Työterveyslaitos | Arbetshälsoinstitutet
Finnish Institute of Occupational Health

TIETOA TYÖSTÄ

Työn äänet

TYÖNTEKIJÖIDEN TYÖHYVINVOINTI, TYÖN SUJUVUUS JA OPPIMINEN TEOLLISISSA ÄÄNIMAISEMISSA



Työsuojelurahasto
Arbetarskyddsfonden
The Finnish Work Environment Fund

A-INSINÖÖRIT

Anu Järvensivu
Hertta Louho
Annu Haapakangas
Hanna Keränen
Esa Nousiainen
Rauno Pääkkönen
Riku Tanila
Sakari Tervo

Työterveyslaitos

PL 40

00032 TYÖTERVEYSLAITOS

ttl.fi

Piirrokset: A-Insinöörit Suunnittelu Oy ja Työterveyslaitos. Osa visualisoinneista toteutettu ja muokattu tekoälyllä.

© 2026 Työterveyslaitos ja kirjoittajat

Hanke on toteutettu Työsuojelurahaston tuella.

Tämän teoksen osittainenkin kopiointi on tekijänoikeuslain (404/61, siihen myöhemmin tehtyine muutoksineen) mukaisesti kielletty ilman asianmukaista lupaa.

ISBN 978-952-391-272-4 (PDF)

Tiivistelmä

Teollisuuden ääniä on perinteisesti tarkasteltu kuulovaurioriskin ja fysikaalis-akustisten suureiden näkökulmasta, sen sijaan melun häiritsevyyttä teollisissa työympäristöissä on tutkittu niukasti. Äänimaisemaviitekehystä ei tietääksemme ole aiemmin Suomessa sovellettu teollisten työpaikkojen tutkimukseen, eli teollisia ääniympäristöjä ei ole tutkittu tärkeiden äänten tai ylipäänsä äänten merkitysten näkökulmista.

Tähän tutkimusaukkoon vastattiin Työterveyslaitoksen ja A-Insinöörien yhteisessä hankkeessa, jossa tarkasteltiin teollisia äänimaisemia uutena monitieteisenä tutkimuskohteena. Tutkimuksen tavoitteena oli (1) kuvata teollisia äänimaisemia yhdistämällä akustis-fysikaalinen tarkastelu, työntekijöiden kokemukset ja äänille annetut merkitykset, (2) analysoida äänimaisemien yhteyksiä työn sujuvuuteen, työhyvinvointiin ja työssä oppimiseen sekä (3) kehittää näitä tukevia äänimaisemaratkaisuja.

Tutkimus toteutettiin kehittämisorientoituneena monimenetelmäisenä monitapaustutkimuksena viidessä teollisuusyrityksessä. Aineisto koostui fysikaalis-akustisista mittauksista, haastatteluista, äänimaisemakävelyistä, havainnoista sekä yhteiskehittämiseen perustuvista työpajoista, ja analyysi perustui määrällisen ja laadullisen aineiston integrointiin.

Tulokset osoittavat, että teolliset äänimaisemat ovat kompleksisia sosioteknisiä systeemejä, joissa äänten merkitykset rakentuvat kontekstisidonnaisesti ja tekniset äänet ovat hallitsevia verrattuna ihmisääniin. Äänet näyttäytyvät samanaikaisesti sekä kuormittavina että työn kannalta välttämättöminä ja merkityksellisinä. Esimerkiksi koneäänet voivat toisen työntekijän koneelta kuultuna olla pelkästään kuormittavia ja häiritseviä. Oman koneen äänet taas ovat monesti työn sujumisen kannalta välttämättömiä. Oman koneen ja omien työvälineiden äänten merkityksiä on keskeistä kyetä lukemaan, jotta työ sujuu ja ongelmiin voidaan puuttua. Teolliset äänet voivat heikentää keskittymistä ja vuorovaikutusta, mutta myös tukea työn sujuvuutta, työssä jaksamista, ammattitaidon kehittymistä ja työssä oppimista. Pelkkä melutasojen tarkastelu ei tutkimuksen perusteella riitä teollisten äänimaisemien ymmärtämisen ja kehittämisen pohjaksi, vaan sitä tulee täydentää työntekijöiden kokemuksilla sekä niiden pohjalta rakentuvalla yhteisellä ymmärryksellä.

Johtopäätöksenä esitetään, että teollisten äänimaisemien kehittäminen edellyttää perinteisen meluntorjunnan ohella monipuolisempaa tietoa sekä työntekijöiden osallistumista ja heidän äänimaisema-toimijuutensa vahvistamista. Tutkimuksessa kehitettyä lähestymistapaa ja menetelmiä voidaan hyödyntää työpaikkojen ja työterveyshuollon käyttöön soveltuvien äänimaisemaselvitysten ja toimintasuunnitelmien pohjana.

Alkusanat ja kiitokset

Tässä raportoidun Työsuojelurahaston ja osallistujayritysten rahoittaman tutkimuksen ovat toteuttaneet yhteistyössä A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n ja Työterveyslaitoksen tutkijat. Monitieteisen hankkeen tutkijoiden taustat ovat aikuiskasvatustieteessä, fysiikassa, insinööritieteissä, lääketieteessä, psykologiassa ja sosiologiassa. Tutkimus ja kehittäminen näin erilaisista taustoista tulevien ihmisten kesken on ollut äärimmäisen opettavaista, mutta myös hauskaa. On ollut silmiä avaavaa huomata, miten erilaista tietoa, käsityksiä, johtopäätöksiä ja suosituksia eri tieteenalojen lähtökohdista voidaan saada aikaiseksi teollisista äänimaisemista. Erityisen upeita ovat olleet ne hetket, kun olemme yhdessä pohtineet selityksiä havainnoillemme. Noina hetkinä on konkretisoinut, miksi on tarpeen yhdistää eri tieteenalojen erilaisilla menetelmillä tuottamaa tietoa.

Hanke on jatkoa aiemmalle Työsuojelurahaston ja yritysten rahoittamalle kovan melun teollisiin ääniympäristöihin ja niiden kehittämiseen keskittyneelle hankkeelle (Nousiainen ym., 2023), jota toteuttivat osin samat tekijät. Kyseisen hankkeen aikana löysimme äänimaisematutkimuksen ja havaitsimme sen potentiaalin teollisten työpaikkojen tutkimuksessa. Tässä hankkeessa pääsimme alusta asti hyödyntämään tätä uutta tapaa lähestyä ääniä teollisessa työssä.

Raportin kohderyhmää ovat teollisesta työstä tai laajemmin työn äänistä kiinnostuneet tutkijat ja kehittäjät, äänten ja melun asiantuntijat sekä työsuojelun ja työterveyshuollon toimijat.

Hankkeen ohjausryhmään kuuluivat Mari Koskinen (Teollisuusliitto), Päivi Sarmala (Työturvallisuuskeskus), Sauli Holappa (Teknologiateollisuus), Salla Toppinen-Tanner (Työterveyslaitos), Heikki Uimonen (Itä-Suomen yliopisto), Mikael Saarinen (Työsuojelurahasto) sekä tutkimukseen osallistuneiden yritysten edustajat, joiden nimiä ei tutkimuseettisistä syistä tässä mainita. Ohjausryhmätyöskentelyyn osallistuivat lisäksi osaprojektien päälliköt Anu Järvensivu (Työterveyslaitos) ja Esa Nousiainen (A-Insinöörit Suunnittelu Oy) ja projektiryhmän jäseniä tilanteen mukaan.

Kiitämme tutkimushankkeen ohjausryhmää hyvistä keskusteluista sekä Työsuojelurahastoa, osallistujayrityksiä, A-Insinöörit Suunnittelu Oy:tä ja Työterveyslaitosta tutkimuksen rahoittamisesta. Erityiskiitos tutkimuksessa alkupuoliskolla mukana olleelle Pirjo Juvonen-Postille!

22.10.2026

Tekijät

Sisällys

Työn äänet 1

Tiivistelmä 3

Alkusanat ja kiitokset 4

Sisällys 5

1 Johdanto 6

2 Teollisuusmelun mittaamisesta teollisten äänimaisemien ymmärtämiseen 8
2.1 Meluun liittyvät terveys- ja hyvinvointivaikutukset 8
2.2 Meluun liittyvät säännökset 10
2.3 Teolliset äänimaisemat tutkimuskohteena 11
2.4 Ääniin liittyvät keskeiset käsitteet 13

3 Tutkimustavoitteet ja tutkimuskysymykset 14

4 Tutkimuksen toteutus 16
4.1 Tutkimusasetelma ja kohteet 16
4.2 Aineistonkeruumenetelmät 19
4.3 Aineiston analyysi 24

5 Tulokset 26
5.1 Teolliset äänimaisemat työn sujuvuuden, työhyvinvoinnin ja oppimisen näkökulmista 27
5.2 Työhyvinvointia, työn sujuvuutta ja työssä oppimista tukevien äänimaisemaratkaisujen kehittäminen teollisuuden työpaikoilla 45

6 Pohdinta 53

7 Tutkimuksen rajoitukset ja jatkotutkimusaiheet 61

Liitteet 63

Lähteet 73

Johdanto

Teollisuudessa ja teollisessa työssä on vuosikymmenten kuluessa tapahtunut paljon muutoksia. Yleisesti ottaen työn vaarat ja riskit ovat vähentyneet huomattavasti. Tämä työturvallisuuden muutoskulku liittyy myös teollisuuden ääniin ja teollisiin ääniympäristöihin. On yhä vähemmän sellaisia teollisia työpaikkoja, joilla äänet vaarantavat kuulon. Toisaalta äänet ja äänekkyys ovat edelleen teollisuustyön tunnusmerkkejä. Äänet ovat säilyneet keskeisenä teollisuustyön piirteenä siitäkin huolimatta, että teollisuustyössä on tapahtunut paljon asiantuntijatapaistumista. Yhä useampi teollisuustyöntekijä käyttää työssään digitaalisia laitteita ja sovelluksia. Näyttöpäätteet ovat tavanomaisia tehdashalleissa ja moni työ edellyttää tekijältään tarkkuutta ja keskittymistä.

Teollisen työn ja työn äänten muutosten myötä myös ääniin liittyvät kysymykset ovat muutoksessa. Vaikka kuulolle vaarallisesta melustakin on hyvä edelleen puhua, yhä enemmän tarvitaan keskusteluja siitä, millainen on työn sujuvuutta, työhyvinvointia ja työssä oppimista tukeva äänimaisema ja miten sellainen rakennetaan. Toimisto- ja asiantuntijatyön yhteydessä on aivan tavanomaista keskustella häiritsevistä äänistä, mutta teollisen työn yhteydessä tällaisia keskusteluja ei vastaavalla tavalla ole tapana käydä. Aihetta ei myöskään käsityksemme mukaan ole juuri tutkittu (ks. Zhang ym., 2026). Vielä harvemmassa ovat tutkimukset, joissa lähtökohtana on sen ymmärtäminen, että äänet ovat myös työlle välttämättömiä ja tärkeitä ja teollisia äänimaisemia voidaan tarkoituksellisesti rakentaa sujuvaa työtä ja työhyvinvointia tukeviksi. Äänet ja niiden ymmärtäminen ovat niin ikään keskeisiä ammattitaidon rakentumiselle ja työssä oppimiselle, mutta työn äänten näkökulmaa ei juuri näe työelämän tai työssä oppimisen tutkimuksissa.

Edellä mainitut seikat motivoivat meitä teollisen työn ääniin keskittyvän tutkimuksen toteuttamiseen ja äänimaisemalähestymistavan soveltamiseen teollisen työn tutkimiseen. Monitieteinen äänimaisemaviitekehys (Schafer, 1977; Davies ym., 2007; Davies ym., 2013) mahdollistaa tutkimuksellisen lähestymistavan, jossa teollisen työn äänet eivät ole vain jotain ikävää, jota tulee vähentää ja poistaa tai jolta pitää suojautua kuulonsuojaimin. Sen sijaan työn ääniä ja äänten merkityksiä pyritään ymmärtämään monipuolisemmin ja syvällisemmin.

Metodisessa mielessä ajattelemme, että fysikaalisten suureiden mittaamisen ohella kokonaiskuvan hahmottamiseksi äänimaisemasta tarvitaan laadullista tutkimustietoa. Mittaukset ja raja-arvot ovat tarjonneet tärkeän ja vakiintuneen perustan teollisuuden ääniympäristöjen arvioinnille, mutta teollisen työn muututtua ne tarjoavat yhä heikomman selkänojan tarvittaville työsuojelutoimille. Jotta voidaan rakentaa hyviä teollisia äänimaisemia, on kuultava kaikkien osallisten äänet aiempaa tarkemmin. On havainnoitava, keskusteltava ja haastateltava sekä järjestettävä työpaikoilla yhteisiä työpajoja ja tilaisuuksia, joissa voidaan rakentaa yhteistä ymmärrystä äänten merkityksistä sekä etsiä ratkaisuja ja kehittää työntekoa tukevia äänimaisemia, mukaan lukien kuulonsuojainvalinnat. Tämänkaltaista on epäilemättä ainakin osalla teollisista työpaikoista tehty, mutta konkreettisia tutkimusperustaisia välineitä, ohjeita tai vakiintuneita käytäntöjä erilaisten tiedonlajien yhdistämiseksi löytyy vähäisesti.

Äänimaisemalähestymistapa korostaa ääniympäristöjen koherenssia, miellyttävyyttä ja toiminnallista sopivuutta. Tutkimuskirjallisuudessa on toistuvasti osoitettu, että myönteisesti arvioidut äänimaisemat tukevat palautumista, stressistä toipumista ja kognitiivista suoriutumista (Medve-

dev ym., 2015; Aletta ym., 2018; Moshona ym., 2024). Vastaavasti epämiellyttävät äänimaisemat voivat aiheuttaa ärtymystä, häiriötä ja kuormitusta, vaikka äänenpainetasot jäisivät selvästi alle lainsäädännöllisten raja-arvojen (Radun ym., 2022; Rachman ym., 2024). Näin ollen äänten vaikutuksia työn sujuvuudelle ja työhyvinvoinnille ei voida ymmärtää pelkästään mittaamalla melutasoja, vaan on huomioitava myös se, miten ja miksi tietyt äänet koetaan häiritsevinä tai työntekoa tukevina.

Ihmisen kokemuksiin ja merkityksenantoihin ei pystytä tarttumaan pelkästään teollisilla työpaikoilla tavanomaisesti mitattavilla akustisilla suureilla, kuten esimerkiksi äänitaso (dB), taajuus (Hz), äänekkyys, kaiunta tai puheensiirtoindeksi (STI). Äänimaisemanäkökulma laajentaa ja syventää ymmärrystämme akustisesta työympäristöstä huomioimalla äänten kokemisen, merkitykset ja ihmisen toiminnan. Äänimaiseman arvioinnissa on yhdistettävä akustisia suureita muuhun tietoon ja tieteenaloihin, kuten aistien välittämään ymmärrykseen, psykologiaan, kulttuurintutkimukseen, sosiaalitieteisiin ja estetiikkaan. Näin ymmärrettynä teollisen äänimaiseman tutkiminen voi tuntua haastavalta ja edellyttää uusia tiedonhankinnan tapoja, mutta samalla lähestymistapa voi auttaa rakentamaan aiempaa paremmin työn sujuvuutta, työhyvinvointia ja oppimista tukevia teollisia äänimaisemia.

Tietääksemme tutkimuksemme on ensimmäinen äänimaisemalähestymistapaa teolliseen työhön soveltava suomalainen tutkimus, eikä aiheesta juuri löydy aiempaa tutkimusta kansainvälisestikään (kuitenkin Zhang ym., 2026). Ylipäänsä työpaikkojen äänimaisemista on vähäisesti tutkimusta (Uimonen, 1999; Kilpiö & Kytö, 2021). Melua sen sijaan on tutkittu runsaasti teollisissa töissä (esim. Lie ym., 2016), mutta lähinnä vain kuulovaurioriskin kannalta, kun taas melun häiritsevyyden pohtiminen on jäänyt vähälle. Varsin harvoin teollisissa työympäristöissä puhutaan tärkeistä tai miellyttävistä äänistä, vaikka esimerkiksi hyvin toimivien koneiden äänet saattavat toimia myönteisenä palautteena työssä onnistumisesta ja viestiä työn sujuvuudesta. Vahvasti yleistynyt kuulokekuuntelu taas mahdollistaa aivan erityisten yksilöllisten äänimaisemien rakentamisen, jonka merkityksiä teollisen työn sujuvuudelle, työhyvinvoinnille ja osaamisen kehittymiselle ymmärretään vasta hyvin heikosti (Järvensivu ym., 2023). Kuulokekuunteluun liittyviä keskusteluja käydään lähinnä äänten vaarallisuuteen, häiritsevyyteen, rajoittamiseen ja poissulkemiseen keskittyvän perinteisen työsuojelun ja melunhallinnan paradigman puitteissa. Äänimaisematutkimus avaa mahdollisuuden laajentaa ymmärrystä myös kuulokekuuntelun osalta sekä auttaa ymmärtämään kuulonsuojauksen ja kuulokekuuntelun välistä rajapintaa.

Tässä monitieteisessä ja monimenetelmäisessä tutkimuksessa tarkastelemme teollisia ääniympäristöjä uuden äänimaisemaparadigman kautta painottaen työntekijöiden kokemuksia, tulkintoja, merkityksenantoja ja toimijuutta, mutta huomioiden myös akustiset suureet. Keskeistä on, että äänimaisemakehikko asettaa työtään tekevän ihmisen aktiiviseksi toimijaksi, joka ei ainoastaan altistu äänille, vaan myös suhteutuu niihin, sopeutuu ja tekee niistä merkityksellisiä osana jokapäiväistä työtään (Schulte-Fortkamp & Fiebig 2023; ISO, 2014). Näin ollen teolliset työntekijät eivät ole vain melun passiivisia vastaanottajia, vaan he navigoivat ääniympäristöissään ja tulkitsevat ja rakentavat äänimaisemia. Tämä ymmärrys avaa mahdollisuuksia siihen, että esimerkiksi häiriökokemuksia ja melun aiheuttamaa kuormitusta voidaan korjata organisoimalla työtä uudelleen. On toki tärkeää tarvittaessa hyödyntää kuulonsuojainten tarjoamat mahdollisuudet ja varmistaa riittävä palautuminen, mutta äänimaisemien kehittämiseksi on tehtävissä myös paljon muuta. Tämän tutkimuksemme tavoitteena on kuvata teollisia äänimaisemia, analysoida niitä

työn sujuvuuden, työhyvinvoinnin ja työssä oppimisen näkökulmista sekä löytää erilaisia tapoja kehittää teollisia äänimaisemia.

1 Teollisuusmelun mittaamisesta teollisten äänimaisemien ymmärtämiseen

Teollisuuden äänillä on monenlaisia merkityksiä osana työn sujuvuutta, työhyvinvointia ja työssä oppimista. Kuitenkin kun puhutaan äänistä teollisuustyön yhteydessä, puhutaan usein melusta. Melulle on monia määritelmiä, mutta yleensä melu mielletään kielteisiksi ääniksi. Äänen kokemista meluksi voidaan tarkastella psykologisena, kontekstissa syntyvänä ilmiönä: ääni koetaan meluksi, kun se on häiritsevää, haittaa toimintaa tai aiheuttaa huolta (Kryter, 1970). Äänien ja melun kokeminen on suurelta osin yksilöllistä, ja kokemukseen vaikuttavat myös yksilön pysyvät ominaisuudet (esim. meluherkkyys, tietyt persoonallisuuden piirteet, kuulonalenema) sekä vaihtelevat ominaisuudet, kuten terveydentila. Meluherkkyys vaihtelee suuresti ihmisten välillä ja vaikuttaa esimerkiksi yksilölliseen työrauhan tarpeeseen ja keskittymiskykyyn. (Fields 1993.)

Tutkimusryhmämme on määritellyt teollisuusmelun aiemmin myös äänimaisemanäkökulmasta korostaen äänten tilannesidonnaisuuden huomiointia ja äänille annettuja yksilöllisiä ja yhteisöllisiä merkityksiä. Eri näkökulmia integroivan määritelmän mukaan melu voidaan ajatella ainakin ääneksi tai laajemmaksi äänimaisemaksi, joka on kuulijan kontrollin ulkopuolella, terveydelle vaarallista, häiritsevää tai informaatioarvoltaan tai merkitykseltään kielteistä tai yhdentekevää. (Järvensivu ym., 2023.)

Äänimaisemanäkökulma avaa uusia mahdollisuuksia ymmärtää teollisten äänimaisemien merkitystä laajemmin kuin pelkän meluntorjunnan ja kuulovaurioiden ehkäisyn kehyksessä. Vaikka tutkimme teollisia äänimaisemia laajalla äänimaisemaviitekehyksellä, teollisuudessa tyypillistä melua ei voida ohittaa. Päinvastoin tehdasmelu on olennainen osa teollisia äänimaisemia. Ennen tarkempaa perehtymistä äänimaisematutkimukseen, käsittelemmekin lyhyesti meluun liittyviä työhyvinvointivaikutuksia sekä työympäristömeluun liittyvää lainsäädännöllistä taustaa.

1.1 Meluun liittyvät terveys- ja hyvinvointivaikutukset

Teollisessa työssä ääniympäristöjä on perinteisesti tarkasteltu meluna ja ennen kaikkea terveysriskinä. Tutkimus ja käytännöt ovat painottuneet korkeisiin melutasoihin, niille altistumiseen ja niistä aiheutuvaan kuulovaurioiden riskiin sekä melun tekniseen hallintaan (esim. Lie ym., 2016; Themann ym., 2023; Salari ym., 2024). Tämä on näkynyt sekä sääntelyssä että työterveys- ja työturvallisuuskäytännöissä, joissa ääntä on tarkasteltu ensisijaisesti fysikaalisena suureena, mitattavissa olevina äänenpainetasoina ja ohjearvoina. Altistuminen kovalle melulle on tutkimuksissa liitetty myös muihin terveysriskeihin, kuten kohonneeseen verenpaineeseen ja sydän- ja verisuonisairauksiin (Basner ym., 2014). Teollisuudessa on kuitenkin myös paljon alueita, joilla melutasot voivat olla selkeästi alle kuulovaurion riskirajojen, esimerkiksi noin 50–75 dB luokkaa. Tällaiset matalammat melutasotkin voivat olla häiritseviä ja aiheuttaa sitä kautta vaikutuksia terveydelle ja hyvinvoinnille (ks. esim. Kjellberg 1990).

Toisin kuin kuulolle vaaralliselle melulle, häiritsevyydelle ei voida antaa yhtä ohjearvoa tai käsitellä sitä pelkästään äänen fysikaalisten ominaisuuksien kautta, sillä se on hyvin vahvasti kontekstisidonnainen ja subjektiivinen ilmiö. Ääni voidaan kokea häiritseväksi esimerkiksi, jos se vaihtelee ennustamattomasti tai hallitsemattomasti, se on terävää tai matalaa, sisältää erottuvia sävyjä tai piikkejä, äänilähteitä on useita (Fredianelli ym., 2022; Hossain ym., 2025; Vrhovnik & Prislan, 2025) tai ääniympäristö on monimutkainen (Mitchell ym., 2022), mutta myös tilanteissa, joissa suoritetaan esimerkiksi vaativaa tehtävää (Jafari ym., 2019). Rutinoituneissa tehtävissä melu häiritsee usein vähemmän. Häiritsevyys on moniulotteinen ilmiö, joka ei rajoitu pelkkään hetkelliseen ärtymykseen, vaan sisältää erilaisia emotionaalisia, kognitiivisia ja käyttäytymiseen liittyviä ulottuvuuksia

Melun vaikutukset ihmiseen voidaan jakaa suoriin kuuloon ja hermoston välittömiin reaktioihin liittyviin vaikutuksiin sekä epäsuoriin kokemuksen, äänille annettujen merkitysten ja toiminnan häiriintymisen kautta välittyviin vaikutuksiin (Babisch, 2002). Molemmat reitit voivat vaikuttaa terveyteen, koska melun aiheuttamat psykofysiologiset reaktiot, kuten verenpaineen nousu sekä esimerkiksi unen häiriintyminen, vaikuttavat myös elimistöön. Vaikka teollisuusmelun tutkimuksessa on perinteisesti keskitytty suoriin vaikutuksiin erityisesti kuulolle (Domingo-Pueyo ym., 2016), myös epäsuorat vaikutukset ovat keskeisiä sekä työntekijän hyvinvoinnille että työn tekemiselle. Ääniympäristö voi esimerkiksi häiritä keskittymistä (Szalma & Hancock, 2011) ja vuorovaikutusta (Brammer & Laroche 2021; Miles ym., 2023) sekä herättää psykofysiologisia stressireaktiota (Radun ym., 2022).

Kielteiset vaikutukset välittyvät mm. ärsyyntymisen, kuormittumisen, koetun hallinnan heikkenemisen tai äänen merkityksen kautta (Babisch, 2002). Työpaikalla melu voi vaikuttaa käyttäytymiseen monin tavoin: Kommunikaatio voi vaikeutua ja vähentyä ja väärinymmärrykset voivat lisääntyä. Keskustelun vaikeutuminen ja ääniympäristön epämiellyttävyys voivat vaikuttaa myös sosiaaliseen käyttäytymiseen esim. auttamiskäyttäytymisen vähenemisenä, vetäytymisenä tai aggressiivisina reaktioina (Jones ym., 1981). Työtehtäviin keskittyminen voi vaikeutua ja melu voi aiheuttaa virheitä ja työn hidastumista. Melu voi vaikuttaa turvallisuuskäyttäytymiseen kuten varoitusäänien havaitsemisen heikkenemiseen (Toppila ym., 2007). Meluun liittyy usein myös sopeutumiskäyttäytymistä, jolla ihminen pyrkii aktiivisesti muuttamaan ääniympäristöä tai löytämään keinoja vähentää melun haittavaikutuksia (Appel-Meulenbroek ym., 2021, Kaarlela-Tuomaala ym., 2009).

Työympäristön melu vaikuttaa myös kognitiiviseen suoriutumiseen, ennen kaikkea kuormittamalla rajallisia tiedonkäsittelyresursseja. Melu heikentää keskittymistä työtehtäviin, häiritsee työmuistissa pidettävän tiedon ylläpitoa ja lisää toiminnanohjauksen tarvetta, koska työntekijän täytyy aktiivisesti ponnistella torjuakseen häiriöitä ja ylläpitääkseen keskittymistä (Grenzebach & Romanus, 2022). Szalma ja Hancockin (2011) meta-analyysin mukaan melun vaikutukset näkyvät selvemmin suorituksen tarkkuudessa kuin nopeudessa, mikä viittaa siihen, että melu häiritsee ennen kaikkea tehtävän huolellista ja kontrolloitua prosessointia. Melun kognitiiviset vaikutukset riippuvat lisäksi äänen ominaisuuksista (Szalma & Hancock, 2011; Haapakangas ym., 2011). Voimakkaat ja ennakoimattomat äänet kaappaavat tarkkaavaisuuden, jolloin työtehtävä keskeytyy ja siihen uudelleen palaaminen vaatii kognitiivisia ponnisteluja.

Puhemelun ja vastaavien vaihtelevien äänten kognitiivinen haitta liittyy puolestaan siihen, että äänen prosessointi kilpailee samoista kielellisistä ja työmuistin prosesseista, joita tarvitaan tietyissä kielellisissä tehtävissä (Hughes, 2014). Tällainen melu ei välttämättä keskeytä tehtävää, mutta suoritustaso laskee, koska ääniympäristön prosessointi vie osan tehtävässä tarvittavista kognitiivisista resursseista. Szalma ja Hancockin (2011) meta-analyysin mukaan melun suoritusvaikutuksia selittää parhaiten resurssi- ja adaptaatioperustainen malli: melun haitta riippuu melun ominaisuuksien, tehtävän vaativuuden ja yksilön sopeutumiskyvyn yhteisvaikutuksesta. Jatkuvaan meluun voidaan osittain sopeutua, mutta lyhytkestoinen, muuttuva tai merkityksellinen (kuten puhe) melu jättää vähemmän aikaa kehittää kompensoivia strategioita. Siksi melun kognitiiviset vaikutukset ovat voimakkaimpia vaativissa tarkkaavaisuutta, työmuistia ja kielellistä prosessointia edellyttävissä työtehtävissä. Tämänkaltaiset tehtävät ovat lisääntyneet myös tehdassaleissa.

Melun vaikutukset terveydelle ja hyvinvoinnille eivät määräydy yksinomaan melutason, altistusajan tai muiden fysikaalisten ominaisuuksien perusteella, vaan myös sen perusteella, miten melu koetaan. Erityisesti melun häiritsevyys on keskeinen osa vaikutusketjua: se voi toimia välittävänä mekanismina melualtistuksen sekä koetun kuormituksen, stressin ja terveyteen tai hyvinvointiin liittyvien haittojen välillä (Job 1996; Kodji ym., 2023; Peris & Fenech, 2020). Lisäksi häiritsevyys voi toimia säätelevänä mekanismina, joka vaikuttaa näiden yhteyksien voimakkuuteen eri ihmisillä ja eri tilanteissa (Kodji ym., 2023). Häiritsevyyden terveysmerkitystä voivat muovata esimerkiksi meluherkkyys, koettu hallittavuus sekä työ- ja ympäristökonteksti (Peris & Fenech, 2020). Toisaalta ääniympäristöä muokkaamalla voidaan myös vaikuttaa ihmisten kokemukseen: aiemmissa tutkimuksissa on osoitettu, että miellyttäviä ääniä, kuten musiikkia tai luonnon ääniä, voidaan käyttää ei-toivottujen äänien peittämiseen ja kokemuksen muokkaamiseen esimerkiksi avotoimistoissa ja kaupunkiympäristöissä (You ym., 2010; Nilsson ym., 2010; Haapakangas ym., 2011).

Yhteenvetona voidaan todeta, että teollisissa työympäristöissä melun ja äänten merkitystä terveydelle ja hyvinvoinnille ei voida arvioida pelkästään mitattujen melutasojen tai kuulovaurioriskin perusteella. Tämä näkökulma on linjassa WHO:n terveysmääritelmän kanssa, jonka mukaan terveys ei tarkoita ainoastaan sairauden tai toimintavajavuuden puuttumista, vaan fyysisen, psyykkisen ja sosiaalisen hyvinvoinnin kokonaisuutta (Berglund & Lindvall, 1995; World Health Organization, 2026). Siksi tehtaiden melua on perusteltua tarkastella myös työntekijöiden subjektiivisten melukokemusten, kuten häiritsevyyden, kuormittavuuden ja koettujen merkitysten, kautta.

1.2 Meluun liittyvät säännökset

Työympäristöön liittyvää melua säädellään Suomessa lailla ja asetuksilla. Työturvallisuuslaki (738/2002) edellyttää työnantajan huolehtivan siitä, että työympäristö ja työolosuhteet ovat sellaiset, ettei niistä aiheudu työntekijälle vaaraa tai haittaa terveydelle tai turvallisuudelle, ja tämä koskee myös työympäristön melua. Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuvilta vaaroilta (85/2006) taas antaa tarkemmat ohjeet melualtistuksen selvittämiselle, melulähteiden tunnistamiselle sekä tarvittaville toimenpiteille. Työturvallisuuslaki edellyttää työnantajaa myös huomioimaan työntekijöiden henkilökohtaiset ominaisuudet vaarojen ja haittojen suhteen. Keskeinen periaate työturvallisuuslaissa on haittojen torjunnan priorisoinnin periaate. Tämä tarkoittaa, että tekniset ja hallinnolliset melun torjunnan toimenpiteet pitää tehdä

ensisijaisesti ja vasta, jos näillä keinoilla melulle altistumista ei voida rajata riittävästi, tulee pohtia kuulonsuojainten avulla saatavaa melulle altistumisen vähentämistä.

Teollisuustyöpaikkojen ääniympäristöjen osalta fokus on yleensä kuuloa vaurioittavan melun torjunnassa. Valtioneuvoston asetus antaa tähän selkeät toiminta- ja raja-arvot. Toimenpiteet määräytyvät näiden arvojen mukaan siten, että kun päivittäinen melualtistus ylittää 80 dB (alempi toiminta-arvo), työnantajan on tiedotettava melun riskeistä, järjestettävä työntekijöille opastus ja ohjeistus sekä tarjottava kuulonsuojaimia. Kun melualtistus nousee vähintään 85 desibeliin (ylempi toiminta-arvo), kuulonsuojainten käyttö on käytännössä pakollista. Lisäksi työnantajan on ryhdyttävä teknisiin ja organisatorisiin toimenpiteisiin altistuksen vähentämiseksi (meluntorjuntaohjelma). Suojainten käyttö huomioiden melualtistus ei saa ylittää 87 dB:ä (raja-arvo), vaan altistus on välittömästi saatava raja-arvon alapuolelle ja selvitettävä syyt raja-arvon ylittymiselle.

Työturvallisuuslain näkökulmasta pelkkä työntekijöiden suojeleminen kuulovaurioilta ei ole riittävää. Laki käsittelee sekä työn vaaroja että haittoja: kuuloa vaurioittava melu voidaan katsoa vaaraksi, kun taas haitoilla tarkoitetaan yleensä lievempiä, varsinaista sairautta aiheuttamattomia mutta työntekijää kuormittavia tekijöitä. Näin ollen myös kuulovauriorajan alapuolella esiintyvä melu voi olla lain tarkoittama haitta, johon työnantajan tulee puuttua. Toisin sanoen melun ei voida katsoa olevan ongelma vasta silloin, kun se aiheuttaa kuulovaurion riskin, vaan jo tätä matalammilla tasoilla esiintyvä melu voi olla lain tarkoittama haitta. Tällainen melu voi heikentää keskittymistä, lisätä kuormitusta ja vaikeuttaa kommunikointia, mikä puolestaan voi heikentää työn sujuvuutta ja lisätä tapaturmariskiä.

Psykososiaalisten kuormitustekijöiden – jollaisia työpaikan äänetkin voivat olla – hallintaan työpaikoilla on kiinnitetty viime vuosina runsaasti huomiota. Vaikka melu tunnistetaan yhdeksi mahdolliseksi psykososiaaliseksi kuormitustekijäksi (Työsuojeluhallinto, n.d.), työpaikan ääniympäristön selvittämistä tästä näkökulmasta ei useinkaan sisällytetä riskinarvioihin teollisuustyöpaikoilla. Työn psykososiaaliseen kuormittavuuteen vaikuttavat myös voimavaratekijät, jotka huomioidaan nykyisin aiempaa paremmin arvioinneissa (Työturvallisuuskeskus, n.d.). Ääniympäristöä ei kuitenkaan yleensä tarkastella näissä yhteyksissä voimavaratekijänä yhtä systemaattisesti. Äänimaisemanäkökulma, jota sovellamme tässä tutkimuksessa, huomioi myös äänet resursseina tai voimavaroina.

1.3 Teolliset äänimaisemat tutkimuskohteena

Äänimaisematutkimus (soundscape research) merkitsee selkeää paradigman muutosta verrattuna perinteiseen teollisuusmelun tutkimukseen ja siihen perustuvaan meluntorjuntaan. Äänimaisemaparadigman ytimessä on ajatus äänistä kontekstuaalisina resursseina: ääniympäristö ei ole pelkästään haittojen ja riskien lähde, vaan sillä voi olla myös myönteisiä, toimintaa tukevia ja hyvinvointia edistäviä vaikutuksia (Davies ym., 2013; Kang, 2017; Kang, 2021; Moshona ym., 2024). Tämän seurauksena huomio siirtyy ei-toivotuista äänistä ja niiden rajoittamisesta toivottuihin ääniin ja kysymykseen siitä, millaisia äänimaisemiin liittyviä työntekoa edistäviä ratkaisuja voidaan tietoisesti luoda ja kehittää eri ympäristöihin.

Äänimaisema on määritelty kansainvälisessä ISO-standardissa (ISO, 2014) ”akustiseksi ympäristöksi sellaisena kuin ihminen tai ihmiset sen havaitsevat, kokevat ja/tai ymmärtävät kontekstissaan” (Kang, 2021). Määritelmä korostaa ihmisen subjektiivista kokemusta ja äänten merkityksellisyyttä suhteessa aikaan, paikkaan, toimintaan sekä sosiaalisiin ja kulttuurisiin olosuhteisiin (Kang, 2017). Äänimaisematutkimus on luonteeltaan vahvasti poikkitieteistä, ja se yhdistää muun muassa akustiikkaa, fysiikkaa, psykologiaa, yhteiskuntatieteitä, kasvatustieteitä ja lääketiedettä (Kang, 2021).

Aiempi äänimaisematutkimus on painottunut ulkoisiin ympäristöihin, kuten kaupunki- ja maaseutualueisiin. Työympäristöjä ylipäänsä on äänimaisemanäkökulmasta tutkittu vähäisesti (Kilpiö & Kytö, 2021) ja teolliset äänimaisemat ovat jääneet tutkimusten katveeseen (Kang, 2021; Bruce, 2023; Zhang ym., 2026). Tämä tarkoittaa sitä, että äänimaisematutkimuksissa on käsitelty vain vähän ympäristöjä, joissa esimerkiksi kuulonsuojainten käyttö on välttämätöntä, sekä niiden työntekijöiden kokemuksia, jotka altistuvat työssään terveydelle haitalliselle melulle. Teollisessa kontekstissa tutkimuksen ja käytännön painopiste on ollut kuulovaurioriskien arvioinnissa ja meluntorjunnassa, kun taas äänten kokemuksellisia ja myönteisiä merkityksiä on tarkasteltu huomattavasti vähemmän.

Viime vuosina työpaikkojen ääniympäristöihin liittyvä tutkimus on sen sijaan laajentunut ja monipuolistunut muissa konteksteissa kuin teollisuudessa. Esimerkiksi avotoimistoissa, asiantuntijatyössä ja asumisympäristöissä – on korostettu äänten kokemuksellista, tilannesidonnaista ja merkityksellistä luonnetta (Radun ym., 2023; Rachman ym., 2025; Chung & To, 2016). Näissä tutkimusasetelmissa on osoitettu, että häiritsevyys, ärsyyntyminen ja keskeytykset eivät määräydy yksinomaan äänen voimakkuuden perusteella, vaan niihin vaikuttavat vahvasti yksilölliset, sosiaaliset ja toiminnalliset tekijät. Tästä seuraa, että melun aiheuttama häiriö ja kuormitus on perusteltua erottaa fyysisestä melualtistuksesta.

Tämän tutkimusaukon pohjalta tässä tutkimushankkeessa sovelletaan äänimaisemaviitekehystä teolliseen työhön, mikä mahdollistaa tehdasympäristöjen tarkastelun perinteistä akustiikan ja melunhallinnan näkökulmaa laajempana huomioiden myös äänten kokemukselliset, merkitykselliset ja toiminnalliset ulottuvuudet. Äänimaisematutkimuksen viitekehys ohjaa aineiston keruuta ja analyysia siten, että huomiomme kohdistuu sekä äänimaisemien fysikaalisakustisiin piirteisiin että työntekijöiden kokemuksiin, merkityksenantoon ja toiminnallisiin tilanteisiin, joissa ääniä tulkitaan ja merkityksellistetään.

Hankkeemme tavoitteena on lisäksi tunnistaa, miten äänimaisemia voidaan tarkoituksenmukaisesti kehittää työympäristöissä siten, että ne tukevat sekä työn sujuvuutta että työntekijöiden hyvinvointia. Perinteisesti meluntorjunta perustuu melun syntymisen vähentämiseen, leviämisen rajoittamiseen sekä äänten vastaanottajan suojaamiseen (Hygge ym., 2013). Teollisissa työympäristöissä pelkkä melun vähentäminen ei kuitenkaan ole riittävä lähtökohta, sillä työn sujuvuus edellyttää usein olennaisten äänten havaitsemista. Äänimaisemien kehittämisessä keskeiseksi nouseekin tasapaino häiritsevien äänten vähentämisen ja työn kannalta merkityksellisten äänten säilyttämisen välillä. Tällaisissa tapauksissa korostuu erityisesti melun syntymiseen ja leviämiseen kohdistuvien toimenpiteiden merkitys. Huoneakustiikan parantaminen, kuten kaikuisuuden vähentäminen, auttaa ehkäisemään äänten hallitsematonta leviämistä ja päällekkäisyyttä. Tällöin työssä olennaiset äänet, kuten puhe ja varoitusäänet, erottuvat paremmin taustamelusta.

Häiritsevän melun torjuntaa voidaan tarkastella myös ehkäisemisen näkökulmasta. Tällöin huomio kohdistuu siihen, miten melu kuormittaa työntekijöitä esimerkiksi väsymyksen ja stressin kautta, sekä miten näitä vaikutuksia voidaan lieventää työn organisoinnin ja arjen käytäntöjen avulla. Käytännössä tämä voi tarkoittaa esimerkiksi työn rytmittämistä, palautumisen mahdollistamista sekä sellaisia toimintatapoja, jotka vaikuttavat äänen käyttöön ja vuorovaikutukseen. Näin meluntorjunnan ratkaisut laajenevat yksilön suojaamisesta ja teknisistä ratkaisuista kohti työyhteisön toimintaa ja kokemuksellista ulottuvuutta. Tämä näkökulma on keskeinen hankkeessamme, jossa äänimaisemia tarkastellaan kokonaisvaltaisena osana työympäristöä ja sen kehittämistä.

1.4 Ääniin liittyvät keskeiset käsitteet

Edellä kuvattua äänimaiseman näkökulmaa täsmennetään seuraavaksi määrittelemällä tässä tutkimuksessa käytettävät akustiikan näkökulmasta ääniin ja äänimaisemiin liittyvät keskeiset käsitteet (Akustiikan sanasto 1985). Koska ääniin ja äänimaisemiin liittyvä terminologia vaihtelee eri tieteenaloilla, määrittelyjen tarkoituksena on täsmentää, miten käsitteet tässä tutkimuksessa ymmärretään ja miten niitä käytetään.

Ääniympäristö

- Tilassa tai ympäristössä esiintyvien äänten, niiden akustisten ominaisuuksien sekä tilan akustisten piirteiden muodostama kokonaisuus
- Käsite voi viitata tilan ja äänten fysikaalisiin ominaisuuksiin tai sisältää myös koetun ääniympäristön
- Englanniksi sound environment tai acoustic environment.

Äänimaisema

- Lisää ääniympäristöön nähden tarkasteluun yksilöiden ja yhteisöjen havainnot, tulkinnat, kokemukset ja merkityksenannot sekä äänten kokemiseen vaikuttavan kontekstin.
- Määritelty myös standardissa ISO 12913-1.
- Englanniksi soundscape.

Meluannos

- Melualtistuksen määrää tarkasteltavalla aikavälillä kuvaava luku, joka on verrannollinen melun energiaan tarkastelukohdassa.

Meluntorjunta

- Akustiikan osa-alue, joka pyrkii vaimentamaan ei-toivottua ääntä ja vähentämään sen aiheuttamia haittoja.

Huipputaso

- Suurin hetkellinen taso tarkkailuaikana. Yleensä tarkoitetaan äänen painetasoa, esimerkiksi LCpeak tarkoittaa äänen C-taajuuspainotettua huipputasoa.

Akustiikka eli äänioppi

- Tieteenala, joka tutkii ääntä. Äänen syntymekanismien ja etenemisen tutkimus liittyy läheisesti fysiikkaan, kun taas kuulontutkimus on lähellä lääketiedettä. Toisaalta akustiikalla tarkoitetaan arkikielessä äänen kuuluvuuden laatua tilassa..

Ekvivalenttitaso

- Samanarvoinen jatkuva äänitaso. Ekvivalenttitaso tarkoittaa siis sellaista äänitasoa, mikä tarkasteluajan ajalta olisi sama kuin voimakkuudeltaan tasaisena jatkuva melu. Lainsäädännössä käytetään esimerkiksi nimityksiä päiväkeskiarvo tai tuntikeskiarvo ja suure merkitään esimerkiksi LAeq. Mittayksikkö on dB.

Psykoakustiikka

- Tieteenala, joka tutkii äänen fysikaalisten ominaisuuksien ja ihmisen kuulohavaintojen välistä suhdetta. Se tarkastelee, miten ihmiset havaitsevat, erottavat ja kokevat ääniä esimerkiksi äänekkyyden, äänenkorkeuden, äänenlaadun ja häiritsevyyden näkökulmista.

Puheen erotettavuus

- Suhdeluku, joka kuvaa kuuloaistin välityksellä oikein kuultujen sanojen tai lauseiden osuutta koemateriaalista. Nykyään äänitasomittareissa voi olla STI suure (speech transmission index), joka saa arvoja väliltä 0–1.

Äänitaso

- Äänen painetason taajuuspainotettu arvo. Tavallisesti äänen painetaso ilmaistaan logaritmisena suureena Lp = 20 log (p/po), missä p on äänen aiheuttama paine ja po vertailupaine (ilmassa 20 µPa).

2 Tutkimustavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tämän hankkeen tavoitteena oli tuottaa kokonaisvaltainen ymmärrys teollisten äänimaisemien luonteesta, teollisuuden äänille annetuista merkityksistä sekä äänimaisemien kehittämismahdollisuuksista. Ajattelemme, että tavoiteltavina pidettävät teolliset äänimaisemat tukevat työhyvinvointia, työn sujuvuutta ja työssä oppimista. Asetimme tutkimukselle kolme toisiaan täydentävää päätavoitetta, joita tarkensimme tutkimuskysymysten avulla.

Ensimmäisenä tutkimustavoitteena oli kuvata teollisia äänimaisemia moninäkökulmaisesti yhdistämällä fysikaalisakustinen tarkastelu, henkilöstön kokemukset sekä äänille annetut merkitykset. Tavoitteena oli muodostaa kokonaiskuva siitä, millaisista äänistä teolliset työympäristöt rakentuvat, millaisia niiden akustiset ominaisuudet ovat sekä miten työntekijät jäsentävät ja tulkitsevat näitä äänimaisemia.

Tähän tavoitteeseen liittyvät seuraavat tutkimuskysymykset:

- Millaisia ääniä ja äänilähteitä teollisuustyöpaikoilta löytyy?

- Millaisia teolliset äänet ovat fysikaalisakustisilta ominaisuuksiltaan?
- Millaisia työpaikat, joissa melu vaihtelee 60–80 dB(A) välillä, ovat akustisilta ominaisuuksiltaan?
- Miten henkilöstö kuvaa ääniä ja äänimaisemia?
- Millaisia merkityksiä eri henkilöstöryhmät antavat äänille ja äänimaisemille?

Ensimmäisen tutkimustavoitteen ja siihen liittyvien tutkimuskysymysten avulla muodostimme perustan äänimaisemien ymmärtämiselle sekä teknisen mittaamisen että laadullisen tutkimusosion tuottaman tiedon näkökulmista. Toisessa tutkimustavoitteessa ja siihen liittyvissä tutkimuskysymyksissä syvensimme näin syntynyttä ymmärrystä teollisista äänimaisemista työn sujuvuuden, työhyvinvoinnin ja työssä oppimisen näkökulmista. Koska ensimmäinen ja toinen tutkimustavoite kietoutuvat vahvasti yhteen, käsittelemme niitä samassa tulosluvussa (luku 5.1).

Toisena tavoitteena oli syventää ymmärrystä siitä, millaisia merkityksiä äänimaisemilla on teollisuustyöntekijöiden työhyvinvoinnille, työn sujuvuudelle ja työssä oppimiselle. Erityisesti tarkasteltiin sitä, miten erilaiset äänet ja äänimaisemat koetaan, millaisia vaikutuksia niillä on työn tekemiseen ja millä tavoin niiden vaikutukset kytkeytyvät mitattaviin akustisiin ominaisuuksiin. Tavoitteen avulla rakennettiin ymmärrystä siitä, että äänimaisemien vaikutukset eivät ole yksiselitteisesti kielteisiä tai myönteisiä, vaan niiden merkitys muotoutuu työn kontekstissa, tehtävissä ja työntekijöiden rooleissa.

Tähän tavoitteeseen liittyvät seuraavat tutkimuskysymykset:

- Millaiset äänimaisemat ja äänet koetaan häiritseviksi tai kielteisiksi?
- Millaisia fysikaalisia suureita niihin liittyy?
- Miten ja mitä ne häiritsevät?
- Millaiset äänimaisemat ja äänet koetaan tärkeiksi tai myönteisiksi?
- Millaisia ne ovat fysikaalisilta suureiltaan?
- Miksi ne ovat myönteisiä?

Kolmantena tavoitteena oli kehittää teolliseen työhön soveltuvia äänimaisemaratkaisuja, jotka tukevat työhyvinvointia, työn sujuvuutta ja työssä oppimista. Tähän tavoitteeseen vastattiin hyödyntäen tutkimustavoitteissa yksi ja kaksi tuotettua tietoa. Tavoitteessa korostui kehittämistutkimuksellinen henkilöstöä laajasti osallistava lähestymistapa. Siihen vastaamisessa otettiin lähtökohdaksi toisaalta tutkimuksen tuottama asiantuntijatieto ja yhtäältä työpaikkojen henkilöstön asiantuntijuus ja heidän toimijuutensa tukeminen. Tämän tavoitteen kautta tutkimus tuotti sekä työpaikkatasoisia ratkaisuja että käytännönläheistä tietoa siitä, miten äänimaisemia voidaan aktiivisesti muokata osana työpaikan kehittämistä sekä millaisia edellytyksiä ja toimintatapoja tällainen kehittäminen edellyttää.

Tähän tavoitteeseen liittyvät seuraavat tutkimuskysymykset:

- Millaista ”äänimaisematoimijuutta” työpaikoilla harjoitetaan?

- Miten ja keiden toimesta ääniin liittyviä ongelmia ratkaistaan työpaikoilla?
- Miten ja millaisia kehittämistoimia voidaan yhteistoiminnassa keksiä?

3 Tutkimuksen toteutus

3.1 Tutkimusasetelma ja kohteet

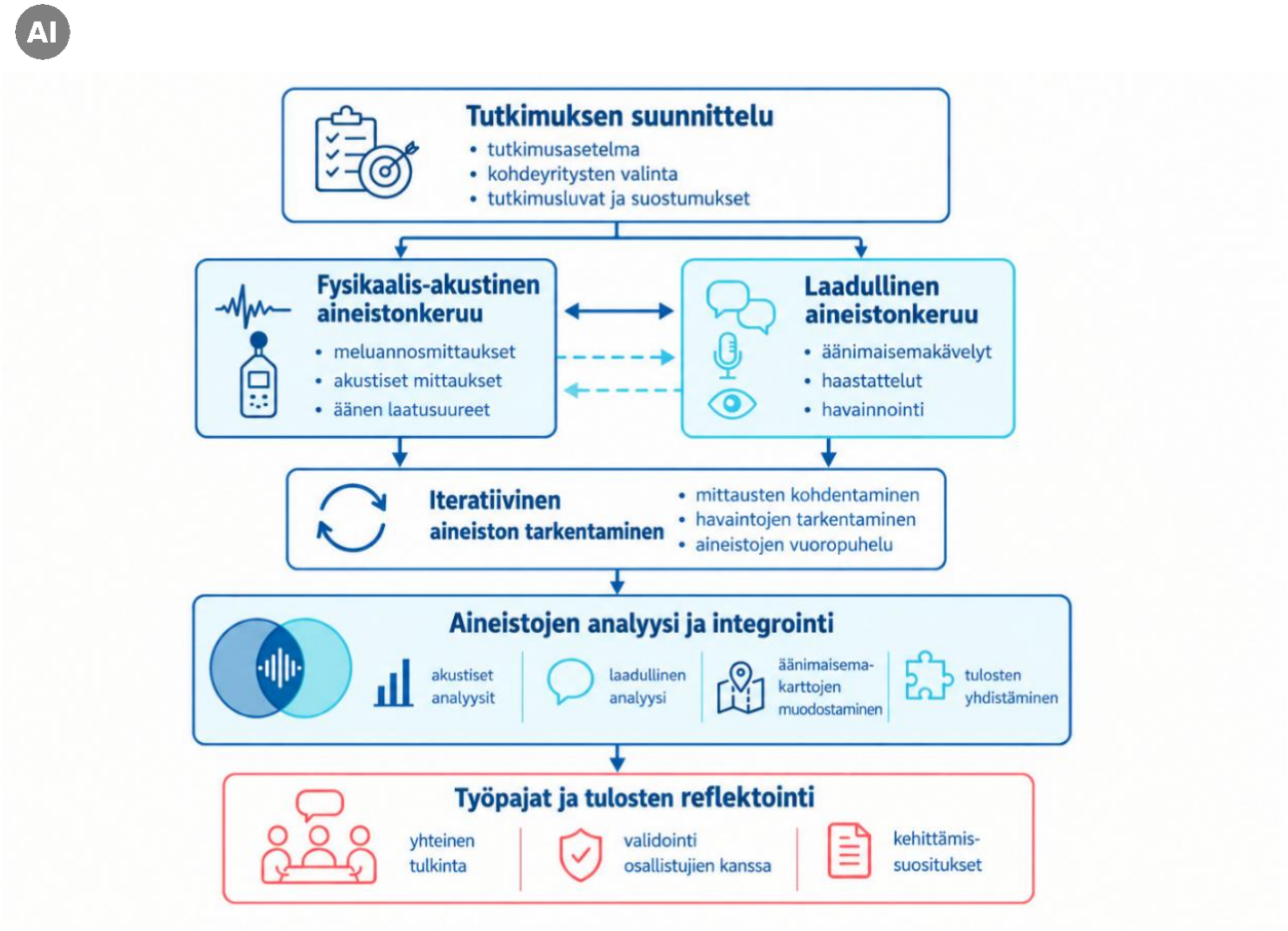
Tutkimusaineisto kerättiin vuosina 2024–2026. Hankkeeseen kutsuttiin osallistumaan yrityksiä useilta eri teollisuudenaloilta. Mukana olivat koneistukseen ja kokoonpanoon keskittyvä metalliteollisuuden yritys, sähkömekaniikan teollisuusyritys, kemianteollisuuden yritys, ohutlevytuotteiden valmistaja ja energia-alan yritys. Tutkimushankkeeseen osallistuvat yritykset valittiin siten, että niiden meluannoksen tiedettiin tai arvioitiin alittavan 85 dB(A), jolloin meluannoksen ei arvioitu aiheuttavan kuulovaurioriskiä. Neljä tarkastelluista tehtaista toimi perinteisillä teollisuudenaloilla, joissa työprosessit ja tilaratkaisut olivat keskenään melko samankaltaisia, mutta viidennestäkin yrityksestä oli löydettävissä vastaavanlaisia työprosesseja ja tilaratkaisuja, joihin tutkimus kohdennettiin. Onkin hyvä huomioida, että kohdeyrityksissä työtä tehtiin useissa rakennuksissa ja halleissa, jotka poikkesivat toisistaan jonkin verran. Tutkimuksen kuluessa kohdensimme tarkasteluja yhdessä yritysten edustajien kanssa, jolloin tapahtui valikoitumista eivätkä kaikki yritysten hallit lopulta päätyneet mukaan tutkimukseen.

Tutkimuksessa noudatettiin tutkimuseettisiä periaatteita ja sille haettiin puoltava lausunto (ID 168110) Työterveyslaitoksen eettiseltä työryhmältä. Tutkimustuloksia ei raportoida yrityskohtaisesti eikä raportoinnissa käytetä yritysten nimiä. Tutkimus raportoidaan siten, ettei myöskään yksittäisiä henkilöitä voida tunnistaa. Käytettyjä sitaatteja ei ole liitetty tiettyihin yrityksiin eikä puhujiin edes pseudonyymein. Lisäksi sitaateista on poistettu tai korvattu toisilla sellaisia sanoja, jotka tulkitsimme mahdollisesti liikaa paljastaviksi tai kohdeyrityksen tunnistamisen kannalta riskialttiiksi. Yritysten yhteyshenkilöille tarjottiin mahdollisuus tarkistaa loppuraportti ennen julkaisemista.

Tutkimukseen osallistuminen perustui informoituun suostumukseen, joka kerättiin kirjallisena. Laajemman tutkimustiedotteen ohella käytimme tarvittaessa tiivistettyjä tiedotteita ja niiden kieliversioita. Tutkimuksesta välitettiin tietoa osallistujayrityksissä monin tavoin, kuten sähköisillä infotauluilla. Osallistumisen vapaaehtoisuutta ja mahdollisuutta keskeyttää osallistuminen syytä ilmoittamatta korostettiin. Jokaisen yrityksen kanssa työstettiin yhteistyössä äänimaisemien kehittämisen toimintasuunnitelma. Lisäksi annettiin vinkkejä ja konsultaatiota tekniseen melunhallintaan.

Tutkimusta voidaan luonnehtia kehittämisorientoituneeksi monimenetelmäiseksi monitapaustutkimukseksi (Creswell & Plano Clark, 2018; Yin, 2018). Tutkimusaineisto koostuu sekä laadullisesta aineistosta että akustisista mittaustuloksista. Monimenetelmätutkimuksessa on useita erilaisia tapoja, joilla laadullisia ja määrällisiä tutkimusmenetelmiä ja aineistoja voidaan yhdistää tutkimuksen suunnittelussa, aineiston keruussa ja analyysissä sekä tulosten raportoinnissa. Tässä tutkimuksessa käytimme konvergenttia asetelmaa, eli määrällinen ja laadullinen aineisto kerättiin

ja analysoitiin samanaikaisesti ja vuorovaikutteisesti siten, että aineistojen keruu ja analyysi etenivät iteratiivisesti ja ohjasivat toisiaan (ks. Fetters ym., 2013). Tämä tarkoitti sitä, että määrällinen mittausdata akustisesta ympäristöstä ohjasi osittain sitä, miten haastatteluja ja havainnointia kohdennettiin. Vastaavasti laadullisen aineiston perusteella tehtiin tarkentavia määrällisiä mittauksia ja selvityksiä aineistonkeruun kuluessa (ks. kuva 1).



Kuva 1. Tutkimuksen toteutuksen keskeiset vaiheet ja menetelmien yhdistäminen. Kuvan visualisointi on toteutettu ja sitä on muokattu tekoälyllä (ChatGPT).

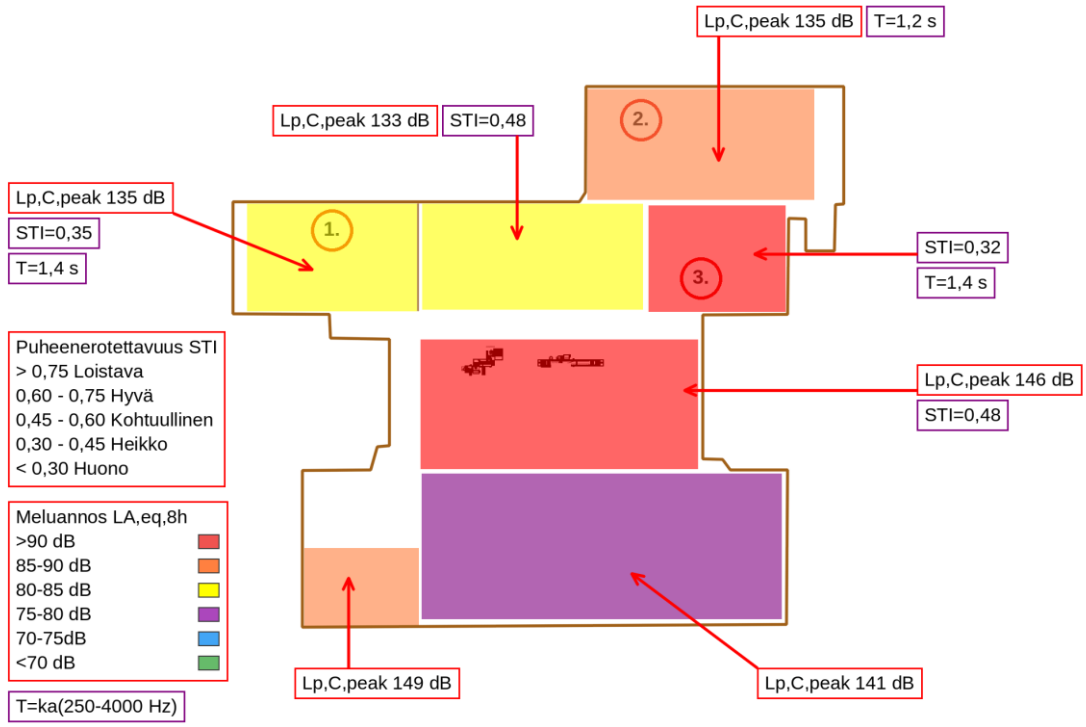
Koska tutkimuksen laajempana kehyksenä oli monimenetelmäinen monitapaustutkimus (Creswell & Plano Clark, 2018; Yin, 2018), viisi tehdasta muodostivat toisaalta erilliset analyysin kohteet, mutta toisaalta niitä suhteutettiin toisiinsa analyysin kuluessa. Tapaustutkimuskehyksessä sekä laadullista että määrällistä aineistoa kerätään kattavan kokonaiskuvan muodostamiseksi tutkittavasta ilmiöstä, aineistonkeruu on tyypillisesti intensiivistä ja monipuolista ja käytettävät menetelmät valitaan tutkimuskohteen luonteen, tutkimuskysymysten ja toteuttamiskelpoisuuden perusteella (Fetters ym., 2013). Analyysissä viittä tehdasta tarkasteltiin rinnakkain, jolloin monimenetelmällinen aineisto mahdollisti sekä yksittäisten tapausten syvällisen ymmärtämisen että niiden välisen vertailun.

Vaikka erilaisten aineistotyyppien keruu oli vuorovaikutteista ja integroitua, aineistot analysoitiin kuitenkin pääosin erillään ja integrointia tehtiin vasta tulosten tulkinta- ja raportointivaiheessa.

Aineistojen integraatio toteutui ensisijaisesti narratiivisesti siten, että laadulliset ja määrälliset tulokset esitettiin ja tulkittiin toisiinsa kytkeytyneinä (Fetters ym., 2013). Analyysin alkuvaiheessa kohteista muodostettiin myös hallien pohjakuviin perustuvia äänimaisemakarttoja, jotka yksinkertaistettuina visualisointeina auttoivat eri alojen tutkijoiden välistä vuoropuhelua. Pelkistetty esimerkki kuvitteellisen tehdashallin äänimaisemakartasta on esitetty kuvassa 2.

Äänimaisemakartassa tai tehtaiden tapauksessa äänimaisemapohjapiirroksessa merkittiin ensimmäiseksi karkealla rajauksella eri melutason osastot eri väreillä akustisten havaintojen perusteella. Tämän jälkeen pohjakuvaan lisättiin tarralapuilla laadullisesta aineistosta tehtyjä havaintoja, kuten työntekijöiden kokemuksia, merkityksenantoja ja ääneen liittyviä toimintakäytäntöjä. Äänimaisemapohja-piirrosten perusteella keskusteltiin monitieteisessä projektiryhmässä ja tarkennettiin sekä mittaustuloksia että laadullisia havaintoja. Piirrokset toimivat ennen muuta visuaalisena apuna rakennettaessa yhteistä ymmärrystä ja pohdittaessa liittymäpintoja akustisten mittaustulosten ja laadullisen tutkimuksen tuottamien sosiokulttuuristen, psykologisten ja kasvatustieteellisten havaintojen välillä.

Piirroksia ei lopulta päädytty käyttämään tulosten esittämisessä, vaikka sekin olisi ollut mahdollista. Ratkaisu perustui sekä hankaluuteen mahduttaa yksityiskohtaista tietoa kuvaan että tutkimuseettiseen harkintaan. Äänimaisemakarttojen tai äänimaisemapohjapiirrosten voi ajatella vastaavan joint displays -tyyppistä integraatiota mixed methods -tutkimuksessa (ks. Fetters ym., 2013). Seuraavan kuvan äänimaisemapohjapiirros ei esitä suoraan minkään osallistujayrityksen äänimaisemaa. Siihen ei myöskään ole integroitu laadullisia havaintoja kuvan säilyttämiseksi selkeänä.



Kuva 2. Kuvitteellinen esimerkki äänimaisemakartasta ilman laadullisen tutkimuksen havaintoja.

3.2 Aineistonkeruumenetelmät

Tutkimuksen aineisto muodostuu sekä laadullisista että fysikaalis-akustisista kokonaisuuksista. Laadullinen aineisto koostuu puolistrukturoiduista haastatteluista sekä useiden tehdasvierailujen, ääni-maisemakävelyjen ja työpajojen yhteydessä käydyistä keskusteluista työntekijöiden ja työnantajien edustajien kanssa sekä tutkijoiden havainnoista ja kokemuksellisista kuvauksista tehtaiden äänimaisemista.

Aineiston kuvaaminen numeroilla ei tee oikeutta aineiston syvyydelle ja rikkaudelle. Esimerkiksi työpaikkakäynneillä ja tehdaskierroksella käytyjä monia erilaisia keskusteluja ei ole mielekästä yrittää laskea tai ilmaista minuutteina niiden keston kautta, mutta ne ovat kuitenkin olleet erittäin tärkeitä tutkijoille kokonaiskuvan muodostamisen näkökulmasta. Varsinaisia tallennettuja ja litteroituja teemahaastatteluja toteutettiin yhteensä 23. Näiden ohella työpaikkakäyntien ja äänimaisemakävelyjen ohessa toteutettiin muutamia tallennettuja haastatteluja, muutamia haastatteluja, joista tehtiin muistiinpanot sekä käytiin lyhyempiä keskusteluja, joista tehtiin muistiinpanoja.

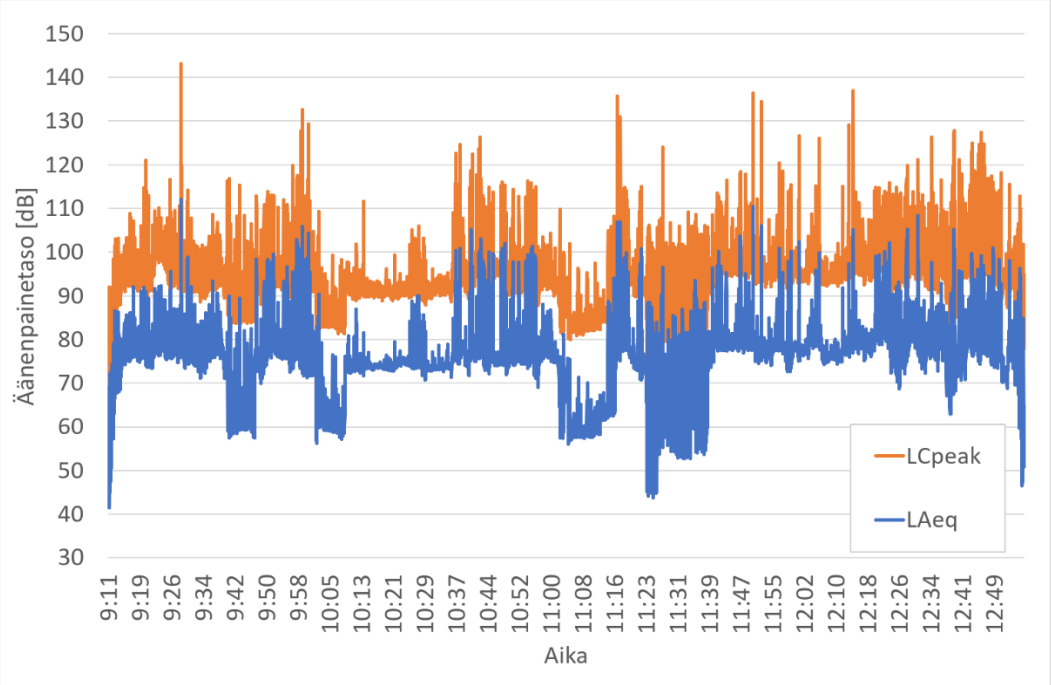
Jokaisella työpaikalla vierailtiin useita kertoja. Usein vierailut kestivät koko päivän. Jokaisella työpaikalla toteutettiin äänimaisemakävely. Osassa kävely kattoi kaikki tuotantotilat, mutta osassa tilat valittiin. Yhdessä yrityksessä toteutettiin kaksi erillistä työpajaa eri tehdashalleissa. Muissa yrityksissä työpajoja järjestettiin yksi.

Fysikaalis-akustinen aineisto puolestaan koostui kohdeyrityksissä tehdyistä meluselvityksistä, henkilökohtaisista meluannosmittauksista, tilojen ja laitteiden melutasojen näytemittauksista sekä tuotantotilojen ja toimistojen akustisten ominaisuuksien, kuten jälkikaiunta-ajan ja äänen leviämisvaimennuksen, määrityksistä. Lisäksi aineistoa täydennettiin lyhytaikaisilla äänen taltioinneilla ja niiden perusteella lasketuilla äänen laatusuureilla sekä akustisilla mallinnuksilla, joiden avulla arvioitiin melun leviämistä ja meluntorjunnan kehittämismahdollisuuksia.

Aineistonkeruu ja mittausten kohdentaminen perustuivat tutkimuksen alussa toteutettuihin yrityskohtaisiin meluselvityksiin, joissa tunnistettiin akustisesti ja toiminnallisesti keskeiset työpisteet yhteistyössä työnantajien edustajien ja työsuojelutoimijoiden kanssa hyödyntäen myös aiempia mittauksia ja yrityksissä tehtyjä meluntorjuntaohjelmia. Seuraavissa alaluvuissa kuvataan tarkemmin valitut aineistonkeruumenetelmät ja niiden toteutus.

Fysikaalis-akustiset mittaukset

Melulle altistuvien työntekijöiden meluannos työpäivän aikana selvitettiin meluannosmittarilla. Käytännön syiden takia mittausten näyteaika oli noin 5–7 tuntia. Tätä voidaan pitää riittävänä, sillä mittaukseen saadaan aamupäivän yhtenäinen työjakso noin klo 8–11, ruokatauon taustamelutaso ja iltapäivän yhtenäinen pidempi jakso ennen vuoron vaihtumista, tyypillisesti noin klo 14. Kuvassa 3 on esimerkki äänitason vaihteluista työpaikalla.



Kuva 3. Esimerkki annosmittauksesta. Mitattu aamutauon jälkeen 5 tuntia vuoron päättymiseen saakka. Kuvassa erottuvat huipputasot ja myös lounastauko. Näytteenottoväli on 1 s, nopea vaihtelu näkyy hyvin. Koko mittauksen ajan samanarvoinen äänenpainetaso on 84 dB, A-painotettu.

Teknisen meluntorjunnan suunnittelemista varten tiloissa mitattiin myös jälkikaiunta-aika sekä leviämisvaimennus. Mittauksissa hyödynnettiin 9 mm kaasuaseen avulla impulssimenetelmää, joka on osoittautunut käteväksi teollisuustiloissa. Paukkupatruunan tuottama suurin äänenpainetaso (LpA,max) on noin 120 dB noin 10…15 metrin etäisyydellä. Tämä mahdollistaa jälkikaiunta-ajan ja leviämisvaimennuksen luotettavan määrittämisen, vaikka tuotantotilassa olisi 75…80 dB(A) taustamelua.

Meluannosmittausten ohella selvitettiin laitteiden melupäästötietoja äänitasomittarilla ja tehtiin tilojen ja laitteiden melutasojen näytemittauksia. Pistokokeina tehtyjä näytemittauksia kertyi tyypillisesti 3–4-kertainen määrä henkilökohtaisten annosmittausten lukumäärään verrattuna.

Mittaustulosten (jälkikaiunta-aika ja leviämisvaimennus) pohjalta tiloista laadittiin akustiset mallit Odeon-säteenseurantaohjelmistolla. Mallien avulla laskettiin huonevaimennuksen parantamiseen vaadittava vaimennusmateriaalin määrä sekä sen optimaalinen sijoitus. Riittävällä vaimennuksen lisäämisellä voidaan saavuttaa käytännön tiloissa, kuten voimalaitosrakennuksissa, noin 3–5 dB(A) alennus yleisessä melutasossa (Nousiainen ym., 2025).

Tutkimuksessa kiinnitettiin huomiota tavanomaisen A- ja C-painotetun kokonaistason lisäksi melun ajalliseen vaihteluun, pyrittiin havaitsemaan mahdollinen paikkavaihtelu ja selvitettiin pienitaajuisen ja kapeakaistaisen melun osuus. Ajallista vaihtelua kuvaa .wav-tallenteesta laskettu suure. Pienitaajuisen melun paikkavaihtelua esim. avotoimistossa selvitettiin mittauspisteiden

määrää kasvattamalla. Pienitaajuisen melun osalta tarkasteltiin 1 Hz resoluutiolla taajuusaluetta 1…200 Hz ja kapeakaistaisen melun osuutta selvitettiin suoraan mittarin ohjelmiston laskemalla FFT-analyysillä tai tallenteesta signaalianalyysiohjelmistolla (GNU Octave) laskien.

Tavoitteena oli pyrkiä analysoimaan äänimaiseman piirteitä sekä äänisuureita, joilla voisi olla merkitystä äänen häiritsevyyden kokemiseen. Analyysilaitteena oli Svantek 958A, tallennettiin myös äänen aaltomuoto, josta edellä kuvatulla tavalla wav-tiedostosta laskettiin seuraavassa taulukossa esitetyt äänen laatua kuvaavat suureet. Lyhytaikaiset näytteet kuvaavat hetkellisiä äänen suureita ja äänimaisemia kultakin tehtaalta. Kustakin 30….180 s pitkästä .wav-tallenteesta laskettiin seuraavan taulukon 1 äänen laatua kuvaavat suureet. Pyrittiin valitsemaan sellaiset suureet, jotka ovat helposti laskettavat, riittävän yleiset tai fysikaalispohjaiset, eivätkä vaadi kuuntelukokeita.

Taulukko 1. Laskettujen äänen laatusuureiden määritelmiä kuvailevasti

Suure	Menetelmä
Tonality (kapeakaistaisuus)	Lasketaan, paljonko kapeakaistaisen äänen energia on suhteessa laajan taajuuskaistan meluun
LF ratio	Äänienergia 25…160 Hz suhteessa 200…1000 Hz
HF ratio	Äänienergia 200…1000 Hz suhteessa 1250…8000 Hz
Flatness (tasaisuus)	Logaritmisen keskiarvon ja tavallisen keskiarvon erotus
Spectral slope (spektrin kaltevuus)	Painetason "viivakuvaaja"
Spectral shape (spektrin muoto)	Paljonko äänienergiaa eri taajuuksilla
Sound flatness	Kuinka tasaisesti äänienergia jakautuu eri taajuuksille
Crest factor	Maksimitason vertailu keskiarvotasoon
Sharpness (terävyys)	Lasketaan äänekkyys, varsinkin suuremmilla taajuuksilla vaikuttava tekijä

Melumittausten ja -arviointien yhteydessä mitattiin reaaliaikainen ääniympäristö ja äänitekniset suureet tallennettiin analysaattoreilla. Analysaattoreihin tallennettu data analysoitiin myöhemmin. Samaan aikaan määriteltiin tutkittavien tilojen akustiset parametrit (tilan kaiku, äänen etenemisen vaimeneminen, puheensiirtoindeksi (STI, erityisesti ohjaushuone ja valvomo ja muut työt, jotka vaativat puheviestinnän tarkkuutta). Äänimaiseman kohinaimpulssiärsykkeet, melun kapeakaistaisuus, spektri ja ääniteho analysoitiin meluhallinnan suunnittelun syötteiksi. Työntekijöiden meluannoksia mitattiin myös, jotta voitiin määrittää altistuminen impulssimelulle ja kuulosuojaimen tarvetta ja sopivuutta.

Tutkimuksen aikana tutkijat tekivät myös kuulonsuojauskokeita, missä he itse kävelivät teollisuuslaitoksien halleissa 45…100 minuutin ajan ja samalla taltioitiin tutkijan olkapäältä ja korvakäytävän suulta tai korvakäytävästä kupukuulonsuojaimesta Peltor Optime I (M-indeksi 27 dB ja SNR indeksi 29 dB), tulppasuojain Elacin CH28 (M indeksi 24 dB ja SNR indeksi 28 dB), viestintä-

kupukuulon-suojain Peltor Trapper (M indeksi 22 dB ja SNR indeksi 25 dB) sekä vastamelukuuloke Audeeo (ANC off ja on, kuulokkeista ei mitata vaimennusarvoja) äänitasoa jatkuvana seurantana. Mikrofonit olivat 2xSennheizer KE4 211-2 + esivahvistin ja taltiointilaitteena 2 kanavainen DAT nauhuri Sony TCD-D8. Nauhurille tallennetut äänitasot analysoitiin äänianalysaattoreilla B&K 2260 ja äänianalyysit tulostettiin ohjelmalla B&K 7815 Noise Explorer. Mittausmenetelmät on kuvattu artikkeleissa (Pääkkönen ym., 2000a ja 200b; Pääkkönen ym., 2007; Jokitulppo ym., 2008).

Haastattelut

Hankkeessa toteutettiin sekä yksilöhaastatteluja että ryhmähaastatteluja. Osallistujiksi valittiin sekä työntekijöitä että työnantajan edustajia. Haastateltavat olivat esimerkiksi kehittämistehtävistä vastaavia, työsuojeluasiantuntijoita, työsuojelupäälliköitä, esihenkilöitä, työsuojeluvaltuutettuja ja erilaisissa tehtävissä työskenteleviä työntekijöitä.

Haastatteluissa käsiteltiin muun muassa työtehtäviä, äänten ja äänimaiseman häiritsevyyttä, äänten lähteitä, omaan työhön liittyviä ääniä sekä niiden ominaisuuksia ja merkitystä työsuorituksen, työhyvinvoinnin ja oppimisen kannalta. Lisäksi tarkasteltiin mahdollisuuksia työympäristön ääniolosuhteiden kehittämiseen sekä kehittämistoimintaan liittyviä käsityksiä. Haastattelujen kesto vaihteli 24–40 minuutin välillä. Haastattelut toteutettiin pääosin kasvotusten työpaikoilla rauhallisessa ja erillisessä tilassa haastattelijan ja osallistujan (tai osallistujien) kesken; osa haastatteluista tehtiin Microsoft Teamsin välityksellä.

Äänimaisemakävelyt

Hankkeen kaikissa osallistujayrityksissä toteutettiin äänimaisemakävelyjä ja muita vierailuja ja havainnointeja siten, että kussakin yrityksessä tehtiin 3–7 käyntiä. Äänimaisemakävely on äänimaisematutkimuksessa yleisesti käytetty menetelmä. Siitä on olemassa lähinnä ulkotiloissa sovellettu standardoitu versio ISO-tasolla (Leiper ym., 2021). Tässä tutkimuksessa kehitettiin teollisiin ympäristöihin soveltuva äänimaisemakävelymenetelmä, jolla on vain ohut liittymäpinta standardoituun menetelmään. Reitit ja tarkastelupisteet valittiin ennakkokäyntien ja keskustelujen perusteella ja kävelyt suunniteltiin tarkoituksenmukaisesti (Knott ym., 2022) siten, että ne kohdistuivat akustisesti ja toiminnallisesti keskeisiin työpisteisiin aiempien havaintojen, mittausten ja keskustelujen pohjalta. Äänimaisemakävelyjen kohdennus suunniteltiin yhdessä yritysten edustajien kanssa.

Kävelyt toteutettiin ryhmämuotoisina arviointeina, joissa oli useita ”pysäytyskohtia” (Radicchi, 2017). Niihin osallistui Työterveyslaitokselta aina kaksi laadullisen tutkimusosion tutkijaa, kaksi A-Insinöörien akustiikan asiantuntijaa sekä kulloisenkin kohdeyrityksen edustajia. Äänimaisemakävelyitä johti työnantajan edustaja, kuten työturvallisuuspäällikkö, ja muu yrityksen henkilöstö osallistui tutkimukseen lähinnä omilta työpisteiltään. Työterveyslaitoksen tutkijat vastasivat kävelyn aikana tehdyistä vapaaehtoisista keskusteluista, jotka toteutettiin mahdollisuuksien mukaan erillään muusta hankeryhmästä ja työpisteestä, tai vaihtoehtoisesti työpisteen välittömässä läheisyydessä tutkimuseettiset seikat huomioiden.

Kävelyiden aikana toteutettiin varsinaisiin haastatteluihin nähden vähemmän strukturoituja, paikan päällä käytyjä keskusteluja, joiden teemat olivat osin samoja kuin varsinaisissa haastatteluissa. Näiden ohella käytiin myös joitakin erittäin lyhyitä keskusteluja, joiden tarkoitus ei varsinaisesti ollut aineiston keruu, vaan työntekijältä haluttiin tietoa esimerkiksi hänen parhaillaan käyttämästä koneesta tai työvälineestä äänimaiseman kokonaiskuvan ymmärtämiseksi.

Äänimaisemakävelyaineisto koostuu muutamista lyhyistä, tallennetuista ja sanatarkasti litteroiduista keskusteluista sekä hankeryhmän digitoiduista kenttämuistiinpanoista. Teollisen ympäristön korkeat melutasot haittasivat keskusteluiden nauhoittamista, minkä vuoksi osa litteroinneista on puutteellisia. Kenttämuistiinpanoja kertyi yhteensä 121 sivua, ja tallennettua haastatteluaineistoa 63 minuuttia.

Työpajat

Hankkeessa järjestettiin kuusi yrityskohtaista, noin kolmen tunnin mittaista työpajaa, jotka toteutettiin kertaluonteisesti maaliskuussa 2026 hankkeen viidessä kohdeorganisaatiossa. Työpajoista yksi järjestettiin täysin verkkototeutuksena, yksi täysin lähitoteutuksena ja neljä hybriditoteutuksina siten, että osa hankeryhmästä osallistui työpajaan läsnä ja osa verkkovälitteisesti, mutta kohdeorganisaation osallistujat olivat paikan päällä. Verkon kautta oli mahdollista saada joustavasti mukaan eri alojen asiantuntijoita ilman, että työpajassa paikalla olleen tutkijaryhmän kokoonpano olisi kasvanut huomattavan suureksi.

Lähitoteutuksen työpajat järjestettiin kunkin kumppaniorganisaation työpaikalla. Työpajoihin osallistuneiden määrä vaihteli yrityksittäin 3–13 osallistujan välillä. Työpajoihin osallistuneet olivat pääosin aiemmin hankkeen aikana haastateltuja henkilöitä. Työpaja-aineisto koostuu työpajoihin osallistuneiden hankeryhmän jäsenten työpajamuistiinpanoista ja työpajassa yhteiskehittämisen avulla tuotetuista yrityskohtaisista toimenpidesuunnitelmista.

Työpajojen suunnittelusta ja toteutuksesta olivat vastuussa hankkeen tutkijat. Työpajan suunnittelussa hyödynnettiin aiemmissa vaiheissa kerättyä ja analysoitua aineistoa ja haastatteluissa esiin nousseita kehittämistoiveita. Lisäksi yrityksillä oli ennen työpajoja mahdollisuus tarkentaa toiveitaan niiden sisällöllisistä painopisteistä. Yrityskohtaisten työpajojen tavoitteena oli tarjota asiantuntijatietoa hankkeen tuloksista sekä auttaa ja kannustaa yrityksiä kehittämään äänimaisemia tukemaan entistä paremmin työntekijöiden työhyvinvointia, työn sujuvuutta ja oppimista.

Työpajat muodostuivat kahdesta osasta: Asiantuntijavetoinen osuus oli perusrakenteeltaan kaikissa yrityksissä teemojen osalta samansisältöinen, mutta esityksissä painotettiin ja konkretisoitiin yrityskohtaisesti keskeisiä teemoja. Kehittämisosuudessa keskityttiin kunkin yrityksen omiin äänimaisemien kehittämiskohtiin ja rakennettiin toimenpidesuunnitelma.

Työpajoissa tulkittiin ja reflektoitiin tutkijoiden sekä kumppaniyritysten osallistujien kanssa yhteisesti tutkimuksessa tehtyjä havaintoja ja alustavia tuloksia, sekä suunniteltiin yrityskohtaisesti erilaisiin melulähteisiin ja suojaustarpeisiin kohdistuvia työhyvinvointia, työn sujuvuutta ja oppimista tukevia äänimaisemien kehittämis- ja meluntorjuntatoimia. Työpajoissa laadittu toimenpidesuunnitelma rakentui yhteiskehittämisen periaatteille, jossa osallistujat toimivat aktiivisina

tiedonrakentajina eivätkä ainoastaan asiantuntijatiedon vastaanottajina (Lewin, 1946; Kemmis ym., 2014). Yrityksille toimitettiin työpajan päätteeksi kunkin yrityksen oma toimenpidesuunnitelma tulevaa jatkokehittämistä varten.

Jokaisessa työpajassa tilaisuutta fasilitoi vähintään kaksi hankeryhmän jäsentä kummastakin hankkeen toteuttajaorganisaatiosta. Työterveyslaitoksen ja A-insinöörien tutkijat vastasivat omien vastuualueidensa tulosten esittelystä, mutta tuloksia ja havaintoja yhdisteltiin keskusteluissa. Siten työpajoissa hyödynnettiin monimenetelmällistä monitapaustutkimusta integroimalla määrällinen fysikaalisakustinen mittausaineisto laadulliseen havainnointi- ja haastatteluaineistoon ja käymällä läpi niin koko aineistontasoisia kuin yrityskohtaisiakin tuloksia ja havaintoja (Creswell & Plano Clark, 2018; Yin, 2018). Työterveyslaitoksen tutkija oli päävastuussa työpajan fasilitoinnista ja ohjauksesta, ja muut hankeryhmän jäsenet osallistuivat työpajatyöskentelyyn soveltuvissa kohdissa. Hankeryhmän rooli oli ohjata keskustelua, antaa asiantuntijanäkökulmia ja tukea yhteiskehittämistä. Lisäksi yksi Työterveyslaitoksen tutkijoista vastasi työpajan aikana esiin nousseiden keskeisten teemojen kirjaamisesta toimenpidesuunnitelmaan. Työpajan lopussa toimenpidesuunnitelma läpikäytiin yhdessä osallistujien kanssa ja täydennettiin sekä tarkennettiin tarvittavilta osin.

3.3 Aineiston analyysi

Tässä luvussa kuvataan tutkimusaineiston analyysin periaatteet ja toteutus. Analyysi perustuu monimenetelmälliseen lähestymistapaan, jossa yhdistyvät fysikaalis-akustisten mittausten analyysit ja laadullisen aineiston tulkinnallinen tarkastelu. Lähestymistapa mahdollistaa teollisten äänimaisemien tarkastelun sekä objektiivisesti mitattavina ilmiöinä että työntekijöiden kokemuksina ja merkityksenantoina. Analyysia ohjasi tutkimuskysymyksiin vastaaminen, ja sitä toteutettiin iteratiivisesti aineistonkeruun ja analyysin vuoropuheluna. Analyysissä hyödynnettiin tutkijatriangulaatiota, joka toteutui tutkijoiden välisenä systemaattisena havaintojen vertailuna ja tulkintojen yhteiskehittelynä. Prosessi käynnistyi jo aineistonkeruuvaiheessa kentällä. Se jatkui läpi hankkeen säännöllisissä projektipalavereissa ja tutkimusryhmän sisäisissä keskusteluissa sekä artikkelikäsikirjoitusten yhteiskirjoittamisprosesseissa.

Fysikaalis-akustisten mittausten analyysit

Työpaikoilta tallennetut datat analysoitiin myöhemmin tietokoneilla. Samaan aikaan analysoitiin tutkittavien tilojen akustiset parametrit (tilan kaiku, äänen etenemisen vaimeneminen, puheensiirtoindeksi (STI, erityisesti ohjaushuone ja muut työt, jotka vaativat puheviestinnän tarkkuutta ja tarkkuutta). Äänimaiseman kohinaimpulssiärsykkeet, melun kapeakaistaisuus, spektri ja ääniteho analysoitiin meluhallinnan suunnittelun syötteiksi. Työntekijöiden meluannoksia tarkasteltiin myös, jotta voitiin määrittää altistuminen impulssimelulle ja kuulosuojaimen tarvetta.

Pienitaajuisen melun osuutta eli LF-suhdetta analysoitiin taajuuksilla LF 25–160 Hz ja 200–1000 Hz. Suuritaajuisen melun osuus eli HF-suhde taajuuksilla 1250–8000Hz ja 200–1000 Hz. Tasaisuus analysoitiin geometrisena keskimääräisenä paineena (rms) verrattuna aritmeettiseen keskimääräiseen paineeseen. Spektrikulma tehtiin äänenpaineen tason linearisointina. Crest-tekijä oli maksimiäänipaine verrattuna rms-äänipaineeseen.

Akustiikan sanaston (SFS 5100, 1985) mukaan äänekkyys on toisaalta subjektiivinen vaikutelma ääniaistimuksen voimakkuudesta ja toisaalta otologisesti normaalin kuuntelijan arvioima tarkasteltavan äänen ja 40 fonin äänekkyystasoisen vertailuäänen voimakkuusaistimuksen suhde. Tässä käytettiin kahta erilaista äänekkyyden laskentatapaa Zwickerin ja Moore-Glassbergin äänekkyyden määrittämistä. Lisäksi määritettiin Zwickerin äänen terävyyden suure, äänen karkeuden suure, Daniel-Weberin mukainen äänen tonaalisuus sekä Zwicker-Fastl menetelmän mukainen äänen häiritsevyys (Nousiainen ym., 2025 ja 2026).

Huonevaimennuksen lisäys mitoitettiin Odeon-sädeseurantaohjelmalla. Tämä osoittautui työn alkuvaiheeseen liittyvän Tanilan diplomityössä (2025) yhtä nopeaksi, yleiskäyttöisemmäksi ja luotettavammaksi suunnittelumenetelmäksi kuin aiemmin samaan käytetyt parametriset mallit. Ne ovat usein johonkin geometriaan, teollisuuden alaan tai hallin kalustukseen ja järjestykseen optimoidut, ja voivat Tanilan esittämällä tavalla mennä pahasti harhaan erilaisessa tarkasteltavassa tuotantotilassa. Samalla sädeseurantamallilla voidaan laskea ennuste hallin äänenpainetasolle. Yhdessä materiaalimäärän ja sijoittelun ja ennustetun äänenpainetason aleneman tai jälkikaiuntaajan muutoksen kanssa saadaan suoraan investointipäätöksessä hyödyllinen ja tarvittava tieto. (Tanila, 2025).

Laadullisen aineiston analyysi

Laadullinen aineisto analysoitiin pääasiassa sisällönanalyyttisesti hyödyntäen teemoittelua ja tyypittelyä. Analyysissa yhdistettiin induktiivisen sisällönanalyysin (Tuomi & Sarajärvi, 2018) ja reflektiivisen temaattisen analyysin (Braun & Clarke, 2019; 2021) periaatteita. Valittujen lähestymistapojen yhdistäminen mahdollisti aineistolähtöisen analyysin sekä samalla tutkijoiden tulkinnallisuutta mahdollistavan analyysin, jossa teemat ymmärretään aktiivisen analyysityön tuloksiksi.

Analyysi toteutettiin iteratiivisesti ja vaiheittain etenevänä prosessina, jota ohjasivat tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset, mutta kirjoitettavien tutkimusartikkeleiden näkökulmasta koimme tärkeäksi pysyä avoimina aineistosta esiin nouseville uusille näkökulmille ja teemoille. Aineistosta kirjoitettiin hankkeen aikana viisi laadullisen tutkimuksen tekijöiden vetovastuulla ollutta tieteellistä artikkelikäsikirjoitusta. Näiden teemat valittiin yhdessä yhdistäen tutkimustavoitteita ja -kysymyksiä sekä tutkimuksen kuluessa merkittävimmiksi nousseita havaintoja ja teemoja. Näiden artikkelien työstäminen ohjasi osaltaan yhteistä aineiston analyysiä.

Käsikirjoitukset käsittelivät 1) kuulonsuojaimia ja kuulokekuuntelua työn sujuvuuden, työhyvinvoinnin ja työssä oppimisen näkökulmasta, 2) tehdastyötä ja asiantuntijatyötä yhdistäviä tehdastoimistoja ja niiden äänimaisemia, 3) teollisten äänimaisemien piirteitä ja äänimaisematoimijuutta, 4) työssä oppimista muuttuvassa teollisuustyössä sekä 5) äänimaisemiin liittyvää osaamista ja lukutaitoa. Artikkelien työstäminen myös tuki analyysin etenemistä ja auttoi jäsentämään laajan ja monipuolisen aineiston erilaisia ja keskeisiä teemoja.

Analyysi eteni useassa vaiheessa. Äänimaisemakävelyiden aikana kirjatut havainnot ja muistiinpanot orientoivat tutkijat analyysiin jo aineistonkeruun aikana. Alustavia havaintoja hyödynnettiin seuraavan haastatteluvaiheen suunnittelussa ja tarkentamisessa. Kenttähavaintojen perusteella tunnistettiin teemoja ja ilmiöitä, joita tarkennettiin haastattelujen avulla, sekä kohdennettiin

haastattelukysymyksiä niihin asioihin, jotka jäivät äänimaisemakävelyiden jälkeen tulkinnallisesti kiinnostaviksi. Näin kenttähavainnot ja alustava analyysi vaikuttivat suoraan siihen, mihin kysymyksiin haastatteluissa syvennyttiin ja mitä teemoja haastatteluilla tarkennettiin. Analyysi voidaan siten ymmärtää abduktiivisena prosessina, jossa aineistolähtöinen ja tulkinnallinen päättely vuorottelevat (Tuomi & Sarajärvi, 2018).

Haastatteluaineiston keruun jälkeen litteroidut haastattelut ja aiemmin puhtaaksikirjoitetut kenttämuistiinpanot luettiin useaan otteeseen rinnakkain. Aineistoa tarkasteltiin tässä vaiheessa ensisijaisesti yrityskohtaisina kokonaisuuksina, mikä mahdollisti kunkin tutkimuskohteen äänimaiseman erityispiirteiden ja kontekstien tunnistamisen. Tavoitteena oli muodostaa kokonaiskuva aineistosta sekä korostaa aineistosta toistuvia ja toisistaan poikkeavia teemoja ja kuvauksia. Seuraavassa vaiheessa yrityskohtaisista aineistoista korostettiin analyysiyksiköitä, eli muutamasta sanasta useiden lauseiden mittaisia ajatuskatkelmia (Braun & Clarke, 2019; 2021). Näitä katkelmia koodattiin aineistolähtöisesti kiinnittäen huomiota erityisesti äänten kuvaksiin, niille annettuihin merkityksiin sekä niiden yhteyksiin työn sujuvuuteen, työhyvinvointiin ja työssä oppimiseen. Yrityskohtaisten analyysien muodostamisen jälkeen analyysia syvennettiin vertailemalla eri yrityksiä koskevia havaintoja keskenään. Tämän vertailun avulla tunnistettiin yhtäläisyyksiä ja eroja teollisten äänimaisemien piirteissä, kokemuksissa ja merkityksissä sekä jäsennettiin ilmiötä monitapaustutkimukselle tyypillisesti tapausten välisessä suhteessa (Yin, 2018).

Analyysin luotettavuutta vahvistettiin useilla tavoilla. Analyysissa hyödynnettiin tutkijatriangulaatiota, eli hankkeen tutkijat osallistuivat aineiston keruuseen ja tulkintaan eri vaiheissa, ja tulkintoja käsiteltiin systemaattisesti yhteisissä projektipalavereissa. Tutkijoiden erilaiset taustat rikastivat analyysiä ja tukivat ilmiön tarkastelua monesta näkökulmasta. Samalla analyysi oli refleksiivistä: tutkijat tarkastelivat omaa rooliaan, ennakko-oletuksiaan ja tulkintojen rakentumista analyysiprosessin aikana, mikä on keskeistä refleksiivistä temaattista analyysia toteutettaessa (Braun & Clarke, 2021). Lisäksi aineiston tulkintoja tarkennettiin vertaamalla niitä jatkuvasti alkuperäiseen aineistoon, mikä on keskeinen osa sisällönanalyysiä (Tuomi & Sarajärvi, 2018). Työpajat toimivat myös eräänlaisena validointivaiheena, jossa alustavia tulkintoja voitiin reflektoida tutkimukseen osallistuneiden kanssa. Monimenetelmällinen aineisto puolestaan mahdollisti ilmiön tarkastelun useista näkökulmista ja tuki analyysin kokonaisvaltaisuutta.

Kokonaisuudessaan laadullisen aineiston analyysi tuotti moniulotteisen ja tulkinnallisesti syvällisen ymmärryksen teollisista äänimaisemista sekä niiden merkityksistä työn sujuvuudelle, työhyvinvoinnille ja työssä oppimiselle.

4 Tulokset

Tutkimuksemme kokoava havainto on, että tehtaista mitattavat akustiset suureet kuvaavat osia äänimaisemista, mutta kokonaisvaltainen ja toisaalta tarkka kuvaaminen edellyttävät henkilöstön kokemusten ja merkitysten annon huomiointia. On silti huomattava, ettemme tällä raportilla tavoita teollisia äänimaisemia kokonaisuudessaan. Äänimaisemat eivät myöskään näyttäydy samanlaisina kaikille (Bruce, 2023). Hyödynnämme tulosten esittelyssä osin myös tiedekäsikirjoituksissa esittämiämme havaintoja. Lisäksi hyödynnämme hankkeen julkisia esitelmiä.

4.1 Teolliset äänimaisemat työn sujuvuuden, työhyvinvoinnin ja oppimisen näkökulmista

Tässä alaluvussa kuvaamme tutkimuskohteinamme olleiden tehtaiden perusteella teollisten äänimaisemien luonnetta ja piirteitä sekä analysoimme niitä erityisesti työn sujuvuuden, työhyvinvoinnin ja työssä oppimisen näkökulmista eri aineistotyyppejä integroiden. On keskeistä huomioida, että rajasimme tutkimuksemme lähtökohtaisesti sellaisiin tehtaisiin, joissa ääniympäristö ei ylittäisi kuulolle vaarallisia desibelitasoja, mutta taustaäänet ja tehdasmelu silti olisivat sellaiset, että ne esimerkiksi vaikeuttavat puheviestintää. Tyypillisesti tutkimusaineistossa tasot olivat 75…85 dB, A-painotettuna. Joissakin työpisteissä ja -tehtävissä taso oli 65 dB, joissain selvästi enemmän. Jätimme siis tutkimuksesta pois niin sanotut kovan melun tehdasympäristöt ja toisaalta täysin hiljaiset tehtaat ja huomiomme koskevat eräänlaisia ”kohtuullisen tehdasmelun” työpaikkoja.

Rajauksesta huolimatta kaikkien tutkimiemme tehtaiden äänimaisemaa luonnehtii yleisesti ottaen käsite tehdasmelu (ks. Järvensivu ym., 2023), eli koneet ja työvälineet olivat äänekkäitä ja aiheuttivat jatkuvia taustaääniä, jotka etenkin tottumattoman kuulijan korvissa muodostivat vailla erityistä informaatiota tai merkityksiä olevan tehtaalle tyypillisen taustamelun. Toisissa halleissa tehdasmelu oli hiljaisempaa, toisissa kovempaa. Toisissa siihen sekoittui selkeämmin erottuvia ääniä, kuten kovaäänisiä melupiikkejä, kun taas toisissa yleinen äänimaisema oli tasaisempi.

Tehdasmelun muodostamaa taustaääntä merkityksellistettiin sekä kielteisesti että myönteisesti. Toisaalta tehdasmelu oli työntekijöille merkki työstä ja työn jatkuvuudesta (myös Järvensivu ym., 2023), mutta toisaalta siihen liittyi selkeitä työntekoa hankaloittavia ja jaksamista heikentäviä puolia. Tässä luvussa tuomme esiin keskeisimpiä havaintojamme teollisista äänimaisemista sekä niihin liittyviä erityispiirteitä erityisesti työhyvinvoinnin, työn sujuvuuden ja osaamisen kehittymisen näkökulmista. Käsittelemme äänimaisemien luonnetta kompleksisina sosioteknisinä systeemeinä, teollisia äänimaisemia mittaustulosten valossa, toimistomaista tehdastyötä erityisissä ”tehdastoimistoissa”, kuulonsuojainten ja kuulokkeiden käyttöön liittyviä kysymyksiä sekä tehdastyössä oppimisen mahdollisuuksia.

Äänimaisemat kompleksisina sosioteknisinä systeemeinä

Teollisia äänimaisemia voidaan luonnehtia kompleksisiksi sosioteknisiksi systeemeiksi (Appelbaum, 1997; Griffith & Dougherty, 2002), joissa koneiden äänet, ihmisäänet ja tehtaan ulkopuoliset äänet kytkeytyvät yhteen muodostaen moniaineksisen ja monikerroksisen teollisen äänimaiseman. Kompleksiselle systeemille ominaisesti äänimaisema riippuu suuresti havainnointipisteestä. Yksi teollisuusyritys sisältää usein monia tehdashalleja, jotka puolestaan sisältävät monia osastoja ja työpisteitä, joissa työntekijät työskentelevät hyvinkin erilaisissa tehtävissä ja käyttävät hyvin erilaisia koneita ja työvälineitä. Tällöin yhdessäkin yrityksessä työntekijät työskentelevät varsin erilaisissa äänimaisemissa.

Osa työntekijöistä myös liikkuu tehtaalla työpäivänsä aikana ja voi tällöin kulkea monien erilaisten äänimaisemien läpi. Jotkut tutkimiemme tehtaiden paikallisista äänimaisemista sisälsivät myös kuulolle vaarallisia ääniä. Tällöin työntekijä voi tehtaassa liikkuessaan altistua kuulolle

vaarallisille äänille, vaikka hän pääsääntöisesti työskentelisikin turvalliseksi arvioidussa ääniympäristössä. Tämänkaltaista vaihtelua ja altistumista voidaan mitata kiinnittämällä työntekijän olkapäälle mikrofoni ja työvaatteen taskuun meluannosmittari esimerkiksi työpäivän ajaksi.

Tutkimuksessa havaitsimme, että vaarallisten äänitasojen osalta toisistaan poikkeavat äänimaisemat, kuten hallien väliset erot, aiheuttivat tehtaissa helposti ristiriitoja ja hankalia tilanteita. Työntekijöiden olisi pitänyt käyttää kuulonsuojaimia kulkiessaan tietyissä tehtaiden tiloissa, vaikka pääasiallisessa työnteon paikassa tarvetta kuulonsuojaukselle ei olisi ollut. Tällöin kuulonsuojaimet jäivät helposti laittamatta. Työnantajien edustajat saattoivat ratkoa tällaisia tilanteita määräämällä koko halliin tai tehtaaseen kuulonsuojainten käyttöpakon ja kuulokekuuntelukiellon täyttääkseen oman työsuojeluvelvoitteensa. Tämän työntekijät taas saattoivat kokea liioitelluksi toimenpiteeksi tai työssä jaksamista heikentäväksi, kuten työntekijä seuraavassa sitaatissa pohtii.

> Kyllä se tietysti on iso muutos, jos siihen on tottunut, että työpäivän aikana kuuntelee vaikka äänikirjaa tai musiikkia tai jotain, ja sitten yhtäkkiä ei saakaan kuunnella. Kai se vähän voi harmittaa. Toiset paikat on tosiaan sellaisia, että melkein vois olla ilmankin kuulosuojaimia, mutta sitten on taas niitä paikkoja, että ei tule mieleenkään olla ilman.

Teollisten äänimaisemien systeemisyys, kerroksellisuus sekä paikallinen ja tilanteinen vaihtelevuus vaikeuttavat äänimaisemien yleisluonteista kuvaamista. Teolliseen äänimaisemaan tottumattoman korviin ensimmäinen havainto lienee kuitenkin usein hieman kaoottinen tehdasmelu, joka on lähtöisin systeemin teknisestä osasta, eli koneista, työprosesseista ja työvälineistä. Erilaisten äänten erottaminen tehdasmelusta vaatii huomion kohdentamista ääniin ja niiden keskittynyttä kuuntelemista sekä työprosessien ja koneiden tuntemista. Kuten seuraava sitaatti ilmentää, työntekijät osasivat eritellä oman työpisteensä äänimaisemaa äänenlähteiden avulla.

> Siis laitteesta siinä tulee sellaista kilinä-kolinaa. Kun metallit osuu toisiinsa, niin siitä tulee ääntä. Ja muuten siellä kuuluu ihan perushallimelua, hurisee ja tietyt koneet pitää ääntä.

Ulkopuolisen ja teollisille ääniympäristöille vieraan havainnoijan, kuten tutkijan, on havaitsemisesta huolimatta vaikea erotella ja tarkentaa erilaisia ääniä. Teollisuudessa on paljon työntekijöille tärkeitä ääniä kuten hälytysäänet, koneäänet ja työstön äänet. Nämä antavat työntekijöille tärkeää tietoa töistä ja töiden sujumisesta. Mutta ellei äänenlähteestä tai sen merkityksestä ole käsitystä, on vaikea sanallistaa ääntä. Aiemmissakin äänimaisematutkimuksissa on havaittu, että äänistä puhutaan yleensä viittaamalla niiden lähteeseen (esim. McGregor ym., 2006; Davies ym., 2013). Äänten sanallistamisen hankaluus vaikeutti myös tutkimustyötä. Oli vaikea esimerkiksi suhteuttaa hallien äänimaisemia toisiinsa, kun sanoja äänimaisemien kuvaamiseen ei tahtonut löytyä.

Teollisista äänistä keskusteleminen ja niiden luonnehtiminen äänenlähdettä tunnistamatta osoittautui tutkimuksessamme vaikeaksi myös tehtaan henkilöstölle. Sanastoa oli niukasti. Usein käytettyjä sanoja olivat ainakin kolina, kilinä, hurina, tömähdys, jyminä, rummutus, vingahdukset, surina ja pihinä. Seuraavassa sitaatissa toimihenkilö kuvaa hallin äänimaisemakokemustaan.

> Voisiko sanoa niin, että jos sinne tilaan menee, niin ehkä ensimmäinen aistimus on, että siellä kuuluu sellaista pihinää. Siellä on paljon mekaanisia järjestelmiä, ja kun konekanta on vanhaa ja osin niissä koneissa on pieniä ilmavuotoja, niin se pihinä on siellä sellainen äänimaailman ensifiilis, kun siitä ovesta astuu sisälle, ainakin itselle.

Ääniin liittyvän sanaston niukkuudesta johtuen teollisten äänimaisemien kuvaaminen tekstimuotoisessa raportissa on myös vaikeaa. Äänimaisematutkimuksen paradoksina onkin pyrkimys esittää tuloksia ja kuvata äänimaisemia ”äänettömästi”, eli kirjoitettuna tai puhuttuna kielenä. Kuvattaessa äänimaisemaa puhutun kielen keinoin menetetään vääjäämättä paljon. Toisaalta on toki huomioitava myös äänikokemusten kontekstisidonnaisuus, eli vaikka ääntä tallentaisi, kokemus äänestä ei toisaalla kuunnellessa olisi välttämättä ollenkaan sama. Tämän huomasimme myös itse kokeillessamme teollisten äänten tallennusta. Tallentimet ja kaiuttimet myös muuntavat ääntä, joten äänimaisemia on vaikea ylipäänsä siirtää toisaalle tutkailtaviksi. Toisaalta tällaisetkin havainnot alleviivaavat äänimaisemien tarkastelun tärkeyttä. Äänillä on taipumus kadota huomiokentästä, keskusteluista ja kirjoitetuista teksteistä, etenkin siirryttäessä pois niiden välittömästä fyysisestä läheisyydestä.

Tutkimuksemme perusteella teolliset äänimaisemat ovat erittäin vahvasti kietoutuneita muuhun teollisen työpaikan kontekstiin, mutta myös aikaan. Toisina aikoina äänet ovat voimakkaampia tai erilaisia kuin toisina. Esimerkiksi erilaiset akustiset mittaukset aiheuttivat paljon keskustelutarpeita tehtaissa. Oli tärkeää ajoittaa mittaukset perustellusti. Osa mittauksista, kuten jälkikaiunta-ajan mittaus, tuli toteuttaa mieluiten silloin, kun tehdas ei ollut käynnissä eikä tehdasmelun muodostama taustaääni sotkenut tuloksia. Laadullisen tutkimuksen tekijöille taas tällainen työntekijöistä ja työtoiminnasta tyhjä tehdas ei ollut kiinnostava.

Monella tapaa mielenkiintoisiksi osoittautuivat työstettävien materiaalien vaikutukset äänimaisemaan. Oli varsin tavanomaista, että mittauksia tehtäessä työntekijät kommentoivat ”olisittepa tulleet viime viikolla mittaamaan”. Koska tehtaissa usein valmistettiin erilaisia tuotteita, samallakin koneella esiintyi hyvin erilaisia äänitasoja materiaalista ja työstettävästä kohteesta riippuen, mikä puolestaan vaikutti, paitsi kyseisen työpisteen äänimaisemaan, myös laajemmin tehdashallin äänimaisemiin. Työstettävinä saattoi olla esimerkiksi hyvin erivahvuisia metalleja tai sekä metalleja että muoveja. Työstökohteet vaihtelivat asiakastilausten mukaan, ja eri materiaaleja saattoi tulla työjonoon hyvin epätasaisella rytmillä tai vain satunnaisesti. Materiaalit saattoivat vaihdella työntekijöiden näkökulmasta ennakoimattomasti.

Teollisiin äänimaisemiin materiaalien ja työnkohteiden vaihtelulla oli suuri merkitys, kuten myös työn sujuvuuteen ja työhyvinvointiin. On ilmeistä, että toisia materiaaleja työstettäessä äänet saattoivat olla merkittävästi kuormittavampia kuin toisia. Työntekijöiden oli myös opittava hallitsemaan monien erilaisten materiaalien ja tuotteiden työstäminen sekä näihin liittyvät oikeanlaiset ja vääränlaiset äänet, mikä edellytti merkittävää osaamisen kehittämistä. Tutkimuksen aikana mittaustuloksia pyrittiin hankkimaan tavanomaista monipuolisemmin, mutta tästä huolimatta mittareilla tavoitettiin tehtaiden äänten variaatiosta vain osa.

Teollisia ääniä on työelämän tutkimuksissa kuitenkin totuttu kuvailemaan numeroilla, eli erilaisilla äänisuureilla. Tyypilliset numeeriset teollisuuden äänisuureet kuvaavat meluannoksia, melun

voimakkuuksia, taajuuksia, impulssimaisuutta, kaiuntaisuutta ja äänien leviämisvaimennuksia. Ääniympäristöjä myös mallinnetaan erilaisin menetelmin ja ohjelmistoin (kuten tässä tutkimuksessa käytetty Odeon) ja mallinnusten tuloksia voidaan käyttää aluearvioinneissa ja meluntorjunnan laskennan perusteina.

Mittaukset ja laskelmat ovat tärkeitä ja antavat hyvää osviittaa, mutta niillä voidaan tavoittaa vain pieni osa teollisten äänimaisemien kompleksisista sosioteknisistä systeemeistä. Mittaukset kuvaavat ennen kaikkea ääniympäristön fysikaalisia ominaisuuksia. Äänimaiseman sosiaalisten, kokemuksellisten ja toiminnallisten ulottuvuuksien ymmärtäminen edellyttää niiden rinnalle myös muita tiedonkeruun tapoja, kuten laadullista tutkimusta.

Vaikka tutkimuskohteemme eivät pääsääntöisesti olleet sellaisia tehtaita tai tehtaiden osastoja, joissa vaarallisen melun dB-rajat olisivat ylittyneet, koneiden äänet tyypillisesti ylittivät tai peittivät ihmisäänet. Puheesta ei saanut kovin helposti selvää, ellei puhuja seisonut aivan vieressä. Tavanomaisesti keskusteluissa joutui pinnistelemään kuullakseen ja korottamaan ääntä puhuessaan tai jopa huutamaan tehdasmelun yli.

Tutkimuksemme osoitti ristiriidan siinä, että työntekijän tehtävien suorittaminen edellytti keskustelemista, mutta tehdasmelu ja mahdollinen kuulonsuojainten käyttö hankaloittivat kommunikaatiota. Työntekijöiden oli hakeuduttava keskustelukumppanin lähelle, korotettava ääntä ja terästettävä kuuntelua. Tämä koettiin kuormittavaksi. Keskusteleminen saattoi myös edellyttää työskentelyn ja koneen pysäyttämistä. Koska kommunikointi oli vaikeaa, keskustelu pyrittiin pitämään minimaalisena, jolloin jäi epävarmuutta siitä, oliko keskustelukumppani todella kuullut ja ymmärtänyt. Nämä seikat vaikuttavat työprosessien sujuvuuteen, mutta myös työhyvinvointiin ja oppimiseen.

Akustisessa mielessä äänien erottumisessa on kysymys toisaalta taustamelun ja tietyn äänen voimakkuuseroista (signal to noise suhde eli S/N). Äänilähteen etäisyydellä on tällöin merkitystä. Esimerkiksi huuto yhden metrin etäisyydeltä on noin 77 dB, kovaääninen puhe metrin etäisyydeltä on noin 65 dB. Akustiikkasuunnittelussa ajatellaan tavanomaisesti, että teollisissa tiloissa etäämmältä tulevien äänten pitäisi olla hyvin vaimentuneita ja lähietäisyydeltä tulevien äänien tulisi erottua hyvin. Tähän liittyy oleellisesti tilan kaiuntasäteen käsite. Myös kuulonsuojainten mikrofonitekniikka pyrkii viestinnän ymmärtämisessä tämänkaltaiseen kehittämiseen. Akustiikassa näihin liittyvä suure on puheen häirintätaso (PSIL = preferred speech interference level), jonka arvon pitäisi olla noin 7 dB pienempi kuin puheen äänitaso. Tämä tarkoittaa, että hyvän viestinnän saavuttamiseksi puhe-etäisyydellä (esimerkiksi metri) taustaäänitason tulisi olla A-äänitasona alle 60 dB. Tehtaissa tällaisiin tavoitearvoihin ei välttämättä päästä, vaan tarvitaan sähköistä äänentoistoa tai melun teknistä torjuntaa.

Tutkijat ja tehtaiden toimistotyötä tekevät kokivat tehdasmelun helposti rasittavaksi. Keskustelu pyrittiin tällaisissa olosuhteissa rajoittamaan minimiin. Jäi kuitenkin jossain määrin epäselväksi, kokivatko tehdasmeluun tottuneet työntekijät tehdasmelun ja siinä kommunikoinnin yhtä rasittavaksi kuin satunnaiset vierailijat. Joka tapauksessa monissa haastatteluissa viitattiin tehdasmelun rasittavuuteen. Useita kertoja tuli esiin esimerkiksi työntekijöiden tarve työpäivän jälkeen palautua hiljaisessa ympäristössä. Lisäksi esiin nostettiin haasteet sen tunnistamisessa, oliko työkaveri

todella kuullut oikein, mitä hänelle oli sanottu. Toistaminen huutamalla koettiin raskaaksi ja joskus hyödyttömäksikin. Tämänkaltaisilla tilanteilla oli kielteisiä vaikutuksia niin työn sujuvuuteen ja työhyvinvointiin kuin työssä oppimisen mahdollisuuksiinkin.

> Toki se [kommunikointi] on vaikeaa, jos on melua. Lähtökohtaisesti valvomot on hyvinkin rauhallisia ja suunniteltu rauhallisiksi paikoiksi. Mut riippuen sitten siitä, missä se henkilö on, niin kyllä siinä on välillä työ ja tuska saada kommunikoitua sinne toiseen päähän se asia oikein. Ei tarvi olla paljoakaan melua, riittää vaikka se, että se kärry tai jotain muuta tavaraa siirretään siitä ohi, niin alkaa jo olla vaikeuksia pystyä kommunikoimaan niin, että varmasti ollaan kuultu kaikki oikein.

Teknisten, eli koneista, työvälineistä ja työprosesseista lähtevien äänten, voidaan todeta tavanomaisesti olevan teollisissa äänimaisemissa jossain määrin hallitsevia suhteessa ihmisääniin, mistä on seurauksia työhyvinvoinnille ja työssä oppimiselle. Vuorovaikutukseen perustuva sosiaalinen ja yhdessä oppiminen on teollisissa äänimaisemissa selvästi vaikeampaa kuin toimistotyössä tai verkkovälitteisessä työssä. Tilannetta hankaloittaa vielä se, että työpisteet saattavat olla melko kaukana toisistaan eikä niiltä välttämättä ole mahdollista poistua. Mikäli kommunikaatiotarve oli tällaisissa tapauksissa työnantajan tunnistama ja alueella kuulonsuojainten käyttövelvoite, saatettiin työntekijöille hankkia radiokuulonsuojaimia helpottamaan kommunikaatiota. Toisinaan työntekijät ja työnantajan edustajat näkivät työhön liittyvän kommunikaatiotarpeen eri tavoin.

Teollisten äänimaisemien moninaisuuteen liittyy niiden monipuolisen sosioteknisen koostumuksen ohella myös äänimaisemien runsas vaihtelu tilojen ja työprosessin osien välillä. Jo muutaman metrin liikkuminen tehdashallissa saattaa muuttaa äänimaisemaa niin työntekijöiden havaintojen ja kokemusten kuin mittaustulostenkin näkökulmista. Toisaalta äänet leviävät yhdeltä työpisteeltä toiselle. Toisen työstä lähtevä ääni koetaan yleensä helpommin kielteiseksi kuin oman työn ääni, jota työntekijä pystyy paremmin ennakoimaan ja hallitsemaan (myös Järvensivu ym., 2023).

Toisin sanoen teolliset äänimaisemat limittyvät ja muodostavat erilaisia toisiinsa kytkeytyneitä kerroksia. Eri tehdashalleissa on toisistaan poikkeavat äänimaisemat ja äänimaisemat vaihtelevat myös osastoittain ja työpisteittäin. Viime kädessä jokaisella työntekijällä on hieman omanlaisensa äänimaisema, johon omat sävynsä saattaa tuoda myös kuulokekuuntelu (myös Järvensivu ym., 2023). Tehtaan ulkopuoliset äänet välittyvät teollisten äänimaisemien osiksi kuulokekuuntelun kautta. Kuulokkeiden sisään muodostuu jossain määrin työntekijän omassa hallinnassa oleva äänimaisema, jota hän voi muokata haluamaansa suuntaan ja palvelemaan erilaisia tarkoituksia (myös Järvensivu ym., 2023).

Yleisesti ottaen teollisia äänimaisemia voidaan luonnehtia vaihteleviksi ja eläväisiksi sekä kerrokselliisiksi ja kompleksisiksi sosioteknisiksi systeemeiksi, joissa tekniset äänet hallitsevat suhteessa sosiaalisiin. Teollisuuslaitosten taustaääni, eli tehdasmelu, on teollisten äänimaisemien erityispiirre, joka usein kuuluu myös tehdashallien ulkopuolelle. Osa tehtaista hiljenee tai vaikenee kutakuinkin kokonaan esimerkiksi työvuorojen vaihtuessa tai illoiksi ja viikonlopuiksi työn äänten tauotessa, mutta osa jatkaa tauotta. Vaikka teollisen työn jatkumisen keskeisin merkki lienee tehdasmelu, sen yksityiskohtaisemmat piirteet ja merkitykset eivät tehtaan ulkopuolisille juuri avaudu.

Teollisuuden äänimaisemien fysikaalis-akustinen luonne

Teollisuustilat saattavat olla kaikuisampia kuin toimistotilat tai palvelualan työtilat, jolloin ääni myös vaimenee edetessään hitaammin. Tällaisille äänille voimakkuudeltaan 60...80 dB ja niiden ominaisuuksille on vain vähän ohjearvoja. Lähinnä viestinnän vaikeutuminen tai kaikuisuus ovat asioita, joiden parantamiseksi tehdään tehtaissa toimenpiteitä. Vaikka näissä tiloissa melulle altistuminen usein jää alle toiminta-arvojen tai raja-arvojen, lyhytaikaisia melupiikkejä esiintyy.

Mittaustuloksiin perustuen tutkimuskohteidemme äänimaiseman kaiunnan suhteen voidaan todeta olevan johdonmukaisesti alle 3,0 s. Standardin SFS (2022) 5907 aiemmassa laitoksessa sanotaan 10 000 m3 teollisuustilan jälkikaiunta-ajan C-luokan tilan vähimmäisvaatimukseksi 2,2 s. Kaikki mitatut tilat käytännössä vastaavat tätä. Vain yksi suuri uudehko kokoonpanohalli oli kaiunta-ajaltaan 2,9 s, mikä aistittiinkin hälyisenä ympäristönä.

Standardin uudemman laitoksen SFS 5907:2022 mukaan huonevaimennusta kuvaava suure leviämisvaimennus parhaan A1-luokan tilassa pitäisi olla 9 dB tai enemmän (tarkoittaa montako desibeliä melu vaimenee etäisyyden lähteestä kaksinkertaistuessa). Tutkimuksessa mitattujen tuotantotilojen vaimennus ei ole yhtä hyvä, ollen tyypillisesti 3...5 dB, parhaimmillaan 6 dB, kuten taulukossa 3 esitetään. Erikoinen tulos on, että yhden avotoimistomaisen toimistotilan vaimennus on vain 3...4 dB. Avotoimistoa pidettiin hälyisänä, varsinkin kun tuotannon melu kuuluu sinne.

Vaikka riittävä huonevaimennus on olennainen perusta teknisesti hyvälle ääniympäristölle, vaatii aistittavan suuruisen jälkikaiunta-ajan muutoksen aikaansaaminen tutkitun kokoisissa halleissa tavallisesti 500...1000 m2 vaimennusmateriaalin lisäystä. Silloin voi olla meluntorjunnan kannalta tehokkaampi vaihtoehto ohjata investointi käsityökalujen uusintaan. Näin voidaan saada vääntötyökalujen tyyppi päivittämällä n. 20 dB alempi melupäästö.

Kirjallisuuden perusteella ihminen havaitsee jälkikaiunta-ajan jopa vain 10 % suuruisen lyhenemisen, käytännön tilassa usein noin 0,3...0,5 s (Błasiński ym., 2024; Frissen & Katz, 2009; ISO, 2009/3382). Tämä havaittiin projektin tulosten ja edellisen TSR:n rahoittaman projektin tulosten perusteella käytännössä pieneksi muutokseksi.

Käytännössä osoittautui, että esimerkiksi 2,5 s jälkikaiuntaisen hallin huonevaimennuksen mitoitus tulee tehdä niin, että suunnitteluarvo on n. kolmasosan pienempi, tässä n. 1,5 s. Silloin käyttäjä havaitsee muutoksen, kokee hälyn vähentyneen ja on tyytyväinen korjaukseen.

Taulukko 2. Esimerkki käsityökalujen erilaisista melupäästöistä

Työkalu	Melutaso työvaiheen aikana (60 s) [dB]
Akkuväännin	93
Sähköinen impulssiväännin	74

Teollisuuden ääniympäristö on tavallisesti taajuussisällöltään laajakaistaista, missä voi esiintyä kapeakaistaisia komponentteja ja meluimpulsseja. Taustamelutaso on useimmiten selvästi

voimakkaampaa kuin palvelualoilla tai ympäristössä. Melu syntyy yleensä koneista, laitteista, prosesseista, kuljetuksista sekä nykyään enenevässä määrin koneiden ja laitteiden hälytysäänistä ja viestinnästä. Tyypillisiä äänen lähteitä ovat paineilman käyttö, mekaaniset kolinat, hiontaäänet, metallien käsittelyt (sorvaus, hionta, hitsaus, työstö) sekä erilaisten käsityökalujen käyttö.

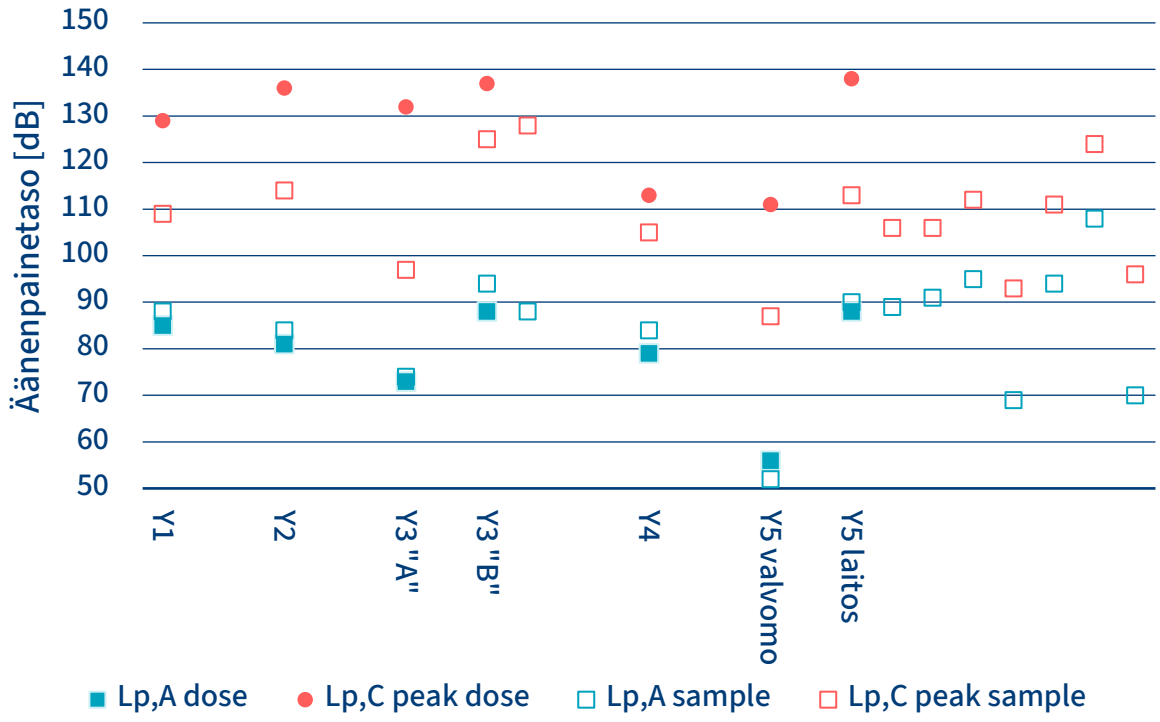
Tässä tutkimuksessa tarkastellut yritykset olivat tavanomaisia keskisuuria yrityksiä metalliteollisuudesta (kokoonpano, sähkölaitteiden kokoonpano, ohutlevyvalmistus), lisäksi mukana oli kemianteollisuuden ja energiateollisuuden yritys. Hankkeen alkuperäinen suunnitelma tutkia melua, joka on mahdollisesti häiritsevää mutta ei kuulolle vaarallista toteutui annosmittausten perusteella hyvin. A-painotettu ekvivalenttitaso on esim. L_{pAeq} 73dB, 83 dB tai 79 dB meluannoksena. Tällöin voisi olla mahdollista myös käyttää musiikkikuuloketta lainsäädännön puolesta, ja silti saada sanottu n. 10 dB vaimennus. Eri asia on se, aiheuttaako kuulokekuuntelu viestinnän tai varoitusäänten havainnoimisen ongelman ja tästä on syytä tapauskohtaisesti keskustella.

Seuraavassa taulukossa vertaillaan annosmittauksessa (kesto 4...5 h) saatua A-painotetun ekvivalenttisen melun tasoa näytemittauksella saatuun tulokseen. Meluannosta arvioidaan joskus näytemittauksen perusteella. Vaihtelevaa melua aiheuttavassa työssä, kuten käsityökalujen käyttö tai hitsaus, näytemenetelmä vaikuttaa lievästi yliarvioivan meluannoksen. Tavallinen ajatus lienee mitata työvaiheen aikana (hitsaus, rälläköinti, moukarointi), jolloin työhön kuuluva tarkastus- ja asetteluaika jää tarkastelematta.

Hankalampi näytemittauksen puute on se, että taas impulssimelua arvioiva C-painotettu huipputaso vaikuttaa jäävän havaitsematta. Kunnollisessa annosmittauksessa nauhoitetaan 20...30 dB suurempia C-painotettuja huipputasoja. Aikasarjaa tarkastelemalla nämä ovat todellisia melutapahtumia, ei vahinkotulos. Tällöin tulosta toimenpiderajaan verratessa on tärkeää, että käytössä on annosmittauksen tulos pidemmältä ajalta.

Taulukko 3: Annosmittauksen ja näytemittauksen melutasojen vertailu

Näyte- ja annosmittauksen vertailu, taso [dB]	Y1	Y2	Y3 ”A”	Y3 ”B”	Y4	Y5 valvomo	Y5 laitos
Lp,A annos	85	81	73	88	79	56	88
LpA näyte	88	84	74	94	84	52	90
LpCpeak annos	129	136	132	137	113	111	138
LpCpeak näyte	109	114	97	125	105	87	113



Kuva 4. Melulle altistumisen tulokset yrityksissä. Annos- ja näytemittauksen vertailu.

Perinteisesti teollisuuden melua mitataan A-painotettuna keskiäänitasona Lp,Aeq, huipputasona LCpeak, äänien spektreinä sekä tilan kaiuntaisuutena. Psykoakustiset suureet eivät pystyneet antamaan merkittävää uutta lisätietoa äänen häiritsevyydestä. Osittain suureet selittivät joitakin äänien piirteitä. Kokonaisuudessaan laskettu häiritsevyys korreloi parhaiten keskiäänitason eli LAeq suureen kanssa. Tämä on aika luontevaa, koska kuulojärjestelmän taajuusvaste vastaa suunnilleen A-taajuussuotimen taajuusvastetta 60-80 dB äänitasoalueilla (ISO, 2006/226). Tällöin äänekkyys, häiritsevyys, tonaalisuus, pien- ja suurtaajuisen spektrin suhde eivät tuoneet merkittävää lisäarvoa äänisuureisiin.

Tasosuureet korreloivat keskenään, koska ne mittaavat samaa asiaa, äänienergiaa, eri taajuus- ja aikapainotuksilla. LAeq ja LAFmax ovat molemmat A-painotettuja, ja C-painotettu LCpeak on melko tasaisessa teollisuusmelussa suunnilleen vakioetäisyydellä keskitasosta. STI laski tason kasvaessa (järjestyskorrelaatio -0,94), mikä sopii sen toimimiseen tasoindikaattorina.

Äänen luonnetta kuvaavat suureet eivät riipu tasosta, koska useimmat niistä ovat suhdelukuja: sävyisyys (tonality) vertaa huippua ympäristöönsä, huippukerroin (crest) huippua RMS-arvoon, HF- ja LF-suhde kaistaenergioita keskenään, ja tasaisuus (flatness) spektrin geometrista keskiarvoa aritmeettiseen. Äänitason vakiosuuruinen nousu ei muuta mitään näistä, joten ne seuraavat tasoa vain, jos äänilähteen luonne ja melun taajuussisältö muuttuu tason kasvaessa.

Poikkeuksia ovat spektrin kaltevuus ja terävyys (korrelaatio LAeq:n kanssa 0,80 ja 0,64). Nekin ovat periaatteessa normalisoituja, joten yhteys johtuu lähteistä, ei laskennasta: aineiston kovimmilla äänillä on myös erilainen spektrijakauma.

Korreloimattomuus ei tarkoita merkityksettömyyttä. Havaintomallit lisäävät tason rinnalle muita ulottuvuuksia: Zwickerin ja Fastlin häiritsevyysmalli yhdistää voimakkuuden terävyyteen, karheuteen ja vaihtelun voimakkuuteen, ja ISO 1996-2 lisää mitattuun tasoon korjaukset sävy- ja impulssimaisuudelle. Kaksi samalla LAeq:lla mitattua ääntä voivat siis häiritä eri tavoin, ja eron selittävät juuri ne suureet, jotka eivät seuraa LAeq:ta.

Sisätiloissa ja valvomoissa pientaajuinen melu nousee esiin, mutta taustamelua kuuluu sisätiloihin. Puheensiirtoindeksi STI 0,1-0,6 ei merkittävästi eronnut tehtaiden lattiatasolla eikä tehtaiden välilläkään. STI-arvo alle 0,4 tarkoittaa, että puheen ymmärrettävyys on huono ja esimerkiksi hyvän puheen ymmärrettävyyden kannalta STI-arvon pitäisi olla suurempi kuin 0,7. Teollisuuden näkökulmasta pieni STI-arvo tarkoittaa myös, että äänen vaimentuminen ei ole hyvä, jolloin taustamelusta syntyy paljon häiriöitä ymmärrettävyydelle.

Kun toisaalta tilojen jälkikaiunta-ajat olivat kohtuullisen pienet, tämä tarkoittaa, ettei kaiuntaisuus häiritse puheen ymmärrettävyyttä. Siksi myös STI-arvoa 0,1–0,6 on pidettävä olosuhteisiin nähden hyvänä. Tämä kuitenkin tarkoittaa, että puheviestinnän kannalta puhujan ja kuulijan pitää olla suhteellisen lähellä toisiaan.

Taulukon 4 kaikilla riveillä ei ole kaikkia laatusuureita analysoituna, menetelmä tuli käyttöön vasta projektin puolivälissä. Silloin oli jo ehditty tehdä aineistonhankinta osalla tehtaista, eikä nauhoitusta pystytty aikataulusyystä täydentämään.

Taulukko 4. Lasketut äänen laatusuureet ja näihin liittyvät huonevaimennuksen mittaluvut

Factory	LAeq [dB]	LCpeak [dB]	Loudness, Zwicker [dB]	Sharpness, Zwicker [dB]	Annoyance, Zwicker-Fastl	Tonality [dB]	STI	RT [s]	DL2 [dB]
ver-tailu-arvo	85	137	-	-	-	6	0…1	2,0	5…7
Y1	73…85	115…142						2,9	
Y1 #6	45…77	84…97	7…40	12…15	40…200	10…22	0,46…0,61	2	
Y1 #4	85	129	14	13		11	0,59	1,8	6
Y4	75…81	107…109	30…67	13…17	172…365	9…11	0,29…0,52	1,3…1,5	5
Y2	77…84	123…143	13…80	10…17	51…363	10…16	0,18…0,53	1,0…1,5	4…6
Y5	45…114	65…119				11…30	0,08…0,27	2,3	
Y5 tsto	49…56	79…93	10,8	9,6	45,9	14	0,27	0,7	3…4
Y3 B	74…94	123…144						1,5…2,0	3…5
Y3 A	57…78	112…132						1…1,5	6…8

Yhteenvetona voitaneen todeta äänen häiritsevyydestä ja viestinnästä, että tilan kaiuntaisuus ei saa olla liian suuri, STI-arvo kauempana viestin lähettäjästä pitäisi olla mahdollisimman pieni ja lähellä vastaanottajaa suuri. Suurin ongelma teollisuuden viestinnässä on yleensä voimakas taustamelu, esimerkiksi yli 70 dB, jolloin esimerkiksi puheviestintä onnistuu vain lähietäisyydeltä. Viestinnän kannalta syvällisempi viestintä onkin usein syytä tehdä erillisissä tiloissa, mihin taustamelu ei kantaudu, kuten usein tehdäänkin.

Kuulonsuojaimet ja kuulokekuuntelu osana teollisia äänimaisemia

Vaikka tutkimuskohteina olleet yritykset eivät olleet yleisesti kuulolle vaarallisen melun alueita, niissä oli osastoja ja työtehtäviä, joissa oli käytettävä kuulonsuojaimia. Suojainten tai kuulokkeiden käyttämisestä päättää työnantaja, ja perusteet löytyvät valtioneuvoston asetuksesta VNa 85/2006. Perusteena on tehtävään liittyvä riskinarviointi. Jos työhön liittyy kuulovaurioriski, tarvitaan teknistä meluntorjuntaa. Jos se ei ole mahdollista, työntekijän kuuloa pitää suojata esimerkiksi viestintäsuojaimilla, mitkä mahdollistavat varoitus- ja hälytysäänien kuulemisen. Toisaalta jos kuulovaurioriskiä ei ole ja käyttö voi aiheutua tapaturman vaaraa, työnantaja voi myös kieltää kuulokkeiden tai muiden viestintävälineiden käytön.

Kuulonsuojaimet muodostavat työntekijälle yksityisen äänimaiseman hieman vastaavalla tavalla kuin kuulokkeetkin. Kuulokekuuntelun yleistyttyä yhteiskunnassa se on tavanomaistunut myös tehdastyössä. Tutkimuksen aikana tuli selvästi esiin, miten vaikea on hahmottaa kuulonsuojainten ja kuulokkeiden valikoimaa, niiden eroja ja käytön rajoitteita. Valikoimasta löytyy myös näiden yhdistelmiä, eli omien ohjelmien kuuntelun mahdollistavia kuulonsuojaimia. Tällaisten ohella jotkut työntekijät rakensivat omaa äänimaisemaansa asettamalla kuulonsuojaimia ja kuulokkeita eri tavoin päällekkäin. Toisinaan työntekijät käyttivät vain yhtä kuuloketta, jolloin toisella korvalla saattoi tarkkailla ympäröivää äänimaisemaa ja toisella kuunnella omavalintaisia ääniä.

Pelkästään äänten vaientamiseen tarkoitetut kuulonsuojaimet voivat muodostaa äänimaiseman, jonka työntekijä kokee kielteiseksi. Haastatteluissa tällaista tilannetta luonnehdittiin ”yksin omien ajatusten kanssa jäämiseksi”. Tutkijat tekivät vastaavia havaintoja liikkuessaan tehtaissa ääniympäristöön nähden ylivaimentavien tavallisten peruskuulonsuojainten kanssa: ympäristön havainnointimahdollisuuden heikentyessä olo oli epävarma ja tukkoinen.

Lisäksi havaitsimme kuulonsuojainten sisällä äänimaiseman muodostuvan erilaiseksi kuin niiden ulkopuolella, sillä suojaimet vaimensivat osaa äänistä mutta vahvistivat toisia. Liika äänimaiseman vaimennus kuulonsuojaimilla voi tunnetusti myös aiheuttaa työturvallisuusriskejä, mikäli esimerkiksi lähestyvä trukki jää havaitsematta. Samasta syystä kuulokekuunteluun saatetaan teollisuusyrityksissä suhtautua kielteisesti. Kuulonsuojainten muokkaamaan äänimaisemaan liittyy olennaisesti kuulonsuojaimen ylivaimennus. Ylivaimentavan suojaimen käyttäjä eristyy ympäristöstään epätarkoituksenmukaisella, jopa vaarallisella, tavalla ja kokemus voi olla ahdistava. Monet työntekijät pohtivat tarkasti, millainen vaimennus voisi olla optimaalinen.

> V: Kyllä varmaan ainakin 90 prosentilla porukasta on jonkinlaiset nappikuulokkeet, koska nekin jo vaimentaa vähän. Mä vaan totesin, että mä otan ne isommat, ne vaimentaa vielä vähän enemmän. Mutta kyllä se aika synkkää on ilman kuulokkeita olla.
>
> K: Synkkää millä tavalla?
>
> V: Siis meteliä, ja sitten onhan se vähän tylsää, kun toihan on nyt kuitenkin aika yksinäistä tekemistä. Niin onhan ne päivät silloin vähän pitkiä.

Työntekijät liittivät niin kuulonsuojaimiin kuin kuulokekuunteluunkin monenlaisia kielteisiä ja myönteisiä merkityksiä. Työnantajan edustajien näkökulmat poikkesivat näistä joiltain osin. Työnantajan edustajat eivät välttämättä esimerkiksi tunnistaneet työntekijöiden keskustelutarpeita samassa määrin kuin työntekijät itse. Tämä puolestaan saattoi vaikuttaa arvioihin siitä, millaiset kuulonsuojaimet olivat työssä tarpeen. Toisinaan keskusteluja myös pyrittiin kohdentamaan tauoille ja taukotiloihin, mikä ei työstä palautumisen kannalta ole ihanteellinen ratkaisu. Toisinaan myös taukotilat itsessään olivat usein meluisia eivätkä täysin mahdollistaneet irtautumista työn äänistä, mikä sekin vaikeutti palautumista.

Niin kupukuulonsuojaimiin kuin tulppasuojaimiinkin liitettiin haastatteluissa työn sujuvuuden ja työhyvinvoinnin näkökulmista kielteisiä seikkoja. Tällaisia olivat esimerkiksi kupusuojainten hankalakäyttöisyys yhdessä suojalasien ja kypärän kanssa. Vastaavasti tulppasuojainten puhtaanapito koettiin hankalaksi. Niiden mukana koettiin menevän herkästi likaa korvakäytäviin. Työntekijöiden mukaan kuulonsuojaimia oli työtehtävien vuoksi myös otettava välillä pois, jotta voisi kuulla tärkeitä ääniä koneista ja työprosesseista tai kommunikoida työtoverin kanssa. Tämä oli hankalaa ja aiheutti epähygieenisyyshaasteita, mutta kovassa melussa se saattoi olla myös vaarallista. Työtehtävän ja työntekijän näkökulmasta huolellisesti valitut kuuntelun mahdollistavat kuulonsuojaimet nähtiin tärkeiksi, mikäli kuulonsuojaimia oli työssä käytettävä. Mikäli työnantaja tarjosi eri työtehtävissä toimiville erilaisia kuulonsuojaimia, erojen koettiin helposti muodostavan epäyhdenvertaisuutta työntekijäryhmien välille.

Seuraava kommentti ilmentää, miten tarkoin valittujen kuulonsuojainten ajateltiin olevan keskeisiä sekä työhyvinvoinnin että tuottavuuden näkökulmista.

> Mä toivon, että ensinnäkin helpottais sitä kuulokeasiaa, että ihmisillä olis mahdollisuus, ei kaikki tietenkään halua niitä kuulokkeita ottaa, pystyä niiden avulla soittamaan puheluita ja vastaanottamaan puheluita ja samoin kuuntelemaan jotain muutakin kuin pelkkiä niitä ei-haluttuja ääniä. Elikkä se tois sitä työssä viihtyvyyttä. Se vähentäis sitten poissaolojakin.

Haastatteluissa tuotiin esiin monia kuulokekuuntelun hyviä puolia työn sujuvuuden, työhyvinvoinnin, työssä jaksamisen ja oppimisen näkökulmista. Kuulokekuuntelulla työntekijät esimerkiksi paransivat työssä jaksamistaan rutiinityössä ja pitivät yllä vireystilaa yövuorossa. Kuten toimistotyön tapauksessa on laajasti tunnistettu, myös teollisuustyössä työntekijä voi myös tukea keskittymistään vastamelukuulokkeilla tai kuuntelemalla työhön sopivaa taustamusiikkia. Tämä on keskeistä ymmärtää tehdastoimistojen yleistymisen ja tehdastyön asiantuntijatapaistumisen vuoksi. Tehtaissa kuunneltiin myös oppimistarkoituksessa äänikirjoja tai podcasteja.

Tutkimuksen aikana havaitsimme tarpeen ymmärtää paremmin kuulonsuojainten ja kuulokkeiden toimintaa tehdasympäristöissä. Asia oli monessa tehtaassa vilkkaan keskustelun kohteena ja linjauksia etsittiin. Tätä varten yksi akustiikka-asiantuntijoista testasi erilaisia kuulonsuojaimia ja vertasi esimerkiksi äänitasoja kuulonsuojaimen sisä- ja ulkopuolella. Hankkeessa laadittiin näiden havaintojen ja analyysien pohjalta ohjeet kuulonsuojainten valintaan ja käyttöön. Seuraavaksi avaamme saatuja tuloksia.

Kohde 1. Kävelijän kuulonsuojaimen ulkopuolella äänitaso oli tavanomainen teollinen äänitaso, missä oli taajuuksia koko taajuusalueella, mutta merkittävimmät A-äänitasoon vaikuttavat taajuudet olivat 300-2000 Hz. Kun tarkastellaan kuulonsuojaimen sisäpuolella olevaa äänitasoa, huomataan, että taajuusalueella 16-200 Hz oleva äänitaso on voimakkaampi kuin kuulonsuojaimen ulkopuolella. Taajuusalueella 1600-6000 Hz suojaimessa oleva äänitaso on selvästi pienempi kuin mitä kuulonsuojaimen odotettu vaimennus antaisi olettaa. Tähän vaimennuksen vähenemiseen vaikuttaa kiertokäynnillä tapahtunut koehenkilön puhuminen ja liikkumisesta syntyneet äänet.

Kohde 2. Tulosten mukaan kuulokkeet (huom. ei kuulonsuojaimet) vaimensivat korvaan pääsevää melua 7-10 dB. Lisäksi vastamelutoiminnan kytkeminen päälle muutti äänitason selvästi miellyttävämmäksi, vaikka melulle altistuminen pysyi samana. Syynä on se, että vastamelutoiminto vaimentaa pientaajuista melua, jolloin vaikutus melulle altistumiseen A-äänitasona jäi pieneksi. Siis tästä voidaan päätellä, että kuulokkeen vaimennuskyky jää alle 15 dB eikä se siten täytä kuulonsuojainvaatimuksia. Kuulokkeen riittämätön toiminta tuli esille kulmahiomakoneen aiheuttamassa melussa, kun kuulokkeen sisäpuolelle pääsi 100 dB äänitaso, mikä lisää kuulovaurioriskiä. Toisaalta sitten viestintäkuulonsuojaimessa viestintäkanavan ollessa auki korvaan pääsevä melu vahvistui suojaimen ulkopuolella olevasta 3 dB, mikä on sallittua, kun melutaso suojaimen sisäpuolella jää alle arvon 82-85 dB.

Kohde 3. Tulppasuojaimesta ei ollut äänimaisemakävelyllä hyötyä, korvakäytävässä melu oli noin 10 dB voimakkaampi kuin altistava melu olkapäällä. Syyt tähän olivat pientaajuisen melun vahvistuminen kävelyn ja liikkeiden seurauksena ja toisaalta puhetaajuisen melun korostuminen korvakäytävässä, kun korvakäytävän suu on suljettu. Nielun ja välikorvan yhdistävä Eustachian putki kuljettaa ääntä tehokkaasti nielusta välikorvaan ja edelleen tärykalvon kautta korvakäytävään. Puheen voimakkuus korvakäytävässä oli 95-100 dB, kun vastaavasti altistava melu olkapäällä oli 70–80 dB. Kävelyn äänet eivät kuuluneet korvakäytävään yhtä voimakkaasti kuin kupukuulonsuojaimia käytettäessä, mutta infraääntä ja pientaajuista melua oli taltioinneissa runsaasti keskimäärin 75–90 dB. Korvakäytävän ja ulkokorvan sulkeutuminen lisää pientaajuisen äänen paineita/resonansseja ja sitä kautta olo on erilainen kuin ilman kuulonsuojaimia.

Selitys pientaajuisen melun osalta kuulonsuojaimissa liittyy suojaimen käyttäjän liikkumiseen eli kävely äänitasoalueella 70–80 dB aiheuttaa suojaimeen värähtelyä, mikä osaltaan sitten kuuluu meluna suojaimen sisäpuolelle. Askelten vaikutuksesta korvakäytävän suulle ja korvakäytävään syntyneet äänet olivat selvästi kuultavissa taltioinneissa. Muutkin liikkeet aiheuttavat kuvun värähtelyä, mikä näkyi pientaajuisena äänenä suojaimen sisällä olevassa äänimaisemassa. A-äänitason suodin leikkaa lähes täysin tässä kuvatun pientaajuisen melun, vaikka suojaimen käyttäjä sen kuulee. Kuulonsuojainten valmistajat eivät yleensä ilmoita suojaimen vaimennusarvoja alle 125 Hz taajuuksilla, joitakin tutkimustuloksia asiasta on (Pääkkönen, 1992).

Puhetaajuudella erityisesti suojaimen käyttäjän mutta myös muiden henkilöiden puhe aiheutti ääntä suojaimen sisäpuolelle. Mikrofoni korvakäytävän suulla tallensi puhetta kuitenkin hyvin eri tavalla kuin suojaimen käyttäjä koki, koska suojaimen käyttäjän puhe kulkeutuu korvaan myös nielusta lähtevän ja välikorvaan päätyvän painetasausputken kautta sekä luujohtumisena. Tätä asiaa on harvoin tutkittu, mutta ero oli varsin selvä aistittuun ja mikrofonin taltioimaan ääneen nähden. Kun puhetta ei ole ja suojaimen käyttäjä on liikkumatta, suojain vaimentaa niin kuin oletetaan äänen yleensä vaimentuvan ja kokemus on, että suurempitaajuiset äänet vaimentuvat ja

äänimaisema tuntuu miellyttävämmältä kuin ilman suojaimia. Siis äänitaso vaimentuu ja myös keski- ja suuritaajuiset äänet vaimentuvat muita taajuuksia enemmän. Tämä koettaneen vähemmän häiritsevänä.

Kuten edellisestä havaitaan, ongelmia kuulonsuojaimen sisäiseen äänimaisemaan syntyy, kun tarvitaan viestintää, pitää kuulla varoitusääniä tai koneiden äänten poikkeamia tai suojaimen käyttäjä kävelee tai liikkuu voimakkaasti. Voisi ajatella, että nämä viestinnän tarpeet aiheuttavat epätietoisuutta ja sitä kautta häiritsevyyttä.

Edellä olevat tulokset suojainten sisäpuolisesta melusta pätevät vain matalilla äänitasoilla eli siis alle alemman toiminta-arvon olevilla meluilla. Korkeampi ulkopuolinen melu peittää tässä havaittuja kävelyn, puheen ja muiden heikompien äänilähteiden ääniä. Hyperacusialla voi olla merkitystä noissa oloissa, joissa melu vaihtelee merkittävästi. Hätkähdysreaktio (startle effect) voi esiintyä, vaikka tässä sellaista ei kokeissa huomattu. Yleensä tulppamallisten suojainten vaimennuskyvyn sanotaan olevan kupusuojaimia parempi pienillä taajuuksilla ja heikomman keski- ja suurilla taajuuksilla. Näyttää siltä, että häiritsevässä melussa tällaista johtopäätöstä ei voi tehdä, päinvastoin häiritsevässä melussa korvan sulkeutumisilmiö tuo korvakäytävän suulle ja korvakäytävään resonansseja, mitkä ovat määräämiä melulle altistumisessa äänitasoilla alle 80 dB.

Hankkeen kahdella työpaikalla oli asetettu työntekijöille kuulonsuojaimien käyttämispakko, vaikka melulle altistuminen ei ollut yli 85 dB. Perusteluna tähän oli impulssimaisten melujen riski. Totta on, että teollisissa tehtävissä esiintyy päivittäin muutaman kerran meluimpulsseja, joiden voimakkuus voi ylittää alemman toiminta-arvon LCpeak = 135 dB. Toisaalta näiden ja muiden julkaisemattomien kokeiden perusteella laitettaessa kupusuojain paikalleen, tai kun kupuun osuu isku, altistutaan helposti melun huipputasoille, jotka ylittävät ohjearvot. Tilanne on siis ristiriitainen. Edellä olevien esimerkkien valossa nousee kysymys, onko tavanomaisista kuulonsuojaimista hyötyä alle 80 dB melualtistumisessa, kun näyttää siltä, että korvan sulkeutumisilmiö, korvan ilmatilan resonanssit, puhe, kävelyäänien luomat äänet sekä liikkumisesta ja kosketuksista johtuvat äänet dominoivat korvaan pääsevää ääntä.

Kertyneen tiedon perusteella voidaan pohtia, mikä on kuulonsuojaimista saatava hyöty häiritsevyyttä aiheuttavassa melussa. Kuulonsuojainten hyöty on selvä kuulovauriovaaraa aiheuttavassa melussa, missä pystytään vaimentamaan vaarallisten äänitasojen ja äänihuippujen pääsy korvaan.

Pohdittava asia tarkastelluissa teollisissa kohteissa äänien häiritsevyyden kannalta on suojainten ylivaimennus. Usein ajatellaan, että kuulonsuojain on sitä parempi, mitä enemmän suojain vaimentaa ääntä. Toiselta puolelta turvallisuuden näkökulmasta suojainten käyttäjän pitää kuulla viestintää, koneääniä, varoitusääniä, puhetta ja monia ääniä esimerkiksi työn sujuvuuden, tapaturmavaarojen tai vastuullisen työn seurannan takia. Tästä syystä suositellaan, että kuulonsuojaimen sisäpuolella pitäisi olla äänitaso 75-80 dB (www.tyosuojelu.fi).

Toimisto- ja tehdastyötä yhdistävät tehdastoimistot

Yksi keskeinen tuloksemme oli tehdastoimistoiksi nimeämiemme tilojen ja niiden erityisten äänimaisemien käsitteellistäminen. Aiemmassa tutkimuksessa työympäristöjen ääniä on tarkasteltu eri ammattiryhmien ja toimialojen töissä osin toisistaan poikkeavista lähtökohdista. Teollisissa ympäristöissä tutkimus on painottunut erityisesti korkeisiin melutasoihin, kuulonsuojeluun ja melun terveysvaikutuksiin, mikä heijastaa tuotantoympäristöille tyypillisiä voimakkaita ja jatkuvia melulähteitä. Toimistoympäristöissä huomio on puolestaan kohdistunut äänten kokemuksellisiin ja kognitiivisiin vaikutuksiin, kuten puheäänten häiritsevyyteen, keskittymiseen ja työhyvinvointiin. Näiden työympäristöjen ääniä koskevat tutkimuskentät ovat kehittyneet osin erillään toisistaan, minkä vuoksi myös tutkimuksen painopisteet, menetelmät ja melun käsitteellistämisen tavat eroavat toisistaan.

Koska tämän hankkeen tavoitteet liittyivät nimenomaan teollisiin ääniympäristöihin, rajasimme hankkeen tutkimuskohteista alun perin ulkopuolelle tehtaiden toimistotilat, kuten erilliset toimistosiivet. Tehdasvierailujen aikana havaitsimme kuitenkin nopeasti, että rajapinta toimisto- ja asiantuntijatyön ja toisaalta rutiiniluonteisemman teollisentyön välillä ei ollut selkeä. Toimistotyyppisiä työtehtäviä, kuten kirjalliset työt, tehdään tuotantoympäristön sisällä, teollisuuden äänimaisemissa. Havaitsimme niin ikään tehdashalleissa erilaisia toimistomaisia tilaratkaisuja. Näiden havaintojen myötä yhdeksi tutkimusaiheeksi nousi tutkimuksen kuluessa selvittää tätä aiempien tutkimusperinteiden väliin jäävää katvealuetta, jota aiemmassa tutkimuksessa ei ole huomioitu.

Nimesimme tässä tutkimuksessa tehdastoimistoiksi tilaratkaisut, joissa toimistotyö oli sijoitettu teollisen työympäristön sisälle. Tehdastoimistolla viittaamme toimistomaisen tai asiantuntijatapaisen työn tekemisen paikkoihin ja olosuhteisiin, emme niinkään tiettyyn rakenteelliseen tilatyyppiin tai -ratkaisuun sinänsä. Tämä johtuu siitä, että variaatio tällaisten tilojen osalta oli suurta. Kun aloimme yrityskäynneillä kiinnittää asiaan huomioita, havaitsimme, että toimistotyötä tai asiantuntijatyötä tehtiin tehtaissa hyvin monenlaisissa paikoissa ympäri tehdashalleja.

Analysoimme tarkemmin sitä, miten toimistotyö sijoittuu tuotantotiloihin ja miten sen äänimaisema tässä kontekstissa koetaan. Havaitsimme, että toimistotyö sijoittuu tehdasympäristöön monimuotoisesti eikä yhtenäisenä toimistotyyppinä. Tehdastoimistot muodostavat jatkumon perinteisistä, selkeästi erotetuista toimistosiivistä täysin tuotantotilaan ja koneisiin integroituihin työpisteisiin, joissa kuitenkin tehdään piirteiltään asiantuntijamaista näyttöpäätetyötä muistuttavaa työtä.

Tyypillisiä toimistomaisia ratkaisuja tehtaissa ovat esimerkiksi lasiseinin erotetut toimistot tai parvikonttorit, kevyet tuotantotilan yhteyteen rakennetut kopit sekä täysin avoimet työpisteet hallin puolella. Näitä ratkaisuja yhdistää toimistotyön alisteisuus tuotannolle: toimistot on usein sijoitettu sinne, mihin tilaa jää tai missä työtä tekevät ovat helposti muiden saavutettavissa, eivätkä ne ole ensisijaisesti optimoituja toimistotyön vaatimuksille. Yleisesti tunnistettavia esimerkkejä tehdastoimistoista ovat niin sanotut työnjohtajien kopit tai koneiden välittömään läheisyyteen pystytetyt kevytrakenteiset valvomot, joilla toisinaan oli tarkoitus myös jossain määrin suojata tehdasmelulta koneella työskentelevää. Monesti näiden koppien osalta pohdittiin esimerkiksi toimivan ilmanvaihdon kysymyksiä ja tilan ahtautta.

Äänimaiseman osalta tehdastoimistot näyttäytyvät hybridiympäristöinä, joissa yhdistyvät toimistomaiset ja teolliset äänet. Toimistotyyppisiä tehtäviä tekevät työntekijät altistuvat samanaikaisesti sekä puheäänille että tuotantolaitteiden melulle. Erityisesti muiden puhe ja tilassa liikkuminen häiritsevät keskittymistä, kuten perinteisissä avokonttoreissa, mutta tilannetta pahentaa tehdasmelun ennakoimattomuus ja voimakkuus.

> Se on semmosta matalataajuista jyrinää, että se tulee sieltä rakenteiden läpi. Totta kai se häiritsee työntekijöitä. Silloin ihan alussa, kun tuli ne laitteet, niin se oli aikamoistakin se jytinä. Sitä tilannetta onneks saatiin ylipäätään parannettua, mutta edelleen sinne jäi tämä haastekohta. Kyllä se aika mahdottomalta tuntui olla siinä töissä. Oli sen verran kova, jyskyttävä melu siinä tilassa. Ei oikein mukava. On epämukava olla ja työskennellä siellä, se toistuu kuitenkin, ja on se sen verran säännöllistä, että se haittaa.

Tietyt toimiston ulkopuoliset äänet saattoivat kaapata huomion ja jotkut tehdastoimistotyötä tekevät kertoivat myös ”pitävänsä korvalla” omaa työtä tehdessään myös yleisesti tehtaan toimintaa tai esimerkiksi hyvin tuntemansa koneen käyntiäänien asianmukaisuutta, vaikka nämä tehtävät eivät olisi heille kuuluneetkaan. Työnjohtajien toimenkuvaan tällainen kuulolla oleminen yleensä myös kuului. Näin ollen tehdastoimiston ulkopuolisten äänten poistaminen ei myöskään tehdastoimistojen osalta olisi toimiva ratkaisu, koska myös niiden tapauksessa osa äänistä oli työn teolle ja työn sujuvuudelle tärkeitä.

Tehdastoimistojen kompleksisuutta lisää se, että niihin saatetaan sijoittaa niiden kokoon nähden iso määrä työpisteitä ja hyvin erityyppistä työtä tekeviä henkilöitä. Tehdastoimistoissa on pahimmillaan jatkuvaa liikettä, kun työntekijät käyvät keskustelemassa esimerkiksi työnjohtajan kanssa. Samaan aikaan esimerkiksi logistiikkaa tai myyntiä hoitava puhuu puhelimessa, päällikkö keskustelee Teams-palaverissa ja suunnittelija yrittää keskittyä vaativaan ajatustyöhön. Asiaa valottaa seuraavassa sitaatissa tehdastoimistossa työskentelevä.

> Ja toi toimisto, kun meitä on siinä aika monta välillä. Plus sitten, kun sinne tulee väkeä lisää, jotka työjohtajan tai jonkun muun kanssa asioivat, niin siellä on välillä ihan suorastaan kakofonia. Jos siellä pitää keskittyä johonkin tekemiseen ja satut olemaan vähän väsynyt ja muuta, niin on se kyllä vähän tuskallinen tilanne silloin.

Vaikutti tavanomaiselta, että tällaisissa pienehköissä kopeissa varastoitiin myös erilaisia työkaluja ja tarvikkeita, joita lojui papereiden seassa pöydillä. Tehdastoimistoja voidaan siis monessa mielessä luonnehtia toimistotyön ja perinteisesti tehdastyöksi mielletyn työn sekä niille varattujen tilojen hybridimuodoiksi.

Vaikka äänten merkitys ei tehdastoimistoissakaan ole yksinomaan negatiivinen, kun osa työntekijöistä tarvitsee tuotannon ääniä työnsä kannalta, esimerkiksi koneiden toiminnan seuraamiseen tai poikkeamien havaitsemiseen, äänimaisemaan liittyvät haasteet ovat todellisia ja vaikeitakin. Sekä puhe- että koneäänet ja jatkuva liike voivat heikentää keskittymistä, hidastaa työskentelyä ja lisätä kognitiivista kuormitusta, erityisesti keskittymistä vaativissa tehtävissä.

Havaintomme tuovat esiin tilanteisen ja kontekstisidonnaisen äänten kokemisen: sama ääni voidaan kokea hyväksyttäväksi tai häiritseväksi riippuen työtehtävästä ja sijainnista. Tällaisissa tilanteissa työntekijät kehittävät erilaisia selviytymiskeinoja, kuten kuulokkeiden käyttö, työtehtävien rytmittäminen tai siirtyminen tilasta toiseen. Lisäksi osassa kohteita havaittiin yhteisöllisiä keinoja, kuten toisten varoittaminen ennen meluisaa työvaihetta.

Tehdastoimistot edustavat tutkimuksissa toistaiseksi heikosti tunnistettua työympäristöjen ja työtehtävien rajapintaa, jossa tehdas- ja toimistotyön tilalliset, toiminnalliset ja kokemukselliset ilmiöt limittyvät. Tämä haastaa sekä perinteisen toimistomelututkimuksen että teollisen meluntutkimuksen lähtökohdat ja korostaa tarvetta tarkastella työympäristöjen ääniä kokonaisvaltaisesti, tilanteisesti ja kontekstissa.

Työssä oppiminen teollisissa äänimaisemissa

Tutkimuksemme teollisissa työympäristöissä äänimaisemat eivät olleet ainoastaan taustamelua, vaan ne toimivat samanaikaisesti oppimisen kohteina, välineinä ja esteinä. Työssä oppiminen osoittautui tehtaissa monimodaaliseksi, mikä tarkoitti osaamisen rakentumista kielellisen vuorovaikutuksen lisäksi myös teknisten äänten, visuaalisten merkkien, liikkeiden, rytmien ja muiden ei-kielellisten vihjeiden tulkinnan varaan. Tätä voidaan kuvata ammatillisen monilukutaidon käsitteellä (Sulkunen, 2023). *Teollisten äänimaisemien kontekstissa ammatillinen monilukutaito tarkoittaa osallisuutta ja kykyä tulkita, ymmärtää, hyödyntää ja rakentaa äänimaisemia.*

Ääniin liittyvä ammatillinen monilukutaito auttoi työntekijää esimerkiksi tunnistamaan, mitä koneiden äänet, varoitussignaalit, työkalujen poikkeavat äänet, muiden työntekijöiden liikkeet tai tuotantoprosessin äänten rytmi kertovat työn etenemisestä ja onnistumisesta, työturvallisuudesta tai häiriöistä. Esimerkiksi monet kuljettimet antavat jatkuvaa varoitusääntä ja erilaisia vikailmoituksia ilmaistaan teollisuudessa usein äänimerkein, kuten työntekijä seuraavassa sitaatissa kuvaa.

> Tietysti siellä on se kuljetusjärjestelmä, joka vie niitä valmistettavia tuotteita, kuljettaa niitä prosessissa eteenpäin. Nehän pitää koko ajan semmosta hirveetä piippaamista, niin niistä tulee ääntä. Sitten totta kai, jos kone on menossa kiinni ja siinä tapahtuu joku virhe. Erilaisia virheitä on miljoonia, mutta sitten se rupeaa hälyttämään aina siinä kohtaa, kun se ei mene kiinni, ja kuuluu semmonen kova hälytysääni. Siihen tulee tietysti kiinnitettyä huomiota, mutta niitä on todella paljon.

Teolliset äänimaisemat eivät kuitenkaan osoittautuneet pelkiksi oppimismahdollisuuksien tarjoumiksi tai resursseiksi, vaan ne saattoivat myös vaikeuttaa oppimista. Tehdasmelu hankaloitti kommunikaatiota ja todennäköisesti myös vähensi sitä. Melulta ja häiritseviltä ääniltä suojauduttiin erilaisilla kuulonsuojaimilla, mikä entisestään vaikeutti vuorovaikutusta työntekijöiden välillä ja saattoi nostaa kynnystä pyytää apua toisilta. Vuorovaikutuksen väheneminen tarkoitti siten oppimisen yksilöllistymistä ja kollektiivisen oppimisen heikentymistä. Lisäksi melu saattoi peittää työn kannalta olennaisia ääniä, mikä vaikeutti niiden tunnistamista muusta äänimassasta, kuten työntekijä alla kuvaa.

> En mä tiedä, varmaan se vaikuttaa keskittymiseen. Tietysti se lyöntiääni, että jos sä opetat jotakin, niin ei välttämättä toinen pysty edes kuuntelemaan, mitä sä selität siinä. Koska kun opettaa niin joutuu huutamaan toiselle, että toinen kuulee siinä koneen lähettyvillä. Niin sitten mä en tiedä, kuuleeko puoliakaan mitä sä selität siinä, ja tämähän voi olla aika vaikeeta taas sille toiselle oppia mitään. Tai sitten se menee siihen kyselemiseen, mikä onkin tietysti ihan hyvä, että kysyy jos ei mennyt ihan perille, niin sellaisessa paikassa tietysti, missä pystyy puhumaankin.

Eri työympäristöissä ja työtehtävissä äänimaisemien merkitykset vaihtelivat. Aiemmassa tutkimuksessa on osoitettu, että työssä tarvittava viestintä rakentuu usein monimodaalisesti eikä rajoitu puhuttuun tai kirjoitettuun kieleen. Esimerkiksi rakennusalalla yhteistä ymmärrystä tuotetaan myös eleiden, näyttämisen, kuvien ja muiden tilanteisten resurssien avulla (Sulkunen, 2023). Vastaavasti havaitsimme, että teollisissa ja automatisoiduissa prosesseissa oppiminen ja työn koordinointi tukeutuivat usein auditiivisiin, visuaalisiin ja kehollisiin vihjeisiin sanallistetun viestinnän sijasta. Tämä korostui erityisesti tilanteissa, joissa tehdasmelu vaikeutti keskustelua. Samalla oppimisen näkökulmasta sosiaaliseen vuorovaikutukseen perustuvan oppimisen ohella työn kannalta varsin merkitykselliseksi osoittautui yksilökeskeinen oppiminen sekä erityisesti vuorovaikutus- ja oppimisprosessit tehtaan teknisen ympäristön, kuten koneiden ja laitteiden, kanssa. Voisi luonnehtia, että tehtaissa sosioteknisen systeemin tekninen puoli korostui oppimisen tarjoumissa ja resursseissa vastaavalla tavalla kuin äänimaisemissakin tekniset äänet olivat hallitsevia ihmisääniin nähden.

Tutkimuksemme osoitti, että äänimaisemien merkitys muuttuu työkokemuksen ja teollisiin ääniin liittyvän osaamisen karttuessa. Aivan työuran alkuvaiheessa äänet voivat näyttäytyä lähinnä kuormittavana ja merkitykseltään jäsentymättömänä tehdasmeluna, jota on opittava sietämään. Kokemuksen myötä työntekijä alkaa tunnistaa työympäristönsä ääniä osana työn normaalia kulkua ja turvallista toimintaa. Vähitellen kehittyy ammatillisesti eriytynyt kyky erottaa melusta juuri oman työn kannalta olennaiset äänet, poikkeamat ja signaalit. Tällöin äänet eivät enää ole vain ympäristön ominaisuus, vaan keskeinen resurssi ja tiedonlähde, jonka varassa ennakoidaan häiriöitä, tehdään tilannearvioita ja syvennetään ammattitaitoa. Seuraavassa sitaatissa kehitystehtävissä toimiva kuvaa, miten kuulemalla saattaa saada ensimmäisen vihjeen siitä, ettei kaikki ole kuten pitäisi. Mittareilla tai näkemällä ei asiaa vielä tavoita.

> Ne aina yleensä kuullaan, eikä hirveesti oo tullu mietittyä niitä mittareita. Kyllähän sitten, kun se vuoto on tarpeeks kova, niin se varmaan näkyy jossain, mutta aika tarkka silmä saa olla, että sen huomaa siinä vaiheessa, kun sen jo kuulee selvästi. Sitten toki voi olla myös se, että se liitos irtoaa kokonaan tiivisteen kohdalta. Siitä kuuluu semmonen kova poff-ääni, ja sitten se jää pitämään ääntä. Kyllä yleensä nopeesti hakee kädellä sen sammuta -painikkeen sieltä.

Lisäksi kokemuksen kautta karttuva niin sanottu hiljainen tieto (Nonaka & Takeuchi, 1995) osoittautui keskeiseksi osaksi ammatillista osaamista. Tosin sana ”hiljainen” kuvaa teollisuustyöntekijän ammatillisen osaamisen karttumista varsin huonosti. Tehdasmeluun integroituvat ja peittyvät teollisuuden äänet ja niiden tulkinta ovat olennainen osa työntekijän ammattitaitoa, ja osaaminen perustui myös teknisten äänten kuulemiseen sekä muuhun kehollisen havainnointiin. Tämä tieto rakentuu ennen kaikkea työn tekemisen yhteydessä kehittyvänä kykynä tulkita työympäristön

ääniä, visuaalisia merkkejä, liikkeitä sekä työn ja äänten rytmiä. Hiljainen tieto osoittautui tilannesidonnaisesti ja asteittain kehittyväksi yhä uudenlaisten ja toisaalta toistuvien työtilanteiden, poikkeamien ja häiriöiden kautta. Formaalin koulutuksen luokkahuoneopetus voi tarjota tällaisissa tapauksissa työskentelyyn lähinnä perustietoja ja -valmiuksia.

Tämä tukee käsitystä oppimisesta sosiokulttuurisena prosessina, jossa työlle keskeinen osaaminen rakentuu sosiaalisiin työkäytäntöihin osallistumisen ja ympäristön vuorovaikutuksen kautta (Billett, 2001). Kontekstikohtaisissa, sosiaalisissa tilanteissa kehittyvä sekä vaikeasti sanallistettava ja tunnistettava hiljainen tieto (Nonaka & Takeuchi, 1995) edellytti myös sitä, että yritysten perehdytyskäytännöissä korostui vertaisoppiminen ja kokeneemman kanssa yhdessä työskentely. Samanaikaisesti joissakin yrityksissä työyhteisöjen monikulttuuristuminen ja toisinaan myös yhteisen kielen puuttuminen lisäsivät sekä jatkuvaluonteisen perehdytyksen että luovien monimodaalisten perehdytysmenetelmien tarvetta. Perehdytyksessä korostettiin työturvallisuuden näkökulmaa. Tärkeänä pidettiin myös sitä, että uusi työntekijä oppii tunnistamaan kokeneemman avulla työn kannalta oleelliset ja merkitykselliset äänet.

Työtehtävät ja niihin kytkeytyvät teolliset äänimaisemat poikkeavat toisistaan sen osalta, millaisia oppimisen tarjoumia niissä esiintyy. Aineistomme osoittaa, että eri halleissa ja osastoilla tehtävän työn luonne ja niihin kytkeytyvät äänimaisemat osaltaan muovaavat sitä, millaisia oppimismahdollisuuksia työ tarjoaa ja miten syvälliseksi kokemuksen kautta karttuva ammatillinen osaaminen voi kehittyä ja toisaalta, millaisia esteitä oppimiselle muodostuu. Oppimismahdollisuudet muodostuvat työympäristön rakenteellisten tekijöiden sekä organisaation toimintatapojen ja kulttuurin puitteissa (Lemmetty ym., 2021). Vaativissa ja teknisesti monimutkaisissa työtehtävissä osaaminen rakentui hitaasti ja kytkeytyi tiiviisti työ- ja ääniympäristöjen vihjeiden tulkintaan, kun taas standardisoiduimmissa ja nopeasti opittavissa tehtävissä osaamisen kehittyminen jäi rajallisemmaksi ja äänimaisema näyttäytyi useammin merkityksettömänä taustameluna.

4.2 Työhyvinvointia, työn sujuvuutta ja työssä oppimista tukevien äänimaisemaratkaisujen kehittäminen teollisuuden työpaikoilla

Tutkimuksen kolmantena tavoitteena oli kehittää työhyvinvointia, työn sujuvuutta ja työssä oppimista tukevia äänimaisemaratkaisuja teolliseen työhön. Tutkimuksen aikana kerätyt fysikaalisakustiset mittaukset sekä laadullinen aineisto toimivat yhteiskehittämisen työpajojen aineistona, joissa analysoitua aineistoa tarkasteltiin ja pohdittiin yhdessä tapausyritysten edustajien ja henkilöstön kanssa. Lähtökohtanamme oli, ettei äänimaisemia voida ymmärtää ainoastaan mittaamalla, vaikka mittaukset muodostavatkin välttämättömän perustan ääniympäristöjen arvioinnille. Mittaukset suuntaavat huomiota ennalta määriteltyihin ongelmakohtiin ja ohjearvojen täyttymiseen, kun taas laadullinen aineisto mahdollistaa ääniin liittyvien merkitysten, kokemusten ja arjen käytäntöjen tarkastelun. Näiden yhdistäminen tuottaa kokonaisvaltaisemman kuvan työpaikan äänimaisemasta ja sen kehittämistarpeista.

Äänimaisemien kehittäminen ei kuitenkaan ole ainoastaan tekninen tai akustinen kysymys, vaan se kytkeytyy olennaisesti siihen, millaisia mahdollisuuksia työntekijöillä ja työyhteisöillä on

vaikuttaa äänimaisemaansa. Tästä näkökulmasta tarkastelemme tässä luvussa ensin äänimaisemaan liittyvää toimijuutta ja analysoimme, miten se ilmenee eri tasoilla tutkimissamme teollisissa työympäristöissä sekä millaisia edellytyksiä ja rajoitteita se asettaa äänimaisemien kehittämiselle. Tämän jälkeen esittelemme työpaja-aineiston analyysin pohjalta muodostetut keskeiset kehittämisteemat. Lopuksi kuvaamme havaintojemme ja tutkimusprosessimme pohjalta suunnittelemamme äänimaisemien tutkimus- ja kehittämismallin, jota voidaan soveltaa työpaikkojen äänimaisemien kehittämistyössä sekä hyödyntää työpaikkojen työsuojelutoiminnassa riskinarvioinnin tukena ja työterveyshuoltojen työpaikkaselvityksissä (ks. myös liite 2).

Äänimaisematoimijuus teollisuuden työpaikoilla

Työntekijöiden toimijuutta tarkasteltiin kolmella eri tasolla: yksilötasolla, yhteisön tasolla sekä organisaation tasolla. Yksilötasolla tarkasteltiin sitä, miten työntekijät toimivat tehtaan ääniympäristössä ja muokkaavat sitä. Havaitsimme, että työntekijöiden toimijuus oli kontekstisidonnaista ja rajallista. Sen sijaan, että työntekijät kontrolloisivat ja muokkaisivat ääniympäristöään merkittävästi, heidän toimijuutensa vaikutti ilmenevän siinä, miten he tulkitsivat ääniä, sopeutuivat niihin ja hallitsivat niitä osana arkipäiväistä työtään. Työntekijät suhtautuivat ääniin teollisen työympäristöön oleellisesti kuuluvina ja merkityksellisinä ja antoivat äänille myönteisiäkin merkityksiä, kuten että ne kertovat töiden sujuvasta etenemisestä.

Työyhteisötasolla työntekijöiden toimijuus ilmeni kollektiivisena ja käytäntöihin perustuvana toimijuutena, kun työntekijät koordinoivat viestintää, turvallisuuteen liittyviä seikkoja sekä työtehtävien suorittamista teollisissa ääniympäristöissä. Yhteisötasollakaan työntekijät eivät useinkaan merkittävästi kontrolloineet tai muokanneet ääniympäristöään, vaan ennemminkin toteuttivat yhteisöllistä toimijuutta jaettujen rutiinien, keskinäisten sopeutumisten ja neuvoteltujen normien kautta, jotka mahdollistivat viestinnän, työturvallisuuden ja tehtävien koordinoinnin akustisesti haastavissa olosuhteissa. Kehittämistoimista saatettiin olla myös eri mieltä, kuten työntekijä seuraavassa sitaatissa kertoo.

> Aika nopeesti saatiin puhuttua se läpi kyllä, että ei haluta mitään verhoa, joka jakaa sen tilan kokonaan. En tiedä sitten jäikö ihmisille epäselvä käsitys siitä, että ne pelkäs siinä olevan jotain vai onko sitten niin, että jotkut asennoituu siihen, ettei hankita mitään ylimääräistä, vaikka itse ei joutuis siitä senttiäkään maksamaan ja sillä olis positiivinen vaikutus. Ihmisillä voi olla niin erilaisia asenteita. Se on vaikee sanoo. Itse ajattelin sen vaan niin, että jos firma on valmis sen maksamaan, se ei oo mun pussista pois ja se ratkaisu ei ole mikään rokote ääntä vastaan, vaan se on tilan akustiikkaa parantava, kaikkia äänihäiriötekijöitä ehkäisevä. Mä itse näkisin sen puhtaasti positiivisena.

Myös organisaatiotasolla toimijuus näyttäytyi rajoittuneena. Tällä tasolla toimijuutta muokkasivat hierarkkinen päätöksenteko, taloudelliset näkökohdat ja tuotannolliset prioriteetit. Työntekijät kokivat pitkälti, että vastuu äänimaiseman kehittämisestä on heidän välittömän vaikutusvaltansa ulkopuolella, vaikka heillä olisi ollut runsaasti kokemuksellista tietoa ja konkreettisia parannusehdotuksia. Vaikka työntekijät paikoin toivat esiin myös osallistavampia käytäntöjä, ääniin liittyvät kysymykset – silloin kun kyseessä ei ollut kuuloa vaurioittavan tason äänet – usein normalisoitiin tai niille annettiin työntekijöiden mukaan vähemmän huomiota. Ylipäänsä ulkopuoliset

mittaukset ja asiantuntijalausunnot nähtiin usein tehokkaampina muutoksen ajureina kuin organisaation sisäiset aloitteet.

Tutkimuksemme avasi lisää mahdollisuuksia työntekijöiden äänimaisematoimijuudelle, joka voidaan määritellä äänimaisemien muotoiluun osallistumiseksi. Työpajoissa toimijuus oli välittynyttä siltä osin kuin hyödynsimme niissä aiemmin kerättyjä aineistoja, kuten haastatteluja, mutta myös suoraa työntekijöiden osallistumisen kautta.

Työpajoissa suunnitellut kehittämistoimenpiteet ja ratkaisut

Työpaja-aineiston analyysin pohjalta tunnistettiin kolme keskeistä kehittämistoimenpiteiden kokonaisuutta, joihin yhdessä kehitetyt ratkaisut on mahdollista tiivistää: 1) melun mittaaminen ja akustiset ratkaisut, 2) kuulonsuojaus ja kuulokkeet ja 3) toimintatavat ja pelisäännöt. Nämä teemat kuvaavat, minkälaisiin kehittämistarpeisiin työpajoissa kiinnitettiin huomiota ja mitä toimenpiteitä niiden pohjalta suunniteltiin yhteisesti.

Toimenpiteissä oli mukana niin häiritsevältä ääneltä suojautumisen toimenpiteitä kuin aktiivisia positiivisten äänimaisemien rakentamisen mahdollisuuksia. Havaintojen perusteella hankkeen yhteydessä kehitettiin äänimaisemien tutkimus- ja kehittämismalli, jonka yksityiskohtaisemmat ohjeet koostetaan liitteessä 2. Vaikka malli on kehitetty teollisuusalan yrityksiin kohdistuvassa tutkimuksessa, se on hyödynnettävissä myös muilla toimialoilla, joissa moninaiset äänimaisemat ovat keskeinen osa työn arkea.

1. Melun mittaaminen ja akustiset ratkaisut

Melun mittaamisen tärkeimmät tavoitteet ovat työntekijöiden melulle altistumisen selvittäminen ja sen perusteella tehtävät toimenpiteet tavallisesti teknisen meluntorjunnan ja kuulonsuojainten avulla. Melulle altistuminen on myös tärkeä tieto työterveyshuollolle, työsuojelulle, työsuojeluviranomaisille ja johdolle, jotta kyetään hahmottamaan työturvallisuuden ja työhyvinvoinnin priorisointi. Lakisääteisten tehtävien tekeminen on tärkeää, mutta kehittämistoiminnassa voidaan asettaa kunnianhimoisempiakin tavoitteita, sillä äänimaisemien kehittäminen liittyy osaltaan työn tuottavuuden ja työntekijöiden olojen parantamiseen.

Odotus, että tehdassalissa olisi hiljaista, on käytännössä epärealistinen, siksi joudutaan pohtimaan niitä keinoja, joita voidaan tehdä, jotta häiritsevyyskokemus olisi mahdollisimman vähäinen. Työntekijöiden toimijuuden ja yhteistyön vahvistamisen kannalta on mielekästä, että melun häiritsevyydestä keskustellaan ja pyydetään ehdotuksia tilanteen parantamiseksi esimerkiksi aloitetoiminnan kautta, mutta myös osana arkista vuorovaikutusta. Akustiikan näkökulmasta tekninen meluntorjunta ja huoneakustiikka ovat yleensä työsuojelun, tuotannon suunnittelun tai toiminnan kehittämisen kautta tapahtuvia. Tavanomaisesti tekniset ratkaisut on kierrätettävä yrityksen päätöksentekojärjestelmissä, sillä niistä koituu yleensä kustannuksia. Samalla ne saavat myös virallisen statuksen ja näkyvyyden organisatorisissa käytännöissä.

Ehdotetut tekniset meluntorjunnan toimenpiteet kohdentuivat tässä tutkimuksessa huoneakustiikan ja leviämisvaimennuksen pienentämiseen sekä myös tarkasteluun kuulonsuojainten toimivuudesta ja valinnoista. Altistumisen selvittäminen hahmotti myös tarvittavia toimenpiteitä ja

kohteita. Monella työpaikalla koettiin helpoksi toteuttaa huonevaimennuksen parantaminen: vaimennusmateriaalin lisääminen työpisteiden lähelle ja pinnoille. Se on selkeä ja helposti toteutettava keino ja vaimennuslevyjä voi ostaa neliökauppana materiaalitoimittajilta. Suunnittelu on verraten nopea ja onnistuu varmasti. Riittävä huonevaimennus on myös välttämätön muun melutorjunnan onnistumiselle, pois lukien pienitaajuinen tai hyvin kapeakaistainen melu, joihin se tehoaa heikosti. Näitä parannuksia saatiin projektin aikana tehtyä. Lisäksi pystyttiin mittauksin osoittamaan kaiunta-ajan lyheneminen ja melutason aleneminen, tavallisesti 3…5 dB(A); riippuen siitä kuinka suuri osuus melusta johtuu esim. omasta käsityökalun käytöstä. (Nousiainen, Pääkkönen, Tanila ja Romula, 2025).

Huoneakustiikan parantamisen lisäksi akustisiin haasteisiin tunnistettiin myös muita teknisiä ratkaisuja. Äänien leviämisen hallinta tilojen välillä on keskeistä, jotta melu ei liiku häiritsevästi eri työalueiden välillä. Melua tuottavien laitteiden tai koneiden, kuten robottien, kotelointia sekä meluseinien lisäämistä pohdittiin, mutta näiden toteutus on hankalaa, jos ei mahdotonta koska ne haittaavat usein tuotannon materiaalivirtaa. Selkeitä teknisen meluntorjunnan ehdotettuja ja suunniteltua keinoja ovat kanava(äänen)vaimentimet ja virtauskanavien melueristeverhoilu (huokoinen vaimennusmateriaali ja ääntä eristävä levyverhoilu). Näiden rakentaminen ei tavallisesti haittaa mitenkään tuotantoa. Ratkaisulla saadaan oikein mitoitettuna ja tehtynä tarvittava 10 dB melunvaimennus. Myös tilojen uudelleenjärjestely tunnistettiin keinona parantaa työpisteiden akustiikkaa. Tiloihin ehdotettiin myös erilaisia sermejä ja väliseiniä, jotka parantavat työpisteiden yksityisyyttä.

Lisäksi työpajoissa nousi esiin tarve kehittää yrityskohtaisia meluntorjuntaohjelmia. Työpaikalla on lakisääteisestikin tiedotettava melusta työntekijöille sekä merkittävä melualueet. Samoin työturvallisuuslaki ja valtioneuvoston asetus 85/2006 antavat määräyksiä ja ohjeita työpaikalle ja työterveyshuollolle. Meluntorjuntaohjelma auttaa työpaikkaa tarkastelemaan melua monesta näkökulmasta, jolloin erilaiset työpaikkakohtaiset mahdollisuudet ja ratkaisut tulevat työpaikalla pohdittavaksi. Yleensä työpaikan meluntorjuntaan ei ole mitään yleispätevää ratkaisujen kokonaisuutta, vaan tilannetta pitää tarkastella aina tapauskohtaisesti ja räätälöidä tarvittavat toimenpiteet työympäristön piirteiden mukaan.

Sellaiset meluntorjuntatoimet, jotka vaativat laitoksen tai tehtaan tuotantolaitteisiin kajoamista, ovat tässäkin hankkeessa osoittautuneet hankalammiksi toteuttaa, varsinkin projektin rajallisen keston aikana. Esimerkkinä kompressorin irrottaminen rakennusrungosta melun johtumisen vähentämiseksi, puhallinkoneen siiven päivittäminen uudeksi tai varageneraattorin pakoputken muokkaus äänenvaimentimen asennuksella vaativat kaikki erityissuunnittelun ko. laitetta varten. Erikoissuunniteltu laite pitää hankkia joltain siihen pystyvältä toimittajalta, tavallisesti konepajalta, ja lisäksi tarvitaan asennuksen suunnittelu, tilaaminen, valvominen ja asennuksen valmistuttua luovutusajon aikainen testaus vaatimuksenmukaisuuden täyttymisen toteamiseksi.

Vaikka projektissa saatiin yhteen suunnitteluun pystyvä projektiryhmä ja yritys missä on meluongelma, suurimpana ongelmana vaikuttaisi olevan asennuksen suunnittelu, tilaaminen, asennuksen valvominen ja luovutusmittaus-ketjun puute. Ei ole helposti tiedossa sellaista toimittajaa, jolta esim. äänenvaimentimen asennuksen tai kompressorin nostamisen vaimennetulle jousialustalle voi ostaa. Investointiprojektiliiketoiminnassa tällainen asentaminen on tavallista ja sujuu osana

normaalia laitostoimitusta, mutta käytössä olevan laitoksen kunnossapidolle tai kiinteistöhuoltoyrityksille tällainen työ ei vaikuta sujuvasti osuvan.

2. Kuulonsuojaus ja kuulokekuuntelu

Kuulonsuojauksen ja kuulokekuuntelun kehittämistarpeet liittyivät yrityksissä erityisesti yhtenäisten linjausten luomiseen tai olemassa olevien linjausten kehittämiseen ja etenkin työturvallisuuden parantamiseen työsuojelun näkökulmasta. Yritykset tunnistivat tarpeelliseksi kehittää olemassa olevia käytäntöjä siten, että ne huomioivat paremmin työtilojen alueellisten äänimaisemien erot mutta myös työntekijöiden yksilölliset kokemukset, tarpeet ja halut. Kuulonsuojauksessa on samanaikaisesti huomioitava niin työturvallisuus, työn vaatimukset kuin työntekijöiden subjektiiviset kokemukset ja mieltymykset. Tämä tarkoitti sitä, että suojaamisen kehittämisen rinnalla koettiin tärkeäksi kehittää myös myönteisiä äänimaisemaratkaisuja luodessa turvallisia ja toimivia ääniympäristöjä.

Toimenpiteistä keskisimmäksi osoittautuivat kuulosuojainten käytön optimointi ja selkeiden linjausten määrittely. Tämän tavoitteena oli varmistaa riittävä kuulonsuojaus ilman ylivaimentamista, jotta työn kannalta oleelliset äänet, kuten varoitusäänet ja ihmisten välinen kommunikointi, pysyvät havaittavina ja reagoitavina. Tähän liittyvässä keskustelussa nostettiin esiin, että kuulonsuojain- ja kuulokelinjauksiin tehtävät toimet edellyttävät tasapainoilua työturvallisuuden, työn sujuvuuden, tuottavuuden ja työhyvinvoinnin välillä.

Kuulonsuojauksen kehittämisessä korostuivat myös yksilölliset ratkaisut. Kuulonsuojainten räätälöinti käyttäjän ja hänen työnsä asettamien tarpeiden mukaan sekä erilaiset henkilösuojausten tarkoituksenmukainen käyttö tunnistettiin sekä parantavan suojaustasoa että käyttömukavuutta. Tällä neuvoteltiin eri työntekijäryhmien välillä siitä, kuinka hyväksyttyjä suojaimet ovat ja voidaanko näillä toimilla myös parantaa suojainten käyttöä päivittäisessä työssä. Laatimamme ohjeistus kuulonsuojainvalintoihin esitetään liitteessä 1.

Kuulonsuojauksen rinnalla nostettiin myös tärkeäksi tarkastella mahdollisuuksia positiivisten äänimaisemien rakentamiseen ja siten myös tukea työn sujuvuutta äänimaiseman kautta. Työpajoissa keskustelua herättivät optimaalisten ja mielekkäiden äänimaisemien mahdollistaminen, viestintää tukevien ratkaisujen kehittäminen sekä sellaisten käytäntöjen edistäminen, jotka parantavat äänimaisemien miellyttävyyttä. Työpaikoilla ei ilmeisesti ollut aiemmin mietitty tai keskusteltu kovin paljoa kuulokekuuntelun myönteisistä vaikutuksista työhyvinvoinnille ja työn sujuvuudelle, vaan kuulokekuuntelua oli lähestytty työturvallisuusriskien ja tehokkaan työskentelyn haittaamisen näkökulmista. Yhteisissä kehittämistilaisuuksissa kuulokekuuntelun työhyvinvointiin, työn sujuvuuteen ja työssä oppimiseen liittyvät positiivisetkin näkökulmat otettiin käsiteltäviksi.

3. Toimintatavat ja pelisäännöt

Äänimaisemien kehittämisessä kiinnitettiin teknisten ja tilallisten ratkaisujen rinnalla huomiota myös toiminnallisiin kehittämismahdollisuuksiin, vaikkakin nämä melun häiritsevyyden vähentämisen keinot olivat monille työpaikoille uusia. Työpajoissa tunnistettiin erityisesti ihmistoiminnasta syntyvän häiritsevää melua, minkä vuoksi ääniympäristön tarkastelu laajennettiin työyhteisön arjen käytäntöihin ja vuorovaikutukseen. Ratkaisumahdollisuuksia käsiteltiin yhdessä

työpajoissa, ja monet niistä jäivät työpaikkojen itsensä arvioitaviksi ja edistettäviksi. Näiden toiminnallisten ratkaisujen kustannusvaikutukset ovat monesti usein vähäisiä tai niitä ei synny lainkaan, sillä kyse on ensisijaisesti toimintatavoista ja yhteisistä pelisäännöistä. Ne eivät välttämättä myöskään edellytä käsittelyä organisaatioiden virallisissa toimielimissä. Nämä seikat tekevät paradoksaalisesti tällaisten äänimaisemien kehittämistoimien toteuttamisesta jopa vaikeampaa kuin teknisten, akustisten tai kuulonsuojamiin liittyvien ratkaisujen toteutuksesta.

Toimintatapojen, työn organisoinnin ja pelisääntöjen näkökulma kehittämistoiminnassa korostaa äänimaisemien ymmärtämistä sosioteknisinä systeemeinä, jossa tekniset, fysikaaliset, sosiaaliset ja organisatoriset tekijät kietoutuvat yhteen. Äänimaisemien hallinta ja kehittäminen edellyttävät toiminnallisten käytäntöjen ja työyhteisön vuorovaikutuksen kehittämistä teknisten ratkaisujen rinnalla.

Käytännön kehittämistoimenpiteet liittyivät erityisesti yhteisten pelisääntöjen rakentamiseen ja työyhteisön toimintakäytäntöjen ja -kulttuurin kehittämiseen. Selkeät ja yhdessä sovitut käytännöt, kuten äänenkäyttöön, kommunikaatioon ja työrauhan turvaamiseen liittyvät linjaukset, tunnistettiin tukevan äänimaisemien hallintaa arjen työssä. Etenkin avoimen ja kehittämisorientoituneen keskustelukulttuurin havaittiin mahdollistavan meluun ja ääniin liittyvien kokemusten ja tarpeiden esiin tuomisen sekä yhteisten ratkaisujen kehittämisen työn arjessa. Lisäksi työn ajoitukseen ja toimintatapoihin tehtäviä muutoksia pidettiin potentiaalisina melun kuormittavuuden vähentämisessä. Työpajoissa keskusteltiin muun muassa siitä, miten melua tuottavien työvaiheiden ajallinen sijoittelu, työn organisointi sekä tilannesidonnaiset toimintakäytännöt voivat tukea sujuvaa ja häiriötöntä työskentelyä.

Vaikka taukotilojen ääniympäristöön ei teollisissa ympäristöissä aina kiinnitetä riittävästi huomiota (Työturvallisuuskeskus, 2019), eikä henkilöstötilojen akustisia ominaisuuksia juuri käsitellä suunnitteluohjeissa (RT 103140), herätti taukotilojen ääniympäristö monessakin yrityksessä keskustelua. Työpajoissa tunnistettiin, että tauot vietetään usein tiloissa, joihin työn melu kantautuu tai joissa syntyy muuta häiritsevää ääntä, mikä heikentää palautumista työpäivän aikana. Ratkaisuiksi nousivat erityisesti taukotilojen uudelleenjärjestelyt, kuten tilojen sijoittelu ja eriyttäminen melulähteistä, sekä yhteisten toimintatapojen kehittäminen. Näihin kuuluivat esimerkiksi toisten huomioiminen hiljaisuutta edellyttävissä tilanteissa sekä keskustelukulttuurin ja pelisääntöjen selkeyttäminen. Toiminnalliset ratkaisut nähtiin pääosin kustannuksiltaan kevyinä, mutta palautumisen kannalta merkityksellisinä. Esimerkkinä kehittämistilaisuudessa päätetystä merkitykseltään huomattavasta, mutta toteutukseltaan pienestä toimenpiteestä voidaan mainita pehmusteiden lisääminen tuolien jalkoihin tiloissa, joista kantautui tuolien liikutteluun liittyviä ääniä alapuolisiin tiloihin.

Kulttuuriin, toimintatapoihin, työn organisointiin, sijoittelemiseen ja yhteistyöhön liittyvistä asioista keskusteleminen poikkesi yllättävän paljon teknisistä ratkaisuista käydyistä keskusteluista niin työpajoissa kuin ylipäänsä teollisilla työpaikoilla. Niiden osalta oli vaikeampi hahmottaa toimivaltaan liittyviä kysymyksiä. Esimerkiksi tekniset parannukset ja akustiset huomiot oli yleensä luontevaa viedä työsuojelutoimikuntaan ja esihenkilöille. Toimintakäytäntöjen muutosten osalta sen sijaan oli hankala löytää oikeita vastuutahoja tai päättää etenemistavoista. Joissain tapauksissa päädyttiin esimerkiksi siihen, että työntekijät itse keskustelevat asiasta häiritsevää melua

tuottavaksi koetun työpisteen työntekijöiden kanssa mutta tämän lisäksi työntekijät kokivat tärkeäksi, että asiaa edistetään myös työsuojelutoiminnan kautta.

Toimintataparatkaisujen käsittelyä hankaloitti myös paradoksaalisesti se, että ne olisivat olleet edullisia tai maksuttomia toteuttaa. Näin ollen niihin ei liittynyt vastaavia muodollisia käsittely- ja päätöksentekoprosesseja kuin kustannuksia tuottaviin teknisiin parannuksiin. On todennäköistä, että tällaisissa tilanteissa tuli esiin tai rajoitteeksi yrityksen kehittämiskulttuuri ja sen osana tottumus työntekijöiden osallisuuteen ja toimijuuteen. Vaikutusta saattoi olla myös sillä, että ääniympäristökysymyksiä on totuttu teollisilla työpaikoilla käsittelemään vaarallisen melun ja siihen kytkeytyvän työsuojeluperinteen mukaisesti. Mittaustulokset ja teknisakustiset ratkaisut ovat tuttuja ja niiden käsittelyyn on työpaikoilla prosessit, kun taas äänten merkitykset ja työntekijöiden kokemukset ovat teollisten äänten osalta työpaikoillakin uusi ja vieraantuntuinen näkökulma.

Äänimaisemien tutkimus- ja kehittämismalli työpaikoille

Tässä luvussa esitellään hankkeessa kehitetty äänimaisemien tutkimus- ja kehittämismalli työpaikoille. Mallia voidaan hyödyntää työpaikkojen ääniympäristöjen tarkastelussa ja kehittämisessä, ja sen yksityiskohtaisempi ohjeistus on esitetty liitteessä 2. Malli perustuu toimintatutkimuksen iteratiiviseen ja osallistavaan kehittämisen lähestymistapaan (Lewin, 1946; Kemmis ym., 2014), jossa hyödynnetään lisäksi vahvuuslähtöistä lähestymistapaa (Cooperrider & Srivastva, 1987). Tavoitteena on tuottaa työpaikkojen äänimaisemien kehittämistä tukevaa, käytännössä hyödynnettävää tietoa. Vahvuuslähtöisyys tarkoittaa tässä yhteydessä sitä, että tarkastelussa huomioidaan häiritsevien äänien lisäksi myös työn kannalta myönteiset ja merkitykselliset äänet.

Malli pohjautuu tässä hankkeessa sovellettuun monimenetelmälliseen tutkimusasetelmaan (Creswell & Plano Clark, 2018), jossa yhdistettiin fysikaalisakustisia mittauksia ja laadullisen tutkimuksen tuottamaa tietoa henkilöstön kokemuksista ja merkityksenannoista. Malli perustuu ajatukseen, että äänimaisemia ei voida ymmärtää pelkästään ääniä mittaamalla, vaan tarkastelu edellyttää myös työntekijöiden kokemusten huomioimista. Mallin mukainen kehittämisprosessi etenee neljän päävaiheen kautta: nykytilanteen selvittämisestä työpaikan äänimaiseman kartoittamiseen, yhteisen tilannekuvan ja kehittämissuunnitelman muodostamiseen sekä kehittämistoimenpiteiden toteutukseen, seurantaan ja arviointiin. Kehittämisprosessi nähdään jatkuvana syklinä, jossa vaiheita tarkastellaan ja päivitetään iteratiivisesti (ks. kuva 5).

Mallin tavoitteena on muodostaa kokonaiskuva työpaikan äänimaisemasta ja sen nykytilasta, tunnistaa siihen liittyviä kehittämiskohteita sekä tarjota rakenne yhteiskehittämiseen perustuvalle kehittämistyölle (ks. taulukko 5). Malli tukee työpaikkoja siirtymään pelkästä melunhallinnasta kohti kokonaisvaltaista äänimaisemasuunnittelua, jossa huomioidaan sekä häiritsevät että myönteiset äänet osana työympäristöä, työn sujuvuutta ja hyvinvointia. Lisäksi tavoitteena on vahvistaa työpaikan toimijoiden aktiivista roolia äänimaisemien kehittämisessä sekä tukea työssä oppimista moninaisissa äänimaisemissa.

Kehittämismallia voivat hyödyntää työsuojelun ja työterveyshuollon asiantuntijat, mutta myös työpaikan keskeiset toimijat, kuten työsuojelun edustajat, esihenkilöt, henkilöstöhallinto sekä työntekijät. Tarvittaessa kehittämistyötä voidaan täydentää erilaisten asiantuntijoiden, kuten

akustiikan, tilasuunnittelun tai työympäristöjen kehittämisen, asiantuntijoiden osaamisella. Lisäksi kehittämistyötä voivat tukea työyhteisöjen sosiaalisiin ja kulttuurisiin ilmiöihin perehtyneet asiantuntijat, kuten organisaatiokehittäjät, työelämäntutkijat sekä fasilitoinnin ja työyhteisöjen oppimisprosessien ammattilaiset, jotka auttavat tarkastelemaan äänimaisemia osana vuorovaikutusta, toimintakulttuuria ja yhteisöllisiä merkityksiä. Parhaassa tapauksessa työpaikka voisi hyödyntää sekä akustiikan asiantuntijoita että työyhteisöjen toiminnan kehittämisen asiantuntijoita yhdessä.



Kuva 5. Äänimaisemien tutkimus- ja kehittämismalli työpaikoille. Mallin mukainen kehittämisprosessi etenee iteratiivisena ja osallistavana kehittämissyklinä, jossa yhdistyvät mittaustieto sekä työntekijöiden kokemuksiin ja havaintoihin perustuva tieto ja niiden pohjalta tehtävä jatkuva kehittäminen (vrt. Lewin, 1946; Kemmis ym., 2014). Kuvan visualisointi on toteutettu ja sitä on muokattu tekoälyllä (ChatGPT).

Taulukko 5. Äänimaisemien tutkimus- ja kehittämismallin päävaiheet, keskeiset toiminnat, käytetyt menetelmät, tuotettava tieto ja tavoitteet. Taulukko täydentää kuvassa 5 esitettyä prosessin syklistä kokonaiskuvaa kokoamalla yhteen kunkin päävaiheen keskeisen sisällön.

Vaihe	Keskeinen toiminta ja menetelmät	Tuotettava tieto	Tavoite
1. Selvitä nykytilanne	Lähtötilanteen kartoitus yhdessä työpaikan keskeisten toimijoiden kanssa. Olemassa olevan tiedon kokoaminen, tavoitteiden määrittely sekä kehittämistyön suunnittelu.	Kooste työpaikan ääniympäristöä koskevasta olemassa olevasta tiedosta, kehittämistarpeista, tavoitteista, keskeisistä kohteista, osallistujista ja aikataulusta.	Muodostaa yhteinen käsitys työpaikan lähtötilanteesta ja suunnata kehittämistyö työpaikan kannalta olennaisiin kohteisiin.
2. Kartoita työpaikan äänimaisema	Akustiset mittaukset (äänitasomittaus, meluannos, kaiunta, leviämisvaimennus, taajuusanalyysit, aaltomuodot), äänimaisemakävelyt sekä työntekijä- ja toimihenkilöhaastattelut.	Mittaustieto työpaikan akustisista ominaisuuksista sekä työntekijöiden kokemukset äänten merkityksistä, häiritsevyydestä, tärkeydestä ja kehittämistarpeista.	Muodostaa monipuolinen kuva työpaikan ääniympäristöstä yhdistämällä mittauksiin perustuvaa tietoa sekä työntekijöiden kokemuksia.
3. Muodosta yhteinen tilannekuva ja kehittämissuunnitelma	Mittaus- ja kokemustiedon yhdistäminen esimerkiksi äänimaisemakartan avulla sekä tulosten yhteinen tarkastelu työpajassa. Kehittämiskohteiden tunnistaminen, priorisointi ja toimenpidesuunnitelman laatiminen.	Jaettu ymmärrys työpaikan äänimaisemasta, tunnistetut kehittämiskohteet sekä toimenpidesuunnitelma vastuutuksineen ja aikatauluineen.	Tunnistaa ja priorisoida kehittämistoimenpiteet sekä suunnitella niiden toteutus.
4. Toteuta, seuraa ja arvioi	Kehittämistoimenpiteiden käyttöönotto, vaikutusten seuranta sekä tarvittaessa uusintamittaukset, haastattelut ja äänimaisemakävelyt.	Päivitetty tieto kehittämistoimenpiteiden vaikutuksista sekä mahdollisista uusista kehittämistarpeista.	Tukea jatkuvaa kehittämistä ja varmistaa, että toimenpiteet parantavat työpaikan äänimaisemaa, työhyvinvointia, työn sujuvuutta ja oppimista.

5 Pohdinta

Tässä tutkimuksessa tavoitteenamme oli laajentaa tapaa, jolla teollisuuden ääniä tarkastellaan kattamaan kuulolle vaarallisen melun lisäksi myös muita näkökulmia. Lähestyimme teollisia työpaikkoja äänimaisemina (Schulte-Fortkamp & Fiebig 2023; Kang, 2021), joissa ääni ymmärretään sekä fysikaalisena ilmiönä että työn tekemiseen, kokemiseen ja merkityksellistämiseen kietoutuvana tekijänä. Tavoitteena oli muodostaa kokonaisvaltainen ymmärrys teollisista äänimaisemista yhdistämällä akustinen mittaustieto, tutkijoiden havainnot, työntekijöiden kokemukset sekä

äänten merkitykset. Näin tutkimus täydentää aiempaa teollisuusmelun tutkimusta, jossa tarkastelu on painottunut riskien ja haittojen arviointiin ja melun hallintaan (Lie ym., 2016; Themann ym., 2023; Salari ym., 2024; Nousiainen ym., 2023).

Tutkimus oli luonteeltaan monimenetelmäinen monitapaustutkimus (Creswell & Plano Clark, 2018; Yin, 2018), johon osallistui viisi teollisuusyritystä, ja sitä voidaan luonnehtia myös kehittämisorientoituneeksi tutkimukseksi. Keräsimme aineistoa fysikaalisakustisin mittauksin, haastatteluin, keskusteluin ja havainnoinnein sekä kehitimme teollisiin työympäristöihin soveltuvan version äänimaisemakävelystä. Lisäksi järjestimme kehittämistilaisuuksia ja työpajoja, joissa tutkimustieto ja käytännön kehittäminen kytkeytyivät toisiinsa.

Tätä kokonaisuutta lähestyttiin kolmen toisiaan täydentävän tavoitteen kautta. Tutkimustavoitteet olivat seuraavat: (1) kuvata teollisia äänimaisemia moninäkökulmaisesti, (2) syventää ymmärrystä äänimaisemien merkityksistä työhyvinvoinnin, työn sujuvuuden ja työssä oppimisen kannalta sekä (3) tuottaa tietoa siitä, miten äänimaisemia voidaan kehittää näitä tukeviksi osallistavin ja yhteistoiminnallisin käytännöin ja menetelmin.

Tutkimustuloksemme kontribuoivat aiempaan tutkimukseen ja teollisten työpaikkojen kehittämiseen monella tapaa. Keskeisin uutuusarvo tuli äänimaisemalähestymistavan myötä, jolla ääniin liittyvää tarkastelua oli mahdollista laajentaa ja näkökulmaa muuttaa, eli vaihtaa tutkimuksellista paradigmaa (Davies ym., 2013; Kang, 2017; Kang, 2021). Tämä toteutui seuraavilla tavoilla. Ensinnäkin kiinnitimme huomiota äänten häiritsevyyteen, jota on aiemmin totuttu tarkastelemaan lähinnä toimisto- ja asiantuntijatyössä, ei niinkään teollisissa työympäristöissä. Toiseksi nostimme tutkimuksessamme keskeiseen rooliin ääniin liittyvät kokemukset laajasti huomioiden myös myönteiset kokemukset. Sen ohella, että tutkimme tehtaiden henkilöstön ääniin liittyviä kokemuksia, hyödynsimme myös omia kokemuksiamme ja huomioitamme. Kolmanneksi otimme tarkasteluun ääniin liittyvät tehtaan henkilöstön merkityksenannot, jolloin pääsimme käsiksi esimerkiksi työn sujuvuudelle ja osaamisen kehittymiselle tärkeisiin ääniin. Neljänneksi nostimme keskeiseksi seikaksi työntekijöiden ja työyhteisön äänimaisemien kehittämiseen liittyvän toimijuuden, jonka nimesimme äänimaisematoimijuudeksi. Tutkimuksen kuluessa havaitsimme, että tällainen lähestymistapa tuotti runsaasti uutta tietoa. Tutkimusta olisi voinut tarkentaa moniin eri suuntiin ja jouduimme tekemään valikointia ja rajauksia. Keskeisinä rajaamista ohjaavina tekijöinä toimivat luonnollisesti varsinaiset tutkimustavoitteemme ja -kysymyksemme.

Tutkimuksemme keskeinen havainto on, että teolliset äänimaisemat ovat monikerroksisia, kompleksisia ja tilanteisesti rakentuvia sosioteknisiä systeemejä, joissa tekniset äänet hallitsevat suhteessa sosiaalisiin. Äänimaisemat ovat myös muuntuvia. Ne vaihtelevat pienilläkin etäisyyksillä ja ajallisilla muutoksilla, mikä tekee niiden mittaamisesta ja tulkinnasta haastavaa. Näin ollen ääniä ei voida ymmärtää riittävästi pikaisilla näytteillä ja lähestymällä niitä vain fysikaalisina ilmiöinä, vaan äänet kietoutuvat työn tekemiseen, kokemiseen ja merkityksellistämiseen. Äänet näyttäytyvät samanaikaisesti sekä häiriötekijöinä että työn kannalta keskeisinä resursseina.

Äänten merkitykset rakentuvat vahvasti kontekstissaan ja näkökulmasta riippuen eri tavoin. Sama ääni voitiin tutkimuksemme mukaan kokea hyväksyttävänä tai häiritsevänä riippuen siitä, koettiinko se osaksi omaa työtä ja työympäristöä sekä voitiinko sitä hallita. Tämä tulos on

yhteneväinen äänimaisematutkimuksen kanssa, jossa äänen koetun merkityksen on todettu olevan keskeinen äänikokemusta jäsentävä tekijä (Kang, 2017).

Teollisuuden äänet koettiin tapausyrityksissä pääosin työympäristöön kuuluviksi. Ylipäänsä tutkimuksemme perusteella äänten hyväksyttävyys tai häiritsevyys ei määräydy ensisijaisesti fysikaalisten ominaisuuksien vaan niiden toiminnallisen merkityksen ja kontekstuaalisen sopivuuden kautta. Merkitykset vaihtelivat työnkuvan, työvaiheen ja tilan mukaan. Sama ääni saattoi olla yhdelle keskeinen informaation lähde, toiselle rauhoittava ja kolmannelle kuormittava. Lisäksi havaittiin, että kauempaa kantautuvat äänet koettiin usein häiritsevämpinä kuin oman työn kannalta merkitykselliset paikalliset äänet. Tämä tukee melun kontekstuaalista määrittelyä, jonka mukaan ääni muuttuu teollisuudessa meluksi erityisesti silloin, kun se ei ole toiminnan kannalta relevanttia tai tilanteeseen sopivaa eikä oma hallinta ulotu siihen (mm. Järvensivu ym., 2023).

Yksi osoitus siitä, että olimme tutkimuksessamme uuden äärellä, oli eteemme tullut tarve kehittää ja täsmentää käsitteitä ja menetelmiä. Päädyimme kehittämään äänimaisematutkimuksessa sovelletuista menetelmistä teollisuuteen soveltuvia versioita. Näitä olivat äänimaisemakävelyn teollinen sovellus ja äänimaisemakartan pohjalta ideoitu äänimaisemapohjapiirros. Molemmat menetelmät auttoivat tutkimuksessa käytettyjen erilaisten tieteenalojen ja metodisten viitekehysten yhdistämisessä. Äänimaisemakävely auttoi aineistonkeruuvaiheessa, kun taas äänimaisemapohjapiirroksia hyödynsimme analyysivaiheessa aineistotyyppejä integroidessamme.

Omien käsitteiden kehittelyyn päädyimme, koska teollisia ääniympäristöjä koskeva aiempi tutkimus ei tarjonnut sellaisia käsitteellisiä välineitä, joiden avulla tutkimusaineistossamme esiin nousseita ilmiöitä olisi voitu kuvata riittävän tarkasti tai edes tunnistaa. Ensinnäkin vastatessamme tutkimustavoitteeseen yksi määrittelimme teolliset äänimaisemat. Yleisesti ottaen teollisia äänimaisemia voidaan tutkimuksemme perusteella luonnehtia vaihteleviksi ja eläväisiksi sekä kerroksellisiksi ja kompleksisiksi sosioteknisiksi systeemeiksi, joissa tekniset äänet hallitsevat suhteessa sosiaalisiin. Keskeinen äänimaiseman piirre on teollisuuslaitosten erilaisten koneiden ja laitteiden äänistä kutoutuva taustaääni, eli tehdasmelu, joka usein kuuluu myös tehdashallien ulkopuolelle. Teollisten äänimaisemasysteemien kompleksisuudesta kielii äänten yhteen kietoutuneisuuden ohella se, että pienikin muutos tarkastelijan organisatorisessa, fyysisessä tai ajallisessa sijoittumisessa muuttaa äänimaisemaa niin fysikaalis-akustisessa mielessä kuin kokemuksen ja merkityksenannon kannalta. Näistä syistä teollisten työpaikkojen ääniä ei voida tavoittaa pelkillä äänisuureiden mittauksilla riittävästi, jotta voitaisiin arvioida äänimaiseman merkityksiä työn sujuvuudelle, työhyvinvoinnille tai työssä oppimiselle tai kehittää näiden osalta parempia äänimaisemia.

Toiseksi tunnistimme keskeiseksi osaksi teollisia äänimaisemia tehdastoimistot, jotka edustavat tutkimuksissa toistaiseksi heikosti tunnistettua rajapintaa tehtaan ja toimiston välillä. Määritelmämme mukaan tehdastoimistoissa integroituvat tehdas- ja toimistotyön tilalliset, toiminnalliset ja kokemukselliset piirteet, mikä haastaa sekä perinteisen toimistomelututkimuksen että teollisen melututkimuksen lähtökohdat. Tämä korostaa tarvetta tarkastella työympäristöjen ääniä kokonaisvaltaisesti, tilanteisesti ja kontekstissaan. Erityisen selkeästi äänten kontekstisidonnaisuus tuli esiin juuri tehdastoimistoissa, jotka näyttäytyvät teollisessa työssä yleistyvänä hybridiympäristönä tuotannon ja asiantuntijatyön rajapinnassa. Näissä tiloissa on läsnä samanaikaisesti puhetta ja koneääniä. Tämä tekee äänimaisemasta ennakoimattoman ja korostaa äänten merkityksellisyyden vaihtelua tilanteesta toiseen. Tässä ympäristössä äänen toiminnallinen relevanssi –

onko ääni osa omaa työtä vai sen ulkopuolinen häiriö – näyttäytyy selkeästi keskeisenä erottavana tekijänä hyväksyttävän ja kuormittavan äänen välillä. Näin tehdastoimistot eivät ainoastaan konkretisoi äänien kontekstisidonnaisuutta, vaan myös haastavat perinteiset melunhallinnan mallit ja korostavat tarvetta tarkastella äänimaisemia kokonaisvaltaisina sosioteknisinä systeemeinä.

Vastatessamme tutkimustavoitteeseen kaksi rakensimme tuoreen ammatillisen monilukutaidon (Sulkunen, 2023) käsitteen varaan. Tutkimuksemme perusteella teollisten äänimaisemien kontekstissa ammatillinen monilukutaito tarkoitti kykyä tulkita, ymmärtää ja hyödyntää äänimaisemia sosioteknisinä järjestelminä kokonaisvaltaisesti tai tietyiltä osin sekä osallistua niiden kehittämiseen. Ääniin liittyvä ammatillinen monilukutaito auttaa työntekijää esimerkiksi erottamaan erilaisia ääniä ja niiden lähteitä sekä tunnistamaan, mitä koneiden äänet, varoitussignaalit, työkalujen poikkeavat äänet, muiden työntekijöiden liikkeisiin liittyvät äänet tai tuotantoprosessin äänen rytmi kertovat työn etenemisestä ja onnistumisesta, työturvallisuudesta tai häiriöistä. Teknisten työn äänten ohella myös ihmisäänet sisältyvät teollisten äänimaisemien ammatilliseen monilukutaitoon, mutta tutkimuksemme perusteella teollisuudessa ihmisäänet ovat monin tavoin tekniselle ja tuotannolliselle prosessille alisteisia ja sen rajoittamia, jolloin tekniset äänet korostuvat monilukutaidossa verrattuna vaikkapa toimistotyöhön. On tietenkin huomioitava, että teknisten äänten tuottamisessa ihmisten toiminnalla on keskeinen merkitys.

Tarkastelumme työssä oppimisesta teollisissa äänimaisemissa kytkeytyi laajempaan työssä oppimisen tutkimukseen, jossa oppiminen ymmärretään sosiokulttuurisena, käytäntöihin kiinnittyvänä prosessina (Billett, 2001; Lemmetty ym., 2021 Eteläpelto ym., 2013). Aiempi tutkimus on osoittanut, että teollisuustyössä oppiminen on vahvasti käytäntöihin, ongelmanratkaisuun ja kokemukseen kytkeytyvää (Lehtonen ym., 2026; Shahlaei & Lundh Snis, 2023). Tutkimuksessamme tehdyt havainnot laajentavat tätä käsitystä osoittamalla, että teollisuustyön työssä oppiminen on keskeisesti myös aistimellista ja äänimaisemiin kytkeytyvää. Työntekijät eivät opi ainoastaan sanallisen ohjauksen tai dokumentoitujen ohjeiden kautta, vaan hyödyntävät samanaikaisesti kehollista, visuaalista ja auditiivista informaatiota. Tuloksemme osoittavat, että kyky tulkita näitä ääniä kehittyy kokemuksen myötä ja muodostuu keskeiseksi osaksi ammatillista osaamista. Kyse on tiedosta, joka rakentuu käytännön toiminnassa, kehon ja aistien kautta, ja jonka sanoittaminen tai tunnistaminen on vaikeaa (Nonaka & Takeuchi, 1995). Äänimaisemien tulkinta ilmentää tällaista hiljaista, tilanteista ja kontekstisidonnaista asiantuntijuutta, jossa kokeneet työntekijät oppivat erottamaan olennaiset signaalit taustamelusta, tunnistamaan poikkeamat ja tekemään päätelmiä ilman eksplisiittistä ohjeistusta.

Tulostemme pohjalta ehdotamme, että keskeiseksi ammatillisen osaamisen alueeksi tunnistetaan aiempaa paremmin äänimaisemiin liittyvä ammatillinen monilukutaito. Ammatillisen monilukutaidon käsitteen (Sulkunen, 2023) mukaisesti lukutaito ei rajoitu kielellisiin teksteihin, vaan kattaa erilaisten merkkijärjestelmien tulkinnan. Tässä tutkimuksessa teolliset äänet ja äänimaisemat näyttäytyvät omana tekstityyppinään, jonka lukeminen, tulkinta ja hyödyntäminen ovat keskeisiä työssä suoriutumisen ja oppimisen kannalta.

Tutkimuksessamme käsitteellistimme äänimaisemien muotoiluun osallistumisen äänimaisematoimijuudeksi. Käsite auttaa laajentamaan tutkimuksellisia lähestymistapoja siinä mielessä, ettei teollisuuden työntekijöitä pelkistetä äänten passiivisiksi vastaanottajiksi, kokijoiksi tai merkityksellistäjiksi, vaan heidän ymmärretään osallistuvan yksin ja yhdessä merkittävällä tavalla

äänimaisemien rakentamiseen. Näkökulma kytkeytyy toimijuutta korostavaan tutkimukseen (Eteläpelto ym., 2013), jossa tuodaan esiin yksilöiden ja yhteisöjen mahdollisuuksia vaikuttaa omaan työhönsä. Tuloksissamme jäsensimme äänimaisematoimijuutta useammalle tasolle. Yksilötasolla työntekijät säätelevät altistumistaan ja rakentavat omaa äänimaisemaansa (esim. kuulokekuuntelu, liikkuminen). Yhteisötasolla muodostuvat epäviralliset käytännöt ja normit, jotka ohjaavat ääniin suhtautumista ja niiden hallintaa. Organisaatiotasolla toimijuus ilmenee päätöksinä, ohjeistuksina ja teknisinä ratkaisuina, mutta on usein hierarkkisesti rajattua. Näiden lajityyppien tunnistaminen on keskeistä, jotta äänimaisemien kehittäminen voidaan ankkuroida aidosti työpaikan arjen toimintaan ja yhteiskehittämiseen.

Tutkimuksemme perusteella teollisuustyöntekijöiden äänimaisematoimijuus oli kuitenkin heikosti tunnistettua ja rajallista, minkä voidaan tulkinta edustavan tilannetta, jossa resursseja jätetään hyödyntämättä työn sujuvuuden, työhyvinvoinnin ja osaamisen kehittymisen näkökulmista. Tutkimuksessamme annoimme tilaa työntekijöiden äänille erityisesti laadullisen tutkimusaineiston keruun kautta ja järjestämissämme työpajoissa, joissa äänimaisemia kehitettiin yhdessä yhdistäen asiantuntijoiden tuottamaan tietoon tehtaiden eri henkilöstöryhmien tuottamaa tietoa.

Tunnistimme tutkimuksessamme yhdeksi teollisten äänimaisemien keskeiseksi piirteeksi myös kuulonsuojainten käytön ja kuulokekuuntelun, joka on lisääntynyt merkittävästi. Kuulonsuojaimet ja kuulokkeet muodostavat työntekijälle oman henkilökohtaisen äänimaiseman, jolla hän voi myös parantaa työnsä mielekkyyttä (ks. myös Järvensivu ym., 2023). Havaitsimme, että kuulonsuojainten ja kuulokkeiden moninaistumisen myötä teollisilla työpaikoilla on yhä suurempi tarve ymmärtää laitteiden eroja ja niiden moninaisia merkityksiä työn sujuvuudelle ja työhyvinvoinnille. Osaamisen kehittämisen ja oppimisen näkökulmasta sen sijaan kuulonsuojainten käytön tai kuulokekuuntelun merkitystä ei vielä juuri edes tunnisteta. Tehtaissa oli käytössä hyvin moninaisia laitteita ja työntekijät saattoivat myös asetella niitä päällekkäin tai käyttää vain toisessa korvassa. Tutkimusryhmämme sisäisessä viestinnässä otimme käyttöön termin kuulotin, jota käytimme ekonomisena yleissanana viittaamaan laajasti sekä kuulonsuojaimiin että kuulokkeisiin, sillä tarve tällaiselle termille oli keskusteluissamme aivan ilmeinen. Kuulottimiin liittyy tutkimuksemme perusteella sekä uhkia että mahdollisuuksia, mutta ne muodostavat ennen muuta mielenkiintoisia kehittämisenpaikkoja sille, miten tulevaisuuden työ voi jäsentyä yhä paremmin mietittyinä kerroksellisina äänimaisemina.

Nostimme tutkimuksessamme myös esiin kuulonsuojainten ylivaimennukseen liittyvät kielteiset seikat sekä tapauskohtaisesti oikein valittujen laitteiden huomattavan merkityksen sujuvalle kommunikaatiolle ja työlle, työhyvinvoinnille ja työssä jaksamiselle sekä osaamisen kehittymiselle. Aiemmin esimerkiksi kuulonsuojainten sisällä syntyvät ihmisen oman toiminnan äänet, kuten oma puhe, liikkuminen ja suojaimeen kohdistuvat iskut ovat jääneet vähälle huomiolle.

Kuulonsuojainten käyttöön liittyy merkittäviä käytännön haasteita, joita on hyvä arvioida erityisesti tilanteissa, joissa käyttövelvollisuus perustuu satunnaiseen altistumiseen tai yksittäisiin melupiikkeihin. Tällöin syntyy riski ylivaimennuksesta, joka heikentää viestintää, suuntakuuloa ja työn sujuvuutta sekä voi lisätä kuormittavuutta. Havaintojemme mukaan melupiikkien lähteitä ei aina tehtaissa tunnisteta, mikä vaikeuttaa tarkoituksenmukaisten suojausratkaisujen valintaa ja voi johtaa varmuuden vuoksi ylisuojaamiseen. Tämä tukee tarvetta siirtyä kohti kontekstisidonnaisempaa ja tilanteista kuulonsuojausta. Toisaalta kuulokekuuntelu näyttäytyy keskeisenä

uutena ulottuvuutena teollisessa työssä: se mahdollistaa yksilöllisten äänimaisemien rakentamisen ja tukee keskittymistä, oppimista ja työssä jaksamista. Samalla erityisesti vastamelukuulokkeet muuttavat perinteistä kuulonsuojauksen kenttää verrattuna toimistotyöhön, koska ne asettuvat suojaamisen ja henkilökohtaisen äänimaiseman rakentamisen rajapintaan. Tämä korostaa tarvetta tarkastella kuulokekuuntelua paitsi riskinä myös potentiaalisena resurssina.

Äänimaisemien akustisten ominaisuuksien mittaamisen osalta havaitsimme erityisesti näytemenetelmään liittyviä haasteita. Näytteillä ei pystytä tavoittamaan teollisten äänimaisemien kokonaisuutta. Havaitsimme äänimaisemien akustisten ominaisuuksien mittaamisen ja kehittämisen osalta seuraavaa:

- Työntekijän työtehtävään liittyvän meluannoksen ja sen osana pienitaajuisen impulssimelun luotettava mittaaminen edellyttää kunnollista työvuoron tai useamman kattavaa meluannosmittausta. Näytemittauksen epävarmuus on ilmeisen suuri. Haastattelemalla on mahdollista saada mittausten tueksi ymmärrystä siitä, miten suuresti työn äänet vaihtelevat ja millaisiin tilanteisiin liittyy kovinta melua.
- Ääniympäristön osana riittävä huonevaimennus ja siihen liittyen leviämisvaimennus on olennainen lähtökohta. Standardin 5907 vanhempi ja uudempi laitos ohjaavat suunnitteluarvon hyvin siten, että lopputulos on käyttäjän mielestä onnistunut.
- Jos jälkikaiunta-aikaa tai leviämisvaimennusta joudutaan jälkikäteen korjaamaan, on toimiva mitoitussääntö vähintään 0,5 sekuntia tai n. 1/3 mitatusta jälkikaiunta-ajasta, kumpi näistä onkin suurempi. Tämä perustuu sekä tässä projektissa että edellisessä projektissa kerättyyn kokemusaineistoon. Kirjallisuudessa sanottu 10 % muutos havaittavana muutoksena (esim. Blasinski 2023 ja ISO 3382) vaikuttaa korjauksen mitoitusperusteena liian pieneltä muutokselta.
- Vanha Weber-Fechnerin sääntönä tai Stevensin potenssilakina tunnettu psykofysikaalinen ihmisen aistiominaisuus, että 10 dB muutos vastaa äänekkyyskokemuksen puolittumista on edelleen hyvä mitoitusperuste teknisen meluntorjunnan suunnitteluun. Jos korjauksella saadaan melutaso alenemaan 10 dB, aistii käyttäjä melun “puolittuneen” ja on helpottunut. Korjausta pidetään onnistuneena. Pienempi muutos aiheuttaa väljähtyneen kokemuksen eikä meluntorjunnan pidetä onnistuneen. Kokemuksen perusteella on myös hyvin vaikea saada jälkikäteen yli 10 dB vaimennusta aikaan. Poikkeus on hyvin mitoitettu pienitaajuisen melun kanavaäänenvaimennin, jonka vaimennus voi ylittää 20 dB (Tanttari ym., 2011, Nousiainen, 2011, Tanttari ym., 2013).

Teollisten äänimaisemien arviointi perustuu edelleen vahvasti fysikaalis-akustisten mittareiden varaan, vaikka nämä eivät tutkimuksemme perusteella yksin tavoita äänten moninaisia merkityksiä. Käytetyt mittasuureet perustuvat laajoihin kokeellisiin tutkimuksiin koehenkilöillä, mutta niiden käytännön soveltamisessa yhteys alkuperäisiin ihmisten vasteisiin on pitkälti kadonnut. Tämä näkyy työpaikoilla siten, että häiritsevyydestä keskustellaan usein ilman systemaattista mittausperustaa – ja toisaalta mittaustulokset eivät suoraan vastaa työntekijöiden kokemuksia.

Tuloksemme vahvistavat kuitenkin sitä, että äänen voimakkuus (esim. LAeq) tai tilan kaikuisuus (T60) hälyä lisäävänä korreloi häiritsevyyden kanssa keskimäärin, mutta ei selitä sitä kokonaan. Häiritsevyys rakentuu tilanteisesti ja on sidoksissa työn sisältöön, merkityksiin ja yksilöllisiin

tekijöihin. Tämä tekee siitä ilmiönä vaikeasti mitattavan ja vaikeasti lähestyttävän, kun mittaustietoa ei kytketä kokemukselliseen ja työpaikalla yhdessä rakennettuun tietoon.

Keskeinen havainto on myös, että perinteiset keskiarvomittaukset eivät tavoita kaikkia työn kannalta olennaisia äänipiirteitä. Erityisesti satunnaiset impulssimaiset tai keskeyttävät äänet voivat jäädä mittauksissa näkymättömiksi, vaikka ne jäävät työntekijöiden mieleen ja vaikuttavat kokemukseen merkittävästi. Vastaavasti yksittäiset harvinaiset äänitapahtumat (esim. muutaman kerran päivässä esiintyvät) voivat jäädä kokonaan havaintojen ulkopuolelle mittausten ajallisista rajauksista johtuen, vrt. näytemittaus 1…3 min tai annosmittaus 5…8 h.

Äänimaisemakokemusten kannalta tilan akustiset ominaisuudet ovat keskeisiä. Kaikuisuus ja heijastukset heikentävät puheen erotettavuutta (STI) ja samalla äänten etenemisvaimennusta, jolloin häiritsevät äänet kantautuvat laajalle alueelle. Tästä huolimatta esimerkiksi STI-suuretta hyödynnetään teollisissa ympäristöissä toistaiseksi vähän, eikä niiden soveltamisesta erilaisiin työtilanteisiin ja etäisyyksiin ole vakiintunutta ohjeistusta.

Tulokset tuovat esiin myös äänenlaadun ja paikallisten äänimaisemien erityispiirteiden kvantifioinnin vaikeuden. Psykoakustiset suureet ja mittaustulosten Excel-vertailut eivät paljastaneet tässä tutkimuksessa olennaisia eroja yritysten välillä, vaikka työntekijöiden kokemuksissa on eroja. Tämä korostaa sitä, että pelkkä numeerinen tarkastelu voi luoda näennäistä tarkkuutta ilman todellista ymmärrystä.

Kokonaisuutena havaintomme viittaavat siihen, että teollisissa ääniympäristöissä luotetaan edelleen vahvasti numeerisiin raja-arvoihin, jotka pohjautuvat pääasiassa sairastumisriskin – erityisesti kuulovaurion – ehkäisyyn. Ne eivät kuitenkaan huomioi riittävästi työhyvinvointia, työn sujuvuutta tai oppimista koskevia ulottuvuuksia. Näin ollen tarvitaan myös lähestymistapoja, joissa mittaustieto, eri työntekijöiden kokemukset sekä niiden pohjalta muodostuva yhteinen ymmärrys integroidaan systemaattisesti, jotta äänimaisemia voidaan kehittää kokonaisvaltaisesti ja systeemisesti.

Joitakin erottuvia kapeakaistaisia komponentteja äänissä esiintyi johtuen koneenosien pyörimisnopeuksista, muilta osin lasketuista psykoakustisista suureista ei saatu merkittäviä eroja tutkituissa tehtaissa. Voidaan myös pohtia tässä olleiden yritysten edustuksellisuutta psykoakustisten suureiden suhteen. Esimerkiksi puusepänteollisuudessa on paljon muusta melusta erottuvia komponentteja, joista aiheutuu suuritaajuisia ääniä (mm. sirkkelit), pyörivien koneenosien kapeakaistaisia komponentteja (oikohöylät), paineilmapuhalluksia ja –imuja, impulssimelua ja monia niistä suureista, joista tässä tutkimuksessa ei saatu häiritsevyydelle näyttöä.

Äänen häiritsevyyttä voidaan mitata esimerkiksi kyselymittareilla, mutta yleiskäyttöisten ohjearvojen määrittäminen on haastavaa. Häiritsevyyden kokemukseen vaikuttavat useat tekijät, kuten melun ominaisuudet, työympäristö, työ ja yksilölliset erot (Fredianelli ym., 2022; Fields, 1992; Kjellberg, 1990), mikä vaikeuttaa selkeiden raja-arvojen asettamista. Lisäksi kyselyihin perustuva häiritsevyyden arviointi ei suoraan osoita, mistä ongelma johtuu tai mihin toimenpiteet tulisi kohdistaa. Tutkimuksemme osoittaa, että teollisten äänimaisemien kehittäminen edellyttää

monimenetelmällistä ja osallistavaa lähestymistapaa, jossa mitattua tietoa täydennetään työntekijöiden kokemuksilla, havainnoilla ja merkityksenannoilla.

Äänen häiritsevyyden vähentäminen alkaa perusasioista: melulle altistumisen arvioinnista, huoneakustiikasta, sopivista kuulonsuojaimista sekä viestinnän ja perehdyttämisen suunnittelusta äänimaisema huomioiden. Näistä lähtökohdista huolimatta kehittäminen näyttäytyy moniulotteisena ja kontekstisidonnaisena ilmiönä, johon ei ole yhtä kaikille soveltuvaa ratkaisua. Koska äänimaisemat kietoutuvat fyysiseen ympäristöön, työn organisointiin, ihmisten toimintaan ja vuorovaikutukseen, myös ratkaisut ovat väistämättä työpaikkakohtaisia ja moninaisia.

Tässä hankkeessa ei tunnistettu yleispäteviä ohjeita teollisuusmelun häiritsevyyden vähentämiseksi, sillä äänen häiritsevyys on monitekijäinen ilmiö. Häiritsevyyden hallinnassa voidaan kuitenkin hyödyntää useita lähtökohtia, kuten perinteisiä meluntorjunnan keinoja, epätavallisten ääniominaisuuksien (esim. kapeakaistaisuus, impulssimaisuus, pienitaajuisuus ja ultraäänet) huomioimista, kuulonsuojauksen optimointia sekä toimivia työ- ja toimintatapoja. Lisäksi on tärkeää tunnistaa häiritsevyyden kokemusten taustalla olevia syitä, jotta toimenpiteet voidaan kohdistaa tarkoituksenmukaisesti. Tuloksemme nostavat esiin myös sääntelyn ja käytäntöjen välisen jännitteen. Nykyinen sääntely perustuu pääasiassa mitattaviin raja-arvoihin ja kuulovaurioriskin ehkäisyyn, eikä se huomioi riittävästi äänien kokemuksellisia ja toiminnallisia ulottuvuuksia tai tarvetta keskustella yhdessä melunhallinnasta ja äänimaisemien kehittämisestä työpaikoilla.

Äänimaisemia ei siis voida ymmärtää pelkästään fysikaalisena ilmiönä, vaan ne kytkeytyvät työn sujuvuuteen, työhyvinvointiin ja oppimiseen, minkä vuoksi myös kehittämisen tulee perustua näiden ulottuvuuksien huomioimiseen. Keskeistä on mittaustiedon ja työntekijöiden kokemuksiin perustuvan tiedon systemaattinen integrointi: akustiset mittaukset voivat suunnata tarkastelua, mutta työntekijöiden kokemukset, havainnot ja merkityksenannot ovat välttämättömiä äänimaisemien ymmärtämisessä ja kehittämisessä. Kehittämisprosessi on luonteeltaan iteratiivinen ja osallistava: mittaukset, havainnot ja tulkinnat ohjaavat toisiaan, ja työntekijät ja työnantajien edustajat toimivat aktiivisina tiedon tuottajina ja kehittäjinä. Näin äänimaisemien kehittäminen siirtyy kapeasta melunhallinnan ja -torjunnan paradigmasta kohti kokonaisvaltaisempaa ja toimijalähtöistä lähestymistapaa, jossa äänet ymmärretään riskien ohella myös työn keskeisinä resursseina.

Seuraavat suositukset kokoavat tutkimuksen keskeiset havainnot hyödynnettäväksi käytännön työssä:

- Yhdistä mittaustieto, työntekijöiden kokemukset ja yhdessä muodostettu ymmärrys: hyödynnä akustisia mittauksia (esim. keskiäänitaso ja huipputasot), mutta täydennä niitä systemaattisesti työntekijöiden kokemuksilla ja näkemyksillä; kiinnitä erityistä huomiota tilanteisiin, joissa mittaukset ja kokemukset eivät vastaa toisiaan.
- Kohdenna toimenpiteet työn mukaan: tunnista, mitkä äänet ovat työn kannalta olennaisia ja mitkä kuormittavia, älä pyri poistamaan kaikkea ääntä; huomioi erityisesti impulssimaiset, keskeyttävät ja kaukaa kantautuvat ei-relevantit äänet.

- Kehitä äänimaisemaa yhdessä työyhteisön kanssa: ota työntekijät mukaan arviointiin ja suunnitteluun sekä tunnista ja vahvista heidän äänimaisematoimijuuttaan osana työn arkista kehittämistä.
- Optimoi kuulonsuojaus kontekstikohtaisesti: vältä ylivaimennusta ja huomioi vaikutukset viestintään, suuntakuuloon ja työn sujuvuuteen; sovita ratkaisut työtilanteiden mukaan ja tunnista kuulokekuuntelussa sekä riskit että mahdollisuudet.
- Panosta tilojen akustiikkaan ja äänen leviämisen hallintaan: varmista riittävä huonevaimennus ja tavoittele korjaustoimenpiteissä riittävän suurta muutosta, jotta vaikutus on käyttäjille havaittava; huomioi puheen erotettavuus erityisesti hybridiympäristöissä.
- Kehitä mittaamisen käytäntöjä: suosi työvuoron kattavia altistusmittauksia, kohdista mittaukset todellisiin ja huolellisesti valittuihin työtilanteisiin ja huomioi myös harvinaiset mutta kokemuksellisesti merkittävät äänitapahtumat.
- Huomioi ääni osana osaamista ja oppimista: tunnista äänten tulkinta osaksi työn sujuvuutta edistävää ammattitaitoa ja sisällytä keskeiset äänet sekä niiden poikkeamat perehdytykseen.
- Laajenna työsuojelun ja työterveyshuollon näkökulmaa melusta äänimaisemaan: tarkastele ääntä samanaikaisesti kuulovaurioriskin, häiritsevyyden, työn sujuvuuden, työhyvinvoinnin ja oppimisen näkökulmista.

6 Tutkimuksen rajoitukset ja jatkotutkimusaiheet

Tutkimuksemme on ensimmäisiä tutkimuksia teollisista äänimaisemista. Koska äänimaisemanäkökulma merkitsee paradigman muutosta teollisten äänten tutkimuksessa ja käytännöissä, on selvää, että tarvitaan paljon jatkotutkimuksia. Teolliset äänimaisemat näyttäytyivät tutkimuksen kuluessa meille lähes ehtymättömiltä tutkimusideoiden lähteiltä. Löysimme monia polkuja, joita olisimme voineet lähteä seuraamaan. Pystyimme valitsemaan vain joitakin ja loput jäävät seuraaville tutkimuksille.

Ensinnäkin on huomattava, että teollisuusyritykset ovat heterogeeninen ryhmä. Tutkimukseen valitsemamme yritykset olivat monessa mielessä keskenään samankaltaisia. Keskeisin yhdistävä tekijä tutkimusaiheemme kannalta oli se, että taustamelu oli niissä luokkaa 65–70 dB. Äänimaisemia voisi tutkia sekä hiljaisemmista että meluisammista teollisuusyrityksistä. Tämän ohella äänimaisemalähestymistapaa voisi soveltaa moniin muunlaisiinkin työnteon paikkoihin, mukaan lukien hybridityön erilaiset variaatiot ja lisääntyvä työn verkkovälitteisyys.

Toiseksi äänimaisemiin liittyy vahvasti kokemuksellisuus eikä voida olettaa, että työntekijät kokevat tai edes kuulevat äänet samoin, saati, että kuululle annettaisiin samanlaisia merkityksiä. Tämä näkökulma avaa monia jatkotutkimusmahdollisuuksia, sillä rajasimme yksilöllisen vaihtelun omasta tutkimuksestamme pois. Huoneakustiikkaa tehdään yleensä normaalikuuloisten ehdoilla. Huonokuuloiset ja ikääntymisen mukanaan tuomat kuulon rajoitteet ja erityistarpeet tulisi huomioida. Luetteloa voisi jatkaa moniin muihin väestöryhmiin, kuten neuromoninaisiin tai maahanmuuttotaustaisiin. On myös olemassa viitteitä siitä, että erityisryhmiin kuuluvilla henkilöillä

(esimerkiksi erilaiset autismin muodot) melun häiritsevyys voi olla tärkeässä roolissa, kun tarkastellaan työkykyä ja työssä selviytymistä (Arbetsmiljöverket 2026; Masiero ym., 2025). Kehittämistoimien kannalta näitä kaikki yhdistää tarve ottaa työntekijät mukaan äänimaisemien suunnitteluun. Käyttäjälähtöisten tilojen suunnittelussa on akustiikassakin vielä paljon tekemistä.

Kolmanneksi raapaisimme vain pintaa sen osalta, mitä teollisista äänimaisemista voisi ammentaa kommunikaation ja viestinnän näkökulmista tai työssä oppimisen ja ammatillisen koulutuksen kehittämiseksi. Työympäristöt on pitkään tunnistettu sosioteknisiksi kokonaisuuksiksi, mutta työssä oppimisen tutkimuksessa kiinnostus on kohdennettu lähinnä sosiaaliseen puoleen. Jatkossa olisi syytä perehtyä lisää siihen, mitä sosioteknisissä systeemeissä tekninen tarkoittaa oppimisen näkökulmasta. Automaation, tekoälyn ja tekoälyrobottien yleistyessä on yhä tärkeämpää ymmärtää ihmisen ja koneen vuorovaikutusta, myös äänten näkökulmasta. Puheentunnistuksen kehittyminen on yksi näkökulma, mutta kyse on paljon muustakin, kun ihmisten ohella koneet muuttuvat yhä kehollisemmiksi viestijöiksi. Samoin ylipäänsä työpaikkojen äänimaisemat oppimisympäristöinä tai tuottavuuden ja työhyvinvoinnin lähteinä ansaitsevat jatkossa huomiota. On iso harppaus siirtyä ajattelussa kuulolle vaarallisen melun torjunnasta työssä oppimista, työhyvinvointia ja työn sujuvuutta tukevien äänimaisemien kehittämiseen. Tiedostamme, että jatkotutkimuksissa myös erilaisten tieteenalojen ja metodologioiden integraatiossa on mahdollisuus parannuksiin.

Liitteet

LIITE 1

Kuulonsuojainten valintasuosituksia häiritsevässä melussa

- Valitse sellaiset kuulonsuojaimet, jotka eivät vaimenna liikaa. Tavoite on, että korvakäytävän suulla tai korvakäytävässä äänitaso on 75-80 dB (www.tyosuojelu.fi).
- Jos suinkin mahdollista, valitse kuulonsuojaimet, joita käyttämällä voi viestiä puheella tai pystyt kuulemaan vaivatta tarvittavia koneiden ja prosessien ääniä.
- Jos työhön liittyy tapaturmavaaroja ennakoimattomista suunnista, valitse suojaimet, joissa on suuntakuulo-ominaisuus (ns. kuulevat kuulonsuojaimet).
- Älä käytä samanaikaisesti kuulokkeita ja kuulonsuojaimia, ellei siitä ole selkeää hyötyä esimerkiksi viestinnän kannalta.
- Kuulokkeita ei saa käyttää melutyössä (yli 80 dB tai yli 85 dB tai impulssit yli 135 dB), niissä töissä pitää olla hyväksytyt kuulonsuojaimet (tulppasuojain, kupusuojain tai sankasuojain).
- Pyri suojaimia valitessasi siihen, että suojaimet asettuvat hyvin, eivät purista ja asettuvat tiiviisti. Tulppamallisten suojainten osalta valitse korvakäytäväsi kokoon sopiva tulppasuojain tai pyydä valettuja kuulonsuojaimia.
- Tarkista säännöllisesti kuulonsuojainten (myös kuulokkeiden) kunto ja toimivuus.

LIITE 2

Äänimaisemien tutkimus- ja kehittämismalli työpaikoille

Tämä liite täsmentää kuvassa 5 ja taulukossa 5 kuvattua äänimaisemien tutkimus- ja kehittämismallia.

Vaihe 1. Selvitä nykytilanne

Mallin mukaisessa kehittämisprosessin ensimmäisessä vaiheessa muodostetaan yhteinen käsitys työpaikan äänimaiseman nykytilanteesta ja kehittämistarpeista sekä suunnitellaan kehittämisprosessin toteutus. Nykytilanteen selvitys tehdään yhteistyössä asiantuntijoiden ja työpaikan keskeisten toimijoiden, kuten työsuojelun edustajien ja esihenkilöiden, kanssa.

Selvityksessä tarkastellaan työpaikan äänimaiseman keskeisiä piirteitä, haasteita ja kehittämiskohteita sekä kootaan yhteen olemassa oleva tieto, kuten aiemmat selvitykset, mittaukset ja henkilöstöltä saatu palaute. Samalla täsmennetään tarkastelun kohteet, määritellään kehittämisen tavoitteet sekä sovitaan osallistujista, aineistonkeruumenetelmistä ja käytännön toteutuksesta. Tämän vaiheen tukena voidaan hyödyntää alla esitettyä nykytilanteen selvittämisen muistilistaa.

Vaiheen tuloksena muodostuu yhteinen tilannekuva työpaikan sen hetkisestä äänimaisemasta sekä toimintasuunnitelma, joka ohjaa seuraavia vaiheita. Nykytilanteen selvitys auttaa kohdentamaan kehittämistyön työpaikan kannalta olennaisiin kohteisiin, tukee yhteisen ymmärryksen rakentumista eri toimijoiden välillä sekä luo perustan mittaustiedon ja työntekijöiden kokemuksiin perustuvan tiedon yhdistämiselle myöhemmissä vaiheissa.

Nykytilanteen selvityksen muistilista:

- Mitä työpaikan äänimaisemasta tiedetään jo ennestään?
- Mitä olemassa olevaa tietoa on käytettävissä (esim. mittaukset, työpaikkaselvitykset, henkilöstöpalaute)?
- Mitkä ovat työpaikan äänimaiseman keskeiset piirteet, haasteet ja kehittämistarpeet?
- Mitkä tilat, työpisteet, työprosessit tai tilanteet valitaan tarkemman tarkastelun kohteiksi?
- Mitä tavoitteita kehittämisprosessille asetetaan?
- Keitä osallistuu prosessin eri vaiheisiin?
- Miten akustiset mittaukset, äänimaisemakävelyt ja haastattelut toteutetaan?
- Miten prosessi aikataulutetaan ja vastuutetaan?
- Mitkä ovat seuraavat sovitut toimenpiteet?

Vaihe 2. Kartoita työpaikan äänimaisema

Työpaikan äänimaisemaa kartoitetaan yhdistämällä akustisia mittauksia, äänimaisemakävelyitä sekä työntekijöiden ja toimihenkilöiden haastatteluja. Menetelmät tuottavat tietoa sekä työpaikan ääniympäristön mitattavista ominaisuuksista että työntekijöiden kokemuksista, ja ne täydentävät toisiaan.

Akustiset mittaukset

Kehittämismallin menetelmällinen osuus alkaa työpaikan akustisen nykytilan kartoittamisella. Akustisilla mittauksilla tuotetaan objektiivista tietoa esimerkiksi äänenvoimakkuudesta (dB), melun impulssimaisuudesta ja taustamelun tasosta, tilojen jälkikaiunta-ajasta ja äänen leviämisestä tilassa. Lisäksi mittauksilla voidaan tarkastella ääniympäristön muita keskeisiä ominaisuuksia, kuten äänen taajuusjakaumaa, vaihtelua sekä puheen ymmärrettävyyteen vaikuttavia tekijöitä. Jos epäillään häiritsevyyteen liittyvän äänen erityisominaisuuksia, tallennetaan dataa aaltomuodossa myöhempiä kuunteluita ja laskentoja varten. Akustisessa tarkastelussa selvitetään myös melun syitä ja lähteitä sekä arvioidaan melun laatua ja ominaisuuksia. Tämä tapahtuu paitsi mittauksin myös työntekijöiden kanssa käytävän keskustelun avulla.

Näin tunnistetaan akustisesti kriittisiä tiloja ja työpisteitä sekä paikannetaan keskeisiä melulähteitä. Ne tarjoavat myös vertailupohjan myöhemmälle seurannalle ja kehittämistoimenpiteiden vaikutusten arvioinnille. Samalla mittaustulokset tukevat kehittämistyön kohdentamista ja priorisointia. Mittauksia voidaan toteuttaa sekä pistemäisinä näytemittauksina että henkilökohtaisina meluannosmittauksina riippuen työn luonteesta ja tarkasteltavista kysymyksistä. Tarvittaessa mittaukset toteutetaan akustiikan asiantuntijan toimesta, ja niitä voidaan täydentää akustisella mallinnuksella kehittämistoimenpiteiden suunnittelun tueksi (ks. taulukot 3 ja 4). Olennaista on, että asiantuntija pyrkii hahmottamaan vaikuttavat ja toteutettavissa olevat korjaustoimenpiteet. Nämä kannattaa suunnitella ratkaisukeskeisen selvityskäynnin jälkeen huolellisesti ja vuoropuhelussa työpaikan kanssa.

Äänimaisemakävelyt

Kolmannessa vaiheessa tarkastellaan työpaikan äänimaisemaa työntekijöiden subjektiivisten kokemusten ja merkityksenannon näkökulmasta. Äänimaisemakävelyt täydentävät akustisia mittauksia tuomalla esiin työntekijöiden kokemuksia, havaintoja ja tulkintoja omista työympäristöistään. Lisäksi äänimaisemakävelyillä on mahdollista hyödyntää tehtaan ulkopuolisten, kuten mukana olevien asiantuntijoiden ja tutkijoiden, huomioita ja käydä keskusteluja tehtaan henkilöstön ja äänimaisema-asiantuntijoiden kesken.

Äänimaisemakävelyt toteutetaan ohjattuina kierroksina työpaikalla siten, että niihin osallistuvat työnantajan edustajat, kuten työsuojelun toimijat, esihenkilöt tai muut kehittämisestä vastaavat henkilöt. Kävelyitä fasilitoivat tarvittaessa äänimaisematutkimuksen tai akustiikan asiantuntijat, jotka tukevat havaintojen tekemistä ja keskustelua.

Kävelyt suunnitellaan etukäteen äänimaisemakävelyn suunnitelmapohjan avulla (ks. alla oleva lomake). Suunnittelussa määritellään esimerkiksi kävelyreitti, osallistujat, havainnointitapa sekä mahdolliset mittaukset. Kävelyt kohdistetaan keskeisiin työtiloihin, työpisteisiin ja työprosesseihin, jotka on tunnistettu nykytilan selvityksen tai aiempien selvitysten perusteella.

Kävelyihin osallistuville voidaan määritellä etukäteen rooleja ja vastuita, jotka tukevat havainnointia, keskustelua ja tiedonkeruuta. Rooleja voivat olla esimerkiksi:

- kierroksen vetäjä, jonka vastuulla on kävelyn eteneminen sovitun mukaisessa järjestyksessä
- havainnoija, jonka vastuulla on kirjata äänimaisemaan liittyviä havaintoja ja yleisiä huomioita työympäristöstä sekä yhdistää ääniä niiden lähteisiin
- keskustelun fasilitoija tai haastattelija, joka vastaa kävelyn aikana toteutettavista keskusteluista ja niiden dokumentoinnista

Yksinkertaisen desibelimittarin käyttäminen kävelyn aikana voi auttaa hahmottamaan ja vertaamaan eri hallien, osastojen ja työpisteiden melutasoja sekä tukemaan keskustelua havaituista ääniympäristöistä.

Kävelyn suunnittelu, havainnot, mittaustulokset ja kehittämistoimet kannattaa dokumentoida. Dokumentoinnin tueksi voi laatia seuraavalla sivulla olevan esimerkkipohjan kaltaisen lomakkeen. Kävelyn aikana voidaan kirjata muun muassa:

- eri työpisteissä esiintyvät keskeiset äänet ja äänilähteet
- äänten voimakkuus, luonne ja vaihtelu (esim. jatkuva, impulssimainen)
- äänten koettu häiritsevyys tai myönteisyys
- työssä merkityksellisiksi koetut äänet
- äänten vaikutus työn sujuvuuteen, keskittymiseen, turvallisuuteen ja vuorovaikutukseen
- työntekijöiden esiin tuomat kokemukset, esimerkit ja kehittämisideat
- kävelyn aikana tehdyt mittaukset ja niiden keskeiset tulokset

Vaiheen tuloksena muodostuu kokemuksellista tietoa työpaikan äänimaisemasta sekä yhteinen ymmärrys niistä tekijöistä, jotka tukevat tai haastavat työn tekemistä. Tätä tietoa hyödynnetään mallin seuraavissa vaiheissa kehittämistoimenpiteiden suunnittelussa.

Äänimaisemakävelyn toteutus

Sijainti	
Työn kuvaus	
Aika ja kesto	
Osallistujat ja roolit	
Kävelijän positio	
Kävelyreitti	
Ryhmäkeskustelut	
Arviointipisteet	
Muut aistihavainnot	
Tekninen välineistö	
Keskeiset havainnot	
Keskeiset mittaustulokset	
Kehittämistoimet	

Ohjeita havaintojen kirjaamiseen:

- Sijainti: Kirjatkaa tila, osasto, reitti tai työpiste, jossa äänimaisemakävely toteutetaan.
- Työn kuvaus: Kuvatkaa lyhyesti, millaista työtä alueella tehdään ja mitkä työvaiheet ovat äänimaiseman kannalta olennaisia.
- Aika ja kesto: Merkitkää päivämäärä, kellonaika ja mahdollinen vuoro tai tuotannon vaihe, jonka aikana kävely tehdään. Arvioikaa kävelyn kokonaiskesto ja mahdollisten pysähdysten tai keskustelujen kesto.
- Osallistujat ja roolit: Kirjatkaa äänimaisemakävelyyn osallistuvat henkilöt tai osallistujaryhmät sekä heidän roolinsa. Kuvatkaa esimerkiksi työntekijät, esihenkilöt, työsuojelun edustajat tai asiantuntijat sekä heidän näkökulmansa tai tehtävänsä kävelyllä.

- Kävelijän positio: Kuvatkaa, mistä näkökulmasta kävely toteutetaan ja millainen havainnointirooli kävelijällä on (esim. työntekijän mukana kulkeva, havainnoija, asiakkaan näkökulma tai vuorovaikutteinen havainnointi).
- Kävelyreitti: Kuvatkaa kävelyreitti ja tärkeimmät pysähdyspaikat siinä järjestyksessä kuin ne kierretään.
- Ryhmäkeskustelut: Kuvatkaa, miten osallistujat jakavat havaintojaan, kokemuksiaan ja reaktioitaan kävelyn aikana ja sen jälkeen. Voitte hyödyntää keskusteluja kävelyn aikana kohdattavien työntekijöiden kanssa sekä järjestää kävelyn päätteeksi purkukeskustelun kävelijäryhmälle.
- Arviointipisteet: Valitkaa etukäteen kohdat, joissa pysähdytään arvioimaan ääniympäristöä, keskustelemaan havainnoista tai tekemään mittauksia. Varatkaa mahdollisuus tunnistaa uusia arviointipisteitä kävelyn aikana.
- Muut aistihavainnot: Kirjatkaa, vaikuttavatko esimerkiksi näköhavainnot, lämpötila, hajut, tärinä tai tilan avaruus äänikokemukseen.
- Tekninen välineistö: Kirjatkaa, mitä mittaus- tai havainnointivälineitä kävelyllä käytetään, esimerkiksi meluannosmittari, pieni desibelimittari tai muu keskustelua ja arviointia tukeva välineistö.
- Keskeiset havainnot: Kirjatkaa tärkeimmät kävelyn aikana tehdyt havainnot. Havaintoja voivat olla esimerkiksi keskeiset äänet ja äänilähteet, äänten ominaisuudet, äänten koettu häiritsevyys tai myönteisyys, vaikutukset työn sujuvuuteen ja vuorovaikutukseen sekä osallistujien esiin nostamat kokemukset ja kehittämisideat.
- Keskeiset mittaustulokset: Kirjatkaa kävelyn aikana tehdyt mittaukset ja niiden keskeiset tulokset, kuten melutasot, meluannokset tai muut käytetyn mittausvälineistön tuottamat tulokset.
- Suunnitellut kehittämistoimet: Kirjatkaa kävelyn perusteella tunnistetut kehittämistarpeet, alustavat toimenpiteet, vastuutahot ja aikataulu.

Keskeisten henkilöiden haastattelut

Haastatteluja kannattaa toteuttaa sekä erillisinä työntekijä- ja toimihenkilöhaastatteluina että äänimaisemakävelyjen yhteydessä käytävinä keskusteluina. Eri toimijaryhmät tarkastelevat työpaikan äänimaisemaa erilaisista näkökulmista, minkä vuoksi niiden yhdistäminen auttaa muodostamaan mahdollisimman monipuolisen kuvan työympäristön ääniin liittyvistä kokemuksista, tarpeista ja kehittämismahdollisuuksista. Toimihenkilöhaastatteluissa voidaan tarkastella esimerkiksi työpaikan toimintaa ja kehittämiskäytäntöjä, kun taas työntekijähaastatteluissa korostuvat työn arjessa muodostuvat kokemukset ja äänten merkitykset työssä. Lisäksi äänimaisemakävelyjen yhteydessä käytävät keskustelut mahdollistavat ääniin liittyvien havaintojen tarkastelun konkreettisissa työtilanteissa.

Haastattelut toteutetaan väljän teemarungon pohjalta. Haastattelurunko suunnitellaan etukäteen sen mukaan, millaista tietoa työpaikan äänimaisemasta halutaan kerätä, mutta

haastatteluissa on tärkeää jättää tilaa myös vapaalle keskustelulle sekä haastateltavien esiin nostamille näkökulmille ja kokemuksille. Haastatteluteemat voivat tarkentua prosessin aikana esimerkiksi äänimaisemakävelyissä tehtyjen havaintojen perusteella.

Haastatteluissa voidaan tarkastella esimerkiksi:

- työtehtäviä, työympäristöä ja työn organisointia
- työpaikan keskeisiä ääniä ja äänimaisemia
- häiritseviksi, kuormittaviksi tai turvallisuuden kannalta merkittäviksi koettuja ääniä
- työssä tärkeitä ja merkityksellisiä ääniä
- äänten vaikutuksia työn sujuvuuteen, vuorovaikutukseen, oppimiseen ja työhyvinvointiin
- työntekijöiden ja esihenkilöiden havaintoja ääniympäristön kehittämistarpeista
- kävelyissä tai mittauksissa esiin nousseita havaintoja ja niiden tulkintoja.

Vaihe 3. Muodosta yhteinen tilannekuva ja kehittämissuunnitelma

Tässä vaiheessa mittauksiin perustuva tieto ja työntekijöiden kokemukset yhdistetään työpaikan äänimaisemaa kuvaavaksi yhteiseksi tilannekuvaksi. Tilannekuvan muodostamista voidaan tukea äänimaisemakartan avulla, minkä jälkeen tuloksia tarkastellaan yhdessä työpaikan toimijoiden kanssa ja laaditaan kehittämissuunnitelma.

Äänimaisemakartan muodostaminen

Äänimaisemakartta tai -pohjapiirros toimii työkaluna työpaikan ääniympäristöä koskevan tiedon jäsentämisessä ja visualisoinnissa. Sen avulla voidaan tarkastella samanaikaisesti sekä akustisia olosuhteita että työntekijöiden kokemuksia ja merkityksenantoja.

Äänimaisemakartasta kannattaa tehdä omiin tarkoituksiin sopiva sovellus. Se voi olla visuaalinen (esim. tehdashallin pohjapiirrokseen sijoitettu esitys) tai sanallinen kuvaus ääniympäristön keskeisistä piirteistä. Esimerkki yhdestä mahdollisesta toteutustavasta on esitetty raportin kuvassa 2. Äänimaisemakartta kuvaa esimerkiksi:

- keskeiset äänilähteet ja niiden sijoittumisen tehtaassa ja työprosessissa
- tilakohtaiset erot ääniympäristössä (esim. eri väreillä visualisoituna)
- ääniin liittyvät kokemukset, ml. häiriö- ja kuormitustekijät
- työn kannalta tärkeät, toiminnallisesti merkitykselliset ja myönteiset äänet

Äänimaisemakartta toimii keskeisenä työkaluna yhteisen tilannekuvan muodostamisessa ja kehittämiskohteiden tunnistamisessa. Sen avulla voidaan kohdentaa jatkotoimenpiteitä sekä tukea yhteistä tulosten tulkintaa ja toimenpiteiden suunnittelua.

Yhteinen työpaja ja toimenpidesuunnitelman laatiminen

Äänimaisemakävelyiden, haastattelujen, mittausten ja äänimaisemakartan pohjalta muodostetut tulokset käsitellään yhdessä työpaikan toimijoiden kanssa esimerkiksi työpajassa. Tässä vaiheessa tavoitteena on muodostaa yhteinen ymmärrys työpaikan äänimaiseman nykytilasta, tunnistaa keskeiset kehittämiskohteet sekä priorisoida toteuttamiskelpoisia kehittämistoimenpiteitä. Yhteisen tarkastelun avulla voidaan erottaa nopeasti toteutettavat toimenpiteet pidemmän aikavälin kehittämistarpeista sekä tunnistaa ratkaisuja, jotka tukevat työn sujuvuutta, työssä oppimista ja työhyvinvointia.

Vaiheen tuloksena kannattaa laatia konkreettinen toimenpidesuunnitelma, johon kirjataan sovitut kehittämistoimenpiteet, vastuut, aikataulu sekä seurannan toteutus. Alla esitetään esimerkki pohjasta, jollaiseen toimenpidesuunnitelman voi kirjata.

Tutkimuksessa tunnistetut kehittämistoimenpiteet jäsentyivät kolmeen keskeiseen kokonaisuuteen. Käytännössä yksittäinen kehittämistoimenpide voi kohdistua yhteen tai useampaan näistä osa-alueista:

- akustiset ratkaisut, kuten tilan riittävän huonevaimennuksen varmistaminen sekä häiritsevien äänten vaimentaminen niiden lähteessä teknisin keinoin.
- kuulonsuojaukseen ja kuulemisen tukemiseen liittyvät ratkaisut, kuten kuulonsuojaimet, kuulokkeet, viestintävälineet ja muut työn tekemistä tukevat apuvälineet.
- toimintatapojen ja pelisääntöjen kehittäminen, kuten työrauhaan, työn organisointiin ja viestintäkäytäntöihin liittyvät ratkaisut.

Kehittämiskohde	Toimenpide	Vastuunjako	Aikataulu	Seuranta

Vaihe 4. Toteuta, seuraa ja arvioi

Tässä vaiheessa kehittämistoimenpiteet viedään käytäntöön ja niiden vaikutuksia seurataan. Tavoitteena on varmistaa, että kehittämistyö johtaa pysyviin parannuksiin työpaikan äänimaisemassa.

Kehittämistoimenpiteiden käynnistäminen

Toimenpidesuunnitelmassa määriteltyjen kehittämistoimien toteutus käynnistetään vaiheittain työpaikan prioriteettien ja resurssien mukaisesti. Tavoitteena on muuttaa suunnitelmat konkreettisiksi käytännöiksi, jotka parantavat äänimaiseman toimivuutta osana arjen työtä.

Toimenpiteet voivat kohdistua edellisessä vaiheessa tunnistettuihin kehittämiskokonaisuuksiin, kuten melun mittaamiseen ja akustisiin ratkaisuihin, kuulonsuojaukseen ja kuulokkeisiin sekä toimintatapoihin ja pelisääntöihin. Kehittämistoimenpiteiden toteutuksessa kannattaa aloittaa sellaisista toimenpiteistä, jotka ovat helposti toteutettavissa ja joiden vaikutukset ovat nopeasti havaittavissa. Samalla voidaan suunnitella pidemmän aikavälin ratkaisuja, jotka edellyttävät esimerkiksi investointeja, hankintoja tai muutoksia työtiloihin.

Toimenpiteiden käyttöönotosta on hyvä viestiä henkilöstölle sekä mahdollistaa palautteen antaminen niiden toimivuudesta. Kehittämistoimenpiteiden toteutuksessa keskeistä on varmistaa, että sovitut ratkaisut kytkeytyvät osaksi työpaikan arjen käytäntöjä ja tukevat työhyvinvointia, työn sujuvuutta ja oppimista.

Seuranta ja arviointi

Kehittämistyö ei ole kertaluonteinen toimenpide, vaan jatkuva prosessi, jossa äänimaisemaa tarkastellaan ja kehitetään systemaattisesti osana työpaikan arkea. Toteutettujen toimenpiteiden vaikutuksia seurataan esimerkiksi:

- uusintamittauksilla
- henkilöstön kokemuksia kartoittamalla
- uusilla äänimaisemakävelyillä

Seurannan tavoitteena on arvioida, miten toteutetut toimenpiteet vaikuttavat äänimaisemaan, työhyvinvointiin, työn sujuvuuteen ja työssä oppimiseen sekä tunnistaa mahdollisia uusia kehittämistarpeita. Seurannan apuna voidaan hyödyntää esimerkiksi seuraavia kysymyksiä:

- Miten työntekijöiden kokemukset äänimaisemasta ovat muuttuneet?
- Miten aiemmin tunnistetut häiriö- tai kuormitustekijät ovat muuttuneet?
- Miten hyvin työn kannalta tärkeät äänet ovat havaittavissa?
- Millaisia vaikutuksia kehittämistoimenpiteillä on ollut työn sujuvuuteen, turvallisuuteen tai vuorovaikutukseen?

- Millaisia uusia kehittämistarpeita tai kehittämiskohteita on ilmennyt?

Keskeistä on jatkossakin yhdistää mittauksiin ja työntekijöiden kokemuksiin perustuva tieto. Näin varmistetaan, että kehittämistyö perustuu ajantasaiseen kokonaiskuvaan ja mahdollistaa äänimaisemien jatkuvan parantamisen muuttuvissa työympäristöissä.

Lähteet

Aletta, F., Oberman, T., & Kang, J. (2018). Associations between positive health-related effects and soundscapes perceptual constructs: A systematic review. *International journal of environmental research and public health*, *15*(11), 2392.

Appelbaum, S. H. (1997). Socio-technical systems theory: An intervention strategy for organizational development. *Management Decision*, *35*(6), 452–463. https://doi.org/10.1108/00251749710173823

Appel-Meulenbroek, R., Steps, S., Wenmaekers, R., & Arentze, T. (2021). Coping strategies and perceived productivity in open-plan offices with noise problems. *Journal of Managerial Psychology*, *36*(4), 400-414.

Arbetsmiljöverket. (2026). *Riktlinjer vid autism eller adhd på arbetsplatsen – hälsofrämjande insatser och arbetsanpassingar* (Riktlinjer för företagshälsan nr 8).

Babisch, W. (2002). The noise/stress concept, risk assessment and research needs. *Noise & Health*, *4*(16), 1–11.

Basner, M., Babisch, W., Davis, A., Brink, M., Clark, C., Janssen, S., & Stansfeld, S. (2014). Auditory and non-auditory effects of noise on health. *The Lancet, 383*(9925), 1325-1332. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)61613-X

Berglund, B., & Lindvall, T. (toim.). (1995). *Community noise* (Archives of the Center for Sensory Research, 2(1)). Stockholm University & Karolinska Institute.

Billett, S. (2001). Learning through work: Workplace affordances and individual engagement. *Journal of Workplace Learning*, *13*(5), 209–214.

Błasiński, L., Felcyn, J., & Kociński, J. (2024). Perception of reverberation length in rooms with reverberation enhancement systems. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *156*, 450–462. https://doi.org/10.1121/10.0026485

Brammer, A., & Laroche, C. (2012). Noise and communication: A three-year update. *Noise & Health*, *14*(61), 281–286. https://doi.org/10.4103/1463-1741.104894

Braun, V., & Clarke, V. (2019). Reflecting on reflexive thematic analysis. *Qualitative Research in Sport, Exercise and Health, 11*(4), 589–597. https://doi.org/10.1080/2159676X.2019.1628806

Braun, V., & Clarke, V. (2021). One size fits all? What counts as quality practice in reflexive thematic analysis? *Qualitative Research in Psychology, 18*(3), 328–352. https://doi.org/10.1080/14780887.2020.1769238

Bruce, N. S. (2023). Addressing diversity and inclusivity in soundscape research: Developing methodologies for under- and non-represented participants. *Brazilian Creative Industries Journal, 3*(2), 76–93.

Chung, W. L., & To, W. M. (2016). Identification of a city" s soundscape using soundwalks. *Technical Acoustics*, *35*(6).

Cooperrider, D. L., & Srivastva, S. (1987). Appreciative inquiry in organizational life. Teoksessa R. W. Woodman & W. A. Pasmore (toim.), *Research in organizational change and development* (Vol. 1, s. 129–169). JAI Press.

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3. painos). SAGE Publications.

Davies, W. J., Adams, M. D., Bruce, N. S., Cain, R., Carlyle, A., Cusack, P., Hall, D. A., Hume, K. I., Irwin, A., Jennings, P., Marselle, M., Plack, C. J., & Poxon, J. (2013). Perception of soundscapes: An interdisciplinary approach. *Applied Acoustics, 74*(2), 224–231. https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2012.05.010

Davies, W. J., Adams, M. D., Bruce, N. S., Cain, R., Carlyle, A., Cusack, P., Hume, K. I., Jennings, P., & Plack, C. J. (2007). *The Positive Soundscape Project.* Proceedings of the 19th International Congress on Acoustics.

Domingo-Pueyo, A., Sanz-Valero, J., & Wanden-Berghe, C. (2016). Disorders induced by direct occupational exposure to noise: Systematic review. *Noise & health*, *18*(84), 229.

Eteläpelto, A., Vähäsantanen, K., Hökkä, P., & Paloniemi, S. (2013). What is agency? Conceptualizing professional agency at work. *Educational Research Review*, *10*, 45–65. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.05.001

Fetters, M. D., Curry, L. A., & Creswell, J. W. (2013). Achieving integration in mixed methods designs—Principles and practices. *Health Services Research*, *48*, 2134–2156. https://doi.org/10.1111/1475-6773.12117

Fields, J. M. (1992/1993). *Effect of personal and situational variables on noise annoyance: With special reference to implications for en route noise*. NASA/FAA.

Fredianelli, L., Lercher, P., & Licitra, G. (2022). New indicators for the assessment and prevention of noise nuisance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(19), Article 12724.

Frissen, I., Katz, B. F. G., & Guastavino, C. (2009). *Perception of reverberation in large single and coupled volumes*. In *Proceedings of the 15th International Conference on Auditory Display* (ICAD 2009) (pp. 1–5).

Grenzebach, J., & Romanus, E. (2022). Quantifying the effect of noise on cognitive processes: A review of psychophysiological correlates of workload. *Noise & Health*, *24*(115), 199–214. https://doi.org/10.4103/nah.nah_34_22

Griffith, T. L., & Dougherty, D. J. (2002). Beyond socio-technical systems: Introduction to the special issue. *Journal of Engineering and Technology Management*, *19*(2), 205–216. https://doi.org/10.1016/S0923-4748(02)00018-8

Haapakangas, A., Kankkunen, E., Hongisto, V., Virjonen, P., Oliva, D., & Keskinen, E. (2011). Effects of five speech masking sounds on performance and acoustic satisfaction. Implications for open-plan offices. *Acta Acustica united with Acustica*, *97*(4), 641–655.

Hossain, M. R., Manohare, M., & King, E. A. (2025). Systematic review of indoor soundscape assessments: Activity-based psycho-acoustics analysis. *Building Acoustics*, *32*(1), 123–141.

Hughes, R. W. (2014). Auditory distraction: A duplex-mechanism account. *PsyCh Journal*, *3*(1), 30–41.

Hygge, S., Kjellberg, A., & Landström, U. (2013). *Kunskapssammanställning: Störande buller i arbetslivet* (Rapport 2013:3). Högskolan i Gävle, Laboratoriet för miljöpsykologi.

International Organization for Standardization. (2003). *ISO 226:2003. Acoustics - Normal equal-loudness-level contours*. ISO.

International Organization for Standardization. (2009). *ISO 3382-1:2009. Acoustics - Measurement of room acoustic parameters - Part 1: Performance spaces.* ISO.

International Organization for Standardization. (2014*). ISO 12913-1:2014 Acoustics - Soundscape - Part 1: Definition and conceptual framework*. ISO.

Jafari, M. J., Sadeghian, M., Khavanin, A., Khodakarim, S., & Jafarpisheh, A. S. (2019). Effects of noise on mental performance and annoyance considering task difficulty level and tone components of noise. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, *17*(1), 353–365. https://doi.org/10.1007/s40201-019-00353-2

Job, R. F. S. (1996). The influence of subjective reactions to noise on health effects of the noise. *Environment International*, *22*(1), 93–104. https://doi.org/10.1016/0160-4120(95)00107-7

Jokitulppo, J., Ikäheimo, M., & Pääkkönen, R. (2008). Noise exposure measurements in real ears: An evaluation of MIRE-technique use in the field and in the laboratory. *Acta Acustica united with Acustica*, *94*(5), 734–739.

Jones, D. M., Chapman, A. J., & Auburn, T. C. (1981). Noise in the environment: a social perspective. *Journal of Environmental Psychology*, *1*(1), 43-59.

Järvensivu, A., Otonkorpi-Lehtoranta, K., Nousiainen, E., & Pääkkönen, R. (2023). Melun mittaamisesta melun merkityksiin: Teollisuusmelun hallinta yhteiskunnallisena kysymyksenä. *Yhteiskuntapolitiikka*, 88(3), 248–257.

Kaarlela-Tuomaala, A., Helenius, R., Keskinen, E., & Hongisto, V. (2009). Effects of acoustic environment on work in private office rooms and open-plan offices–longitudinal study during relocation. *Ergonomics*, *52*(11), 1423-1444.

Kang, J. (2017). From dBA to soundscape indices: Managing our sound environment. *Frontiers of Engineering Management, 4*(2), 184-192. https://doi.org/10.15302/J-FEM-2017026

Kang, J. (2021). Soundscape: Progress in the past 50 years and challenges in the next 50 years. *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings, 263*(6), 132-139. https://doi.org/10.3397/IN-2021-1302

Kemmis, S., McTaggart, R., & Nixon, R. (2014). *The action research planner: Doing critical participatory action research*. Springer.

Kilpiö, K., & Kytö, M. (2021). Hyvinvointi taustamusiikin kokemuksissa: Palvelualalla toimivien näkemykset työskentelystä musiikin kanssa. *Musiikki*, *51*(4). https://doi.org/10.51816/musiikki.113247

Kjellberg, A. (1990). Subjective, behavioral and psychophysiological effects of noise. *Scandinavian journal of work, environment & health*, 29-38.

Knott, E., Hamid Rao, A., Summers, K., & Teeger, C. (2022). Interviews in the social sciences. *Nature Reviews Methods Primers, 2*, 73. https://doi.org/10.1038/s43586-022-00150-6

Kodji, M. K., Lanoy, É., Giorgis-Allemand, L., Laumon, B., & Evrard, A.-S. (2023). The role of noise annoyance and noise sensitivity in the effect of aircraft noise on self-reported health: The results of the DEBATS longitudinal study in France. *Noise & Health*, *25*(117), 92–103. https://doi.org/10.4103/nah.nah_1_23

Kryter, K. D. (1970). *The Effects of Noise on Man*. New York: Academic Press.

Lehtonen, L., Veermans, M., Rintala, H., Ryymin, E., & Postareff, L. (2026). The views of employees and staff members on workplace learning affordances and hindrances: A case study from heavy industry. *Journal of Workplace Learning*, *38*(9), 1–17. https://doi.org/10.1108/JWL-05-2025-0158

Leiper, A., Davies, W. J., & Waddington, D. C. (2021). Using soundscape assessment tools to determine the impact of industrial noise in quiet areas. Teoksessa Proceedings of the 13th ICBEN Congress on Noise as a Public Health Problem (s. 1–11).

Lemmetty, S. (2021). Employee opportunities for self-directed learning at technology organisations: Features and frames of self-directed learning projects. *Studies in Continuing Education*, *43*(2), 139–155. https://doi.org/10.1080/0158037X.2020.1765758

Lewin, K. (1946). Action research and minority problems. *Journal of Social Issues*, *2*(4), 34–46.

Lie, A., Skogstad, M., Johannessen, H. A., Tynes, T., Mehlum, I. S., Nordby, K. C., Engdahl, B., & Tambs, K. (2016). Occupational noise exposure and hearing: a systematic review. *International archives of occupational and environmental health*, *89*(3), 351-372.

Masiero, B. S., Caldas-Correia, F., Underwood, S. H., Rosas-Pérez, C., Algargoosh, A., Bettarello, F., Caniato, M., Davies, W. J., Manley, D., Remington, A., Sivakumar, A., Wilson, W. J., Zaniboni, L., & Wang, L. M. (2025). Ten questions concerning autism and auditory accessibility in buildings. *Building and Environment*, *286*, Article 113634. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.113634

McGregor, I., Crerar, A., Benyon, D., & LePlâtre, G. (2006). Mapping workplace soundscapes: Reifying office auditory environments. Teoksessa *Proceedings of the World Forum for Acoustic Ecology Conference* (ss. 334-344). https://doi.org/10.17869/enu.243813

Miles, K., Weisser, A., Kallen, R. W., Varlet, M., Richardson, M. J., & Buchholz, J. M. (2023). Behavioral dynamics of conversation, (mis)communication and coordination in noisy environments. *Scientific Reports*, *13*(1), 20271. https://doi.org/10.1038/s41598-023-47396-y

Mitchell, A., Erfanian, M., Soelistyo, C., Oberman, T., Kang, J., Aldridge, R., Xue, J.-H., & Aletta, F. (2022). Effects of soundscape complexity on urban noise annoyance ratings: A large-scale online listening experiment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(22), Article 14872. https://doi.org/10.3390/ijerph192214872

Moshona, C., Fiebig, A., Aletta, F., Chen, X., Kang, J., Mitchell, A., Oberman, T. & Schulte-Fortkamp, B. (2024). A framework to characterize and classify soundscape design practices based on grounded theory. *Noise Mapping*, *11*(1), 20240002. https://doi.org/10.1515/noise-2024-0002

Nilsson, M. E., Alvarsson, J., Rådsten-Ekman, M., & Bolin, K. (2010). Auditory masking of wanted and unwanted sounds in a city park. *Noise Control Engineering Journal*, *58*(5), 524-531.

Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The knowledge-creating company: How Japanese companies create the dynamics of innovation*. Oxford University Press.

Nousiainen, E., Järvensivu, A., Otonkorpi-Lehtoranta, K., & Pääkkönen, R. (2023). *Teollisuuden työpaikkojen ääniympäristön ratkaisukeskeinen kehittäminen* (Humanistisen ammattikorkeakoulun julkaisuja 156). A-Insinöörit ja Humanistinen ammattikorkeakoulu.

Nousiainen, E., Pääkkönen, R., Tanila, R., & Romula, S. (2025). Melun häiritsevyys teollisuudessa ja häiritsevyyden hallinta. *Rakennusfysiikka 2025 -seminaari*, Tampere.

Nousiainen, E., Pääkkönen, R., Tervo, S., & Tanila, R. (2026). Assessment of noise environment quality of workplaces *Proceedings, Nordic Symposium on Building Physics*, Tampere, 8.–10.6.2026.

Peris, E., & Fenech, B. (2020). Associations and effect modification between transportation noise, self-reported response to noise and the wider determinants of health: A narrative synthesis of the literature. *Science of the Total Environment*, *748*, Article 141040. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141040

Pääkkönen, R. (1992). Effects of cup, cushion, band force, foam lining and various design parameters on the attenuation of earmuffs. *Noise Control Engineering Journal*, *38*(2), 59–65.

Pääkkönen, R., Lehtomäki, K., Savolainen, S., & Myllyniemi, J. (2000a). Ear plug fit and attenuation – an experimental study. *Acta Acustica*, *86*, 481–484.

Pääkkönen, R., Lehtomäki, K., Savolainen, S., Myllyniemi, J., & Hämäläinen, E. (2000b). Noise attenuation of hearing protectors in the human ear – a method description. *Acta Acustica*, *86*, 477–480.

Rachman, Z., Aletta, F., & Kang, J. (2024). Exploring soundscape assessment methods in office environments: a systematic review. *Buildings*, *14*(11), 3408.

Rachman, Z., Aletta, F., & Kang, J. (2025). Advancing soundscape assessment in open-plan offices: insights from expert focus groups. *Building Acoustics*, *32*(3), 417-461.

Radicchi, A. (2017). A Pocket Guide to Soundwalking. Some introductory notes on its origin, established methods and four experimental variations. In: Besecke AM, Josiane; Pätzold, Ricarda; Thomaier, Susanna, ed. Stadtökonomie – Blickwinkel und Perspektiven: ein Gemischtwarenladen / Perspectives on urban economics: a general merchandise Store; 70–73.

Radun, J., & Hongisto, V. (2023). Perceived fit of different office activities–The contribution of office type and indoor environment. *Journal of Environmental Psychology*, *89*, 102063.

Radun, J., Maula, H., Rajala, V., Scheinin, M., & Hongisto, V. (2022). Acute stress effects of impulsive noise during mental work. *Journal of Environmental Psychology*, 81, 101819.

Salari, N., Hosseinian-Far, A., Zarei, H., Rasoulpoor, S., Ghasemi, H., Elyasi, H., & Mohammadi, M. (2024). The global prevalence of noise induced hearing impairment among industrial workers: A systematic review and meta-analysis. *Indian Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery*, *76*(6), 5035-5049.

Schafer RM (1977) The tuning of the world. Alfred A. Knopf, Inc, New York. ISBN 978-0394409665.

Schulte-Fortkamp, B., & Fiebig, A. (2023). Soundscape: The development of a new discipline. Teoksessa B. Schulte-Fortkamp, A. Fiebig, J. A. Sisneros, A. N. Popper, & R. R. Fay (toim.), *Soundscapes: Humans and their acoustic environment* (Springer Handbook of Auditory Research, Vol. 76, ss. 1–21). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-22779-0_1

Shahlaei, C. A., & Lundh Snis, U. (2023). Conceptualizing industrial workplace learning: An information systems perspective. *Journal of Workplace Learning*, *35*(9), 1–21. https://doi.org/10.1108/JWL-04-2021-0048

Sulkunen, S. (2023). Suorittavassa työssä tarvitaan ammatillista monilukutaitoa. *Kielikukko*, *42*(1), 44–47.

Suomen Standardisoimisliitto SFS. (1985). *Akustiikan sanasto* (SFS 5100). Suomen standardisoimisliitto.

Suomen Standardisoimisliitto SFS. (2022). *SFS 5907: Rakennusten akustinen suunnittelu ja laatuluokitus*. SFS.

Szalma, J. L., & Hancock, P. A. (2011). Noise effects on human performance: A meta-analytic synthesis. *Psychological Bulletin, 137(*4), 682–707. https://doi.org/10.1037/a0023987

Tanila, R. (2025). *Teollisuushallien akustisten parametrien määrittäminen mittaamalla ja mallintamalla* [Diplomityö]. Tampereen yliopisto.

Tanttari, Isomoisio, Nousiainen, & Veijanen (2011). Helmholtz-resonaattorit äänenvaimentimina kanavasovelluksissa. *Akustiikkapäivät 2011*, Tampere, 11.–12.5.2011. Akustinen Seura ry.

Tanttari, Isomoisio, Nousiainen, Veijanen, & Hankamäki (2013). Pakoäänenvaimentimen kehitysprosessi. *Akustiikkapäivät 2013*, Turku, 22.–23.5.2023. Akustinen Seura ry.

Themann, C. L., & Masterson, E. A. (2019). Occupational noise exposure: A review of its effects, epidemiology, and impact with recommendations for reducing its burden. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *146*, 3879–3905. https://doi.org/10.1121/1.5134465

Themann, C. L., Masterson, E. A., Peterson, J. S., & Murphy, W. J. (2023). Preventing occupational hearing loss: 50 years of research and recommendations from the National Institute for Occupational Safety and Health. *Seminars in Hearing, 44(*4), 351-393. https://doi.org/10.1055/s-0043-1777749

Toppila, E., Pyykkö, I., & Pääkkönen, R. (2007). Melu, tärinä ja onnettomuusriski. *Työ ja ihminen*, *21*, 420–427.

Tuomi, J., & Sarajärvi, A. (2018). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi* (Uudistettu laitos). Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Työsuojeluhallinto. (n.d.). *Psykososiaaliset kuormitustekijät*. https://tyosuojelu.fi/tyoolot/psykososiaalinen-kuormitus/kuormitustekijat

Työturvallisuuskeskus. (n.d.). *Kuormitus- ja voimavaratekijät*. https://ttk.fi/julkaisu/kuormitus-ja-voimavaratekijat/

Uimonen, H. (1999) Radio työpaikan äänimaisemassa. Niemi Jarkko (toim.) Etnomusikologian vuosikirja 11. Helsinki, Suomen etnomusikologinen seura, 1999, 118-133.

Vrhovnik, M. M., & Prislan, R. (2025). Recent developments in investigating and understanding impact sound annoyance—A literature review. *Acoustics*, *7*(2), Article 21.

World Health Organization. (1948/2026). *Constitution of the World Health Organization*.

Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). SAGE Publications.

You, J., Lee, P. J., & Jeon, J. Y. (2010). Evaluating water sounds to improve the soundscape of urban areas affected by traffic noise. *Noise Control Engineering Journal*, *58*(5), 477-483.

Zhang, Y., Qin, J., Huo, G., Wang, Y., & Ma, Y. (2026). Evaluation of healthy acoustic environments in industrial buildings from the workers' perspective: A mixed-methods approach. Buildings, 16(9), 1765. https://doi.org/10.3390/buildings16091765

Teollisuuden ääniä on perinteisesti tarkasteltu meluna ja kuulovaurioriskinä. Tässä tutkimuksessa teollisia työympäristöjä lähestyttiin uudella tapaa äänimaisemina, joissa äänten merkitykset, työntekijöiden kokemukset ja työn vaatimukset kietoutuvat yhteen.

Viidessä teollisuusyrityksessä toteutettu monitieteinen tutkimus osoitti, että työn äänet eivät ole vain kuormitusta. Ne välittävät tietoa työn etenemisestä, turvallisuudesta, häiriöistä ja laadusta sekä tukevat ammattitaidon kehittymistä ja työssä oppimista.

Tutkimus tarjoaa uuden näkökulman teollisten työympäristöjen kehittämiseen sekä käytännön mallin työpaikkojen äänimaisemien arviointiin ja yhteiskehittämiseen.

Työterveyslaitos
PL 40
00032 TYÖTERVEYSLAITOS
ttl.fi
ISBN 978-952-391-272-4