2006 Wärtsilän tuotantolaitosten eri melulähteistä ja melun leviämisestä tehtaan ulkopuolelle. Tämän jälkeen meillä oli selvä suunnitelma, miten edetä. Käytiin käsiksi eniten häiritseviin komponentteihin. Uuden tuotantolaitoksen suunnittelussa 2006 tehdasmelut otettiin vakavasti. Pää tavoite oli, että uuden tehtaan kokonaismelupäästöjen pitäisi olla selvästi pienemmät kuin nykyisten laitosten. Tässä onnistuttiin yli odotusten. Kuvassa 1 on esitetty tyypillinen melun leviäminen Wärtsilän ympäristössä.

3 REAALIAIKAINEN MELUNSEURANTAJÄRJESTELMÄ

Vuonna 2008 alkoi pitkäkestoinen ja hedelmällinen yhteistyö APL-Systems:in kanssa, tavoitteena kehittää yhdessä reaaliaikaan perustuva automaattinen melunseuranta-järjestelmä, joka perustui ennen kaikkea terssikaistojen mittauksiin ja analysointiin eikä pelkästään kokonaistasoihin. Vuonna 2011 oltiin tilanteessa, jossa Wärtsilän katoille asennettiin neljä APL-Systems Aures meluanturia ja siitä lähtien tuo systeemi on tuottanut ympäristömeludataa noista pisteistä. Kaksi anturia sijaitsee tehdasalueen rajalla, yksi sen läheisyydessä ja yksi tehdasalueen sisäpuolella. Pääpaino oli ennen kaikkea matalataajuisessa melussa. Viimeiset pari vuotta on kehitelty tehokkaampaa ja parempaa analysointiohjelmaa. Koska mittauspisteet sijaitsevat avoimen taivaan alla kaupungin keskustassa, niin mittauspisteet mittaavat myös kaikki tehtaan ulkopuoliset äänet, kuten esim lintujen sekä liikenteen ja lentokoneiden melut. Mutta yhtenä pääongelmana oli säästä aiheutuvat melut, kuten ukkonen ja ennen kaikkea tuulesta johtuvat meluhälytykset. Alkuaikoina kuukaudessa saatiin keskimäärin n. 20.000 erilaista hetkellistä raja-arvon ylittävää meluhälytystä. Tuosta määrästä todellisia tehtaan aiheuttamia melupäästöjä oli noin pari sataa. Tämä kertoo ehkä parhaiten, kuinka hyvä nykyinen analysointiohjelma on. Yksi suurimmista melulähteistä Vaasassa on TUULI !!!

Uusi ja entistä tehokkaampi W32-moottori tuli markkinoille pari vuotta sitten. Tämän seurauksena matalataajuiset pakokaasumelutasot nousivat yli Wärtsilän ohjearvojen. Tämän seurauksena Wärtsilä päätti kahdensadantuhannen investoinnista pienentääkseen matalataajuisia melua. Koska olemassa olevat vaimentimet toimivat erinomaisesti, niitä vain ei oltu suunniteltu uuden moottorin suuremmille tehoille, päätettiin ne jättää paikalleen. Uusi lisävaimennin oli suunniteltu taajuusalueelle 35-60 Hz. Ympäristömelujen kannalta tulokset olivat erinomaisia. Matalataajuiset pakokaasumelut tippuivat radikaalisti. Nyt tehdas aiheuttaa enää noin kymmenkunta hälytystä kuukaudessa aikaisemman parin sadan sijasta. Vuosien työ on tuottanut upean tuloksen. Kuvassa 2 on esitetty tyypillinen viikon melutasot, josta nähdään, että päiväkohtainen keskimääräinen melutaso Wärtsilän rajalla on luokkaa 56-58 dB(A) ja lineaarisella alle 70 dB.



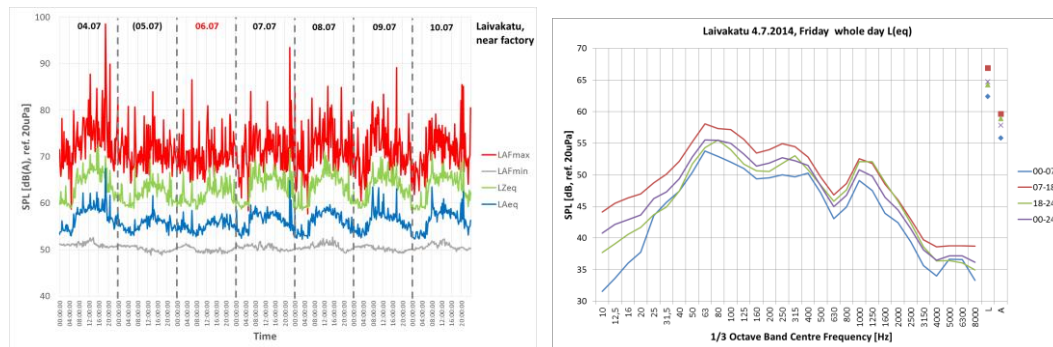
Kuva 2: Tyypillinen ympäristömeluspektri Wärtsilän mittapisteestä A4. Mittaus maaliskuun alussa 2015. Tuloksista nähdään selvästi, että viikko 11 oli hyvin tuulinen viikko.

Wärtsilän tehtaan ympäristömelun vähentämisen kannalta tärkeä asia oli määrittää miten tehdasmelu kuuluu naapuristossa. Toinen merkittävä asia oli, kuinka pitkäaikaisten mittausten tulokset oikein pitää ilmoittaa? Wärtsilällä on mittausdataa jo monen vuoden ajalta, mutta miten tuloksia kannattaa ilmoittaa? Tämän hetken kokemuksen perusteella tulokset kannattaa ilmoittaa 10 min L(Aeq) arvoina. Tämän lisäksi on hyvä ilmoittaa vastaava lineaariarvo eli Leq. Lmax ja Lmin sijaan kannattaisi käyttää P10 arvoa sekä P90 arvoa. Todennäköisesti tällöin saataisiin paljon luotettavammat ympäristömeluarvot. Tämän lisäksi tulokset on ehdottomasti ilmoitettava myös päiväkohtaisena taajuustasona. Wärtsilä on jakanut vuorokauden kolmeen osaan, päivä klo 7-18, ilta klo 18-24 ja yöaika klo 0-7. Tämä sen tähden, että tehdasmeluja on ollut helpompi seurata näillä aikajaksoilla.

4 KAUPUNKIMELUT

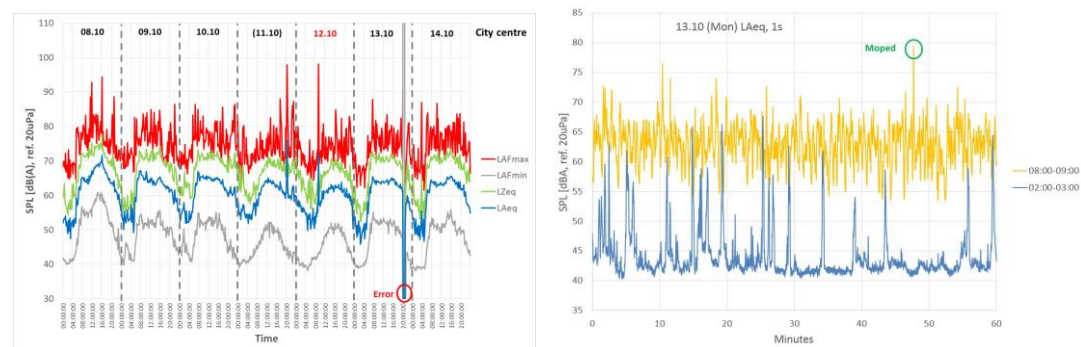
Ensimmäiset mittaukset Wärtsilän naapuristossa suoritettiin kesällä 2014, jolloin tehdas oli kesäseisokissa eli kiinni. Eli ihanteellisin mittaustilanne. Ja yllätyksenä todettiin, että naapuristossa melutaso oli jopa korkeampi kuin tehtaan omissa mittapisteissä tuotantotilanteessa. Yhtenä syynä oli asuintalon katolla oleva tuuletin ja toisena liikenne. Tämä näkyy selvästi taajuusspektrissä, 1.25 kHz kohdalla. Tämä tuuletin näyttää olevan päällä yötä päivää. Tämän johdosta edes hetkellinen melutaso L(Amin) ei laske alle 50 dB ja keskimääräinen melutaso on 55 dB, kuva 3, vaihdellen vuorokauden aikana 6 dB. Jo heti ensimmäisen mittausten jälkeen heräsi kysymys,

että mihin ympäristömelujen raja-arvot todella perustuvat. Aina silloin tällöin ko. asuntoalueelta on tullut valituksia häiritsevistä melusta. Nyt selvisi, että meluilla ei ole mitään tekemistä Wärtsilän kanssa. Matalataajuiset melut ovat luokkaa 65dB.



Kuva 3: Ympäristömelut tehtaan ulkopuolella lähimmässä asuinympäristössä.

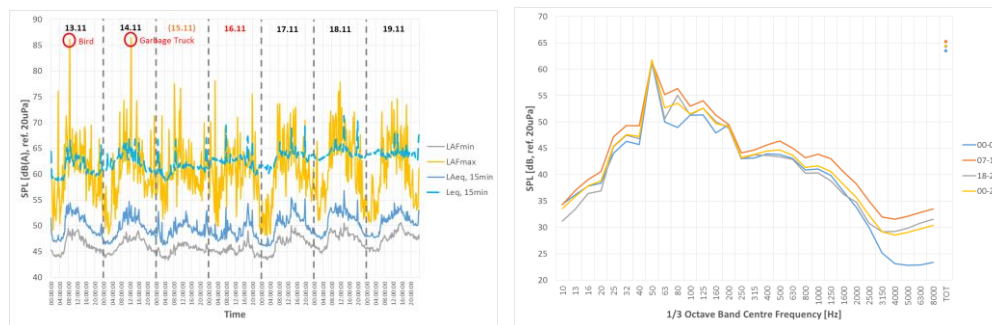
Seuraava mittaus suoritettiin reilun puolen kilometrin päässä tehtaasta, yhdessä Vaasan vilkkaimmassa risteyksessä. Eli oli selvää, että tehdasmelu ei tänne asti kuulu. Mielenkiintoisin tulos, kuva 4, lienee L(Amin), joka kertoo hyvin sen, että päiväsaikaan melutaso ei laske alle 50 dB eikä yöaikaankaan alle 40 dB. Päivittäisistä tuloksista nähdään hyvin käyrien samanmuotoisuus. L(Aeq) vaihtelee vuorokauden aikana 10 dB verran, minimillään yöaikaan 50 dB. Yksittäiset piikit yltyvät jopa 100 dB:in johtuen hälytysajoneuvoista. Herää kysymys, että miten tällaisia vaihteluja voidaan kuvailla YHDELLÄ arvolla. Kuvassa 4 on esitetty yhden tunnin aamu- ja yömelu sekunnin aikajanelalla. Aamulla on hyvin tasainen 65 dB:n yleismelu. Yöaikaan taso laskee 45 dB:in ja ohikiitävä auto nostaa melutason hetkellisesti 60 dB:in. Periaatteessa yksinkertaisella ohjelmalla pystyttäisiin laskemaan jopa ohiajaviin autojen määrä.



Kuva 4: Yhden viikon mitattu ympäristömelu Vaasan keskustassa, 15 min L(eqA) keskiarvona sekä yhden tunnin päivän ja yön meluvertailu, 1 sek.

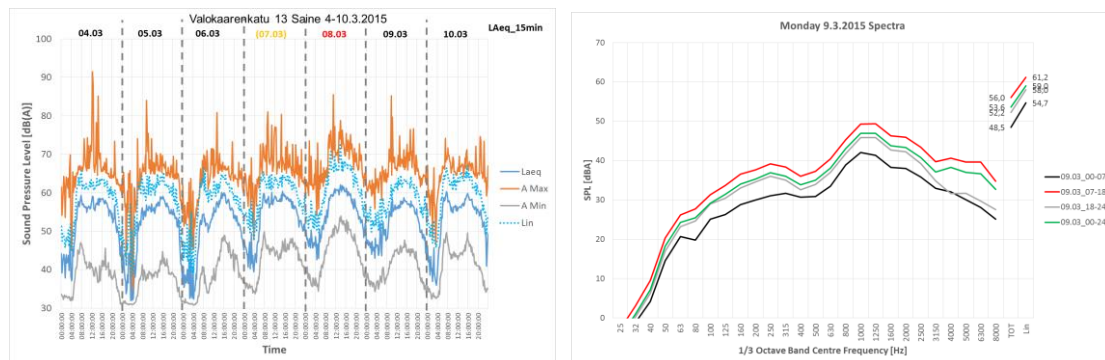
Kolmas esimerkki on eräästä lähiöstä, kaukana keskustasta, kuva 5. Tarkoituksena oli selvittää ympäristössä olevien tehdaslaitosten meluvaikutukset tällä asuinalueella. Taas sama ilmiö kuin kaupungissakin, katolla oleva tuuletin ilmeisesti yksi merkittävä melulähde, jonka seurauksena edes hetkellisesti ei päästä alle 44 dB. Pääheräte on tällä kertaa 50 Hz. Tuloksista nähdään hyvin, että L(Amin) ja LAeqA ovat hyvin lähellä toisiaan. Matalat taajuuudet alta 65 dB. Tämä mittaus viimeistään opetti

meille, että katolle mittalaitteita ei kovin helposti kannata asentaa, tai ympäristö pitää tarkistaa kunnolla.



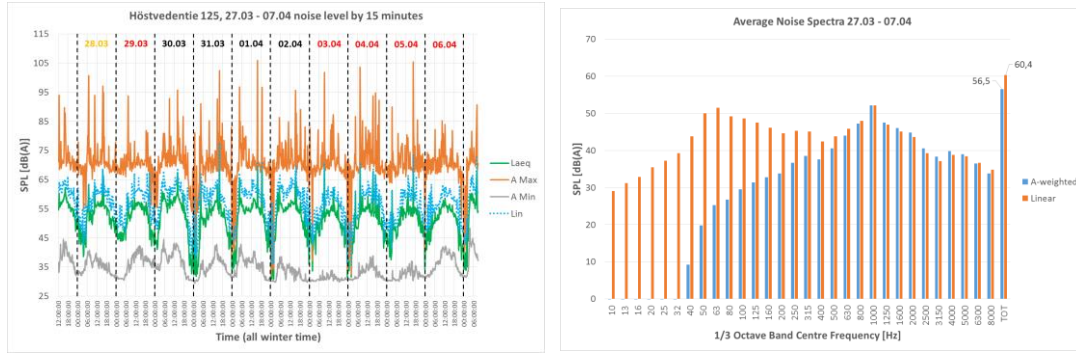
Kuva 5: Meluspektrit Vaskiluodosta.

Neljäs esimerkki on omasta pihastani, joka sijaitsee kohtalaisen vilkkaan tien varressa, mittapiste 30 metrin päästä tiestä, kuva 6. Tulokset toistuvat päivittäin, päiväsaikaan melutasot ovat 55-60 dB luokkaa ja yöllä alle 40 dB. Päiväsaikainen melutaso on siis samaa luokkaa kuin Wärtsilän tehdasalueella. Jo tässä vaiheessa herää kysymys, että mihin ympäristömelun ohjearvot oikein perustuvat? Onko oikein, että teollisuuden melupäästöjä tiukennetaan ja tiukennetaan, kun päämelulähteet ovat aivan jossakin muualla.

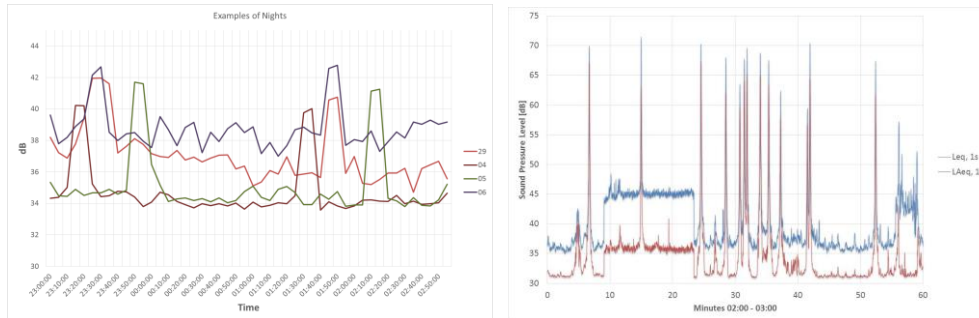


Kuva 6: Melutasot Valokaarenkadulta.

Eräs Wärtsiläläinen on hyvin herkkä matalille taajuuksille. Tämän johdosta on hänen osastollaan tehty erikoisratkaisuja. Jo parin vuoden aikana hän on valitellut pihapiirinsä matalataajuisesta melusta, joka aiheuttaa hänelle jonottavaa päänsärkyä ja unettomuutta. Keväällä 2015 asennettiin mittalaite hänen pihaansa. Kuvassa 7 on esitetty 10 päivän melutulokset, joka koostuu pääsääntöisesti liikennemelua. Suurimmat melupiikit tulevat koiran haukunnasta 1 kHz taajuudella. Keskimääräinen melutaso on 55 dB luokkaa ja lineaarikaistalla alle 65 dB. Tarkemmat matalataajuiset meluanalyysit yöaikaan paljastivat, että lähes jokaisena yönä useamman kerran jossakin käynnistyy 91 Hz:llä oleva laite noin 15 minuutin ajaksi, kuvat 8. Tasot ovat matalia, mutta näköjään näinkin matalat tasot tekevät hänen yöstään usein painajaisen. Todennäköisesti laitteen pyörimisnopeus on 1500 rpm, ja laitteessa olisi näin kolme siipä.

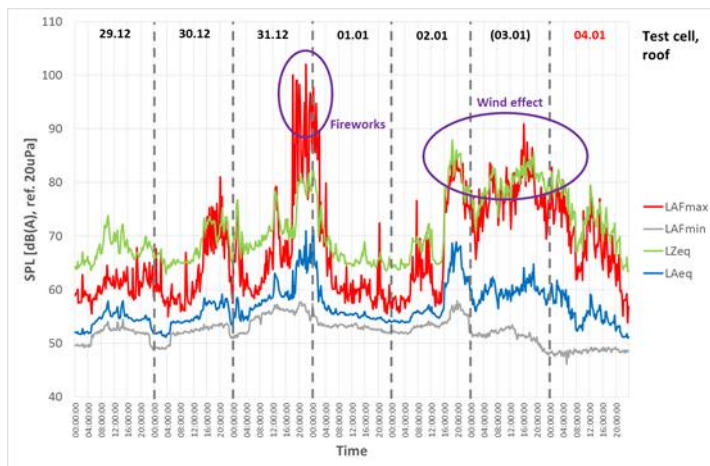


Kuvat 7: Ympäristömelut 10 päivän ajalta sekä sen taajuusspektri.



Kuvat 8. Matalataajuiset melut. Yöaikaan toistuu säännöllisesti 15 minuutin ajan 91 Hz:llä oleva melupiikki. Taso on kuitenkin matala.

Viimeinen ja ehkä puhuttelevin esimerkki on Wärtsilän katolta suoritettu mittaus viikolla 1 eli uuden vuoden aikana, kuva 9.



uudenvuodenyönä melutaso nousee jopa 10 dB:llä ylittäen 70 dB:ä lähes kymmenen tunnin ajaksi. Heti uuden vuoden jälkeen Vaasassa oli hyvin tuulista ja se näkyy selvästi mittauksista. Tämän pystyy helposti analysoimaan A- ja lineaaripainotuksen erona.

Kuva 9: Uudenvuoden melut vaikuttavat suuresti jopa Wärtsilän mittalaitteisiin

5 JOHTOPÄÄTELMÄ

Nämä esimerkit osoittavat hyvin, että uusi mittaustekniikka luo uudet ja paremmat mahdollisuudet ymmärtää ympäristömeluja. Herää kysymys, mihin raja-arvot todella perustuvat? Entä A-painotus? Valvotaanko melujen suhteen oikeita kohteita? Miksi ihmiset eivät valita esim. tuulisia olosuhteita, joissa raja-arvot rikkoutuvat usein. Näiden mittausten perusteella on selvää, että yksittäinen luku on huono vaihtoehto. Pitäisikö tulokset ilmoittaa päivä/ilta/yö –arvoina? Sekä mittaukset että analysointi pitää ehdottomasti tehdä vähintään terssikaistoin. Tuulivoimaloiden osalta usein ihmiset valittavat, kun näkevät myllyjen pyörivän, olkoon melutaso mikä tahansa. Oman auton melu hyväksytään, yli 60 dB, mutta ei naapurin. Lintujen viserrys miellyttää lähes kaikkia, vaikka tasot olisivat mitkä tahansa. Esimerkkejä löytyy vaikka kuinka paljon.

Uusia ja tehokkaampia koneita on tullut markkinoille, minkä seurauksena mm. matalataajuisesta melusta on tullut ongelma, varsinkin kun se käsitellään A-painotuksena. Kokonaistasojen sijaan raja-arvot pitäisi määritellä terssitaajuuskaistoittain. On aivan selvää, että meluissa pitäisi aina puhua ympäristön tulevista muutoksista eli taustamelusta. Lähes kaikki näkemäni tuulivoimalan melulaskelmat painottavat tuulimyllyjen aiheuttamaa melua, kun ehdottomasti pitäisi verrata, muuttuvatko ympäristömelut ja jos niin millä taajuuksilla. Vasta tällöin puhutaan oikeilla asioilla. Lähes jokainen mittaus on opettanut sen, että vanhentuneihin käytäntöihin ei kannata enää luottaa. Uusilla mittausrakenteilla voitaisiin helposti päivittää vanhan datat. Toinen seikka, joka pitäisi olla automaattinen, kaikki ympäristömelulaskelmat pitäisi aina verifioida mittauksin.

VIITTEET

Melupäivät 2015, Jyväskylä 25-26.3: Kari Saine: Hiljainen moottoritehdas meluavassa kaupunkiympäristössä.

Internoise 2014: Melbourne 16-19.11.2014: Kari Saine, Antti Leskinen, Roy Hjort, Zengxin Gao: Aures – The Advanced Environment Noise Monitoring System – Leq(A) or new measurement technology?

BNAM 2014 : Tallin 2-4.6.2014: Antti Leskinen, Roy Hjort, Kari Saine, Zengxin Gao: Aures – The Advanced Environment Noise Monitoring System

Winterwind 2014, Sundsvall 11-12.2: Year round monitoring of low frequency noise in harsh climate: Antti Leskinen, Rou Hjort, Kari Saine, Zengxin Gao