

Saana Romula

# TOIMINNAN AIKAISET MELUTASOT AVOIMESSA OPPIMISYMPÄRISTÖSSÄ

Kandidaatintyö  
Rakennetun ympäristön tiedekunta  
Mikko Kylliäinen  
2020

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
2. TUTKIMUSTYÖ MAAILMALLA .....	3
2.1 Historia.....	3
2.2 Tehdyt tutkimukset.....	3
2.3 Saadut tulokset .....	4
3. AVOIMET OPPIMISYMPÄRISTÖT SUOMESSA .....	8
3.1 Historia.....	8
3.2 Suunnittelukriteerit avoimille oppimisympäristöille .....	8
3.3 Ongelmat .....	9
4. TUTKIMUSMENETELMÄT AVOIMESSA OPPIMISYMPÄRISTÖSSÄ .....	10
4.1 Tutkimuksen tavoitteet .....	10
4.2 Käytetyt menetelmät .....	11
4.2.1 Melutasomittaukset .....	11
4.2.2 Huoneakustiset mittaukset.....	13
4.2.3 Käyttäjälähtöinen tutkimus .....	15
5. TUTKIMUSTULOKSET .....	16
5.1 Melumittausten tulokset ennen ja jälkeen akustisten parannusten .....	16
5.2 Huoneakustisten mittausten tulokset.....	18
5.3 Käyttäjäkyselyn tulokset.....	18
6. TULOSTEN TARKASTELU.....	24
6.1 Melutasomittausten tulosten tarkastelu .....	24
6.2 Huoneakustisten mittausten tulosten tarkastelu .....	26
6.3 Tilan koettu ääniympäristö ja sen vaikutus keskittymiskykyyn sekä oppimiseen .....	26
7. PÄÄTELMÄT .....	29
8. YHTEENVETO.....	32

# 1. JOHDANTO

Suomessa uudistettiin opetussuunnitelmia vuonna 2016, jonka myötä avoimet oppimisympäristöt ovat uusissa kouluihin liittyvissä rakennushankkeissa lisääntymässä (Kylliäinen & Pääkkönen 2017). Avoin oppimisympäristö on opiskeluympäristö, jolla pyritään opetusmenetelmien joustavuuteen sekä opetuksen kohdistamista enemmän opiskelijakeskeiseksi. Akustiikan kannalta olennaista avoimissa oppimisympäristöissä on se, että ne eivät koostu välttämättä perinteisistä väliseinän jaettavista tiloista, vaan tilat saattavat olla avoimia toisiin tiloihin tai tilanjakajina käytetään esimerkiksi verhoja ja muita huoneakustisesti huonosti ääntä eristäviä rakenteita. Vaikka avoimet oppimisympäristöt ovat lisääntymässä, niiden akustisia ominaisuuksia ei kuitenkaan ole paljoa tutkittu eikä niiden suunnitteluperusteet Suomessa ole vielä vakiintuneita (Kylliäinen & Pääkkönen 2017).

Erityisesti avoimissa oppimisympäristöissä kiinnostus on herännyt äänen leviämiseen kyseisissä tiloissa, kun sen leviämistä ei ole perinteisin tilanjakajin estetty, sekä tiloissa vallitseviin taustamelutasoihin käytön aikana. Takalan et al. (2017) suorittamassa tutkimuksessa esille nousee tilassa olevien tilanjakajien, peiteäänijärjestelmän sekä muiden akustisten ratkaisujen vaikutus äänen leviävyyteen sekä puheen selkeyteen eräässä avoimessa oppimisympäristössä. Äänen levitessä ympäröiviin tiloihin kysymykseksi nousee myös se, millä etäisyydellä puheensiirtoindeksi STI pienenee niin paljon, ettei puhe ole enää niin selkeää ja ymmärrettävää, että se häiritsisi kuulijaa. Tiivistetysti voidaan todeta, että kiinnostavana kysymyksenä pidetään näiden ääneen liittyvien ilmiöiden ja rakenteellisten ratkaisujen vaikutusta keskittymiskykyyn ja sitä kautta myös oppimiseen. Yksi näihin vaikuttava tekijä on tilassa vallitsevat melutasot käytön aikana, mitä Suomessa ei ole paljon tutkittu.

Tässä kandidaatintyössä keskitytään eräaseen avoimeen oppimisympäristöön, johon on tehty akustisia parannuksia. Tilassa suoritettiin melutasomittaukset sekä tilan akustisiin ominaisuuksiin liittyviä käyttäjähaastatteluja ennen sekä jälkeen parannusten, ja tässä työssä tarkoituksena on käydä läpi saatuja tutkimustuloksia sekä verrata niitä toisiinsa. Tutkittavasta aineistosta seulotaan tilastollisilla menetelmillä tiettyjä prosentuaalisesti vallitsevia melutasoja ja verrataan näitä viitearvoihin. Lisäksi käydään läpi käyttäjäkokemuksia ja analysoidaan, kuinka ääni sekä akustiset ominaisuudet tilassa koetaan käyttäjän näkökulmasta. Työssä käsitellään äänen vaikutusta oppimistiloissa niin kokeellisesti saatuja arvoja tarkastelemalla, kuin ihmisen kokemana

käyttjähaastatteluiden kautta. Tällä tavoin pyritään tuottamaan lisää ymmärrystä ihmisen kokemuksista äänestä avoimissa työympäristöissä sekä siitä, millaisia akustisia ominaisuuksia avoimilla oppimisympäristöillä on. Erityisesti työssä pyritään tuottamaan tietoa käytön aikaisista melutasoista avoimessa oppimisympäristössä sekä pohtimaan, kuinka vallitsevat melutasot vaikuttavat oppimiseen ja keskittymiskykyyn.

Työn alussa käsitellään avoimia oppimisympäristöjä yleisesti. Koska Suomessa avoimien oppimisympäristöjen akustisia ominaisuuksia ei ole paljon tutkittu, esitellään ensimmäisessä luvussa maailmalla tehtyä tutkimustyötä aiheesta. Ensimmäisessä luvussa kerrotaan avoimista oppimisympäristöistä ilmiönä sekä niissä ilmentyneistä ongelmista. Yleisen katsauksen jälkeen siirrytään työssä käsittelemään työn kohteena olevaa avointa oppimisympäristöä ja siellä suoritettuja tutkimuksia. Neljännessä luvussa esitellään tutkimuksen taustaa, kerrotaan millä menetelmillä tutkimustuloksia käsitellään sekä kerrotaan, kuinka saatuja tuloksia halutaan tässä työssä käsitellä. Työn lopussa tarkastellaan erikseen sekä saatuja mittaustuloksia ja seulottuja melutasoja että tilan käyttäjien antamia haastatteluvastauksia ennen ja jälkeen akustisten parannusten. Erityisesti melutasoja tarkastellaan työn alussa luodun teorian pohjalta, jotta saadaan käsitys vallitsevien käytön aikaisten melutasojen suuruusluokasta. Koska ääni on myös ihmisen yksilöllisesti kokema ilmiö, analysoidaan myös tätä kokemusta vallitsevista melutasoista. Tämän jälkeen ottamalla huomioon sekä kokeellisesti saadut numeroarvot, että ihmisen kokemus, analysoidaan vallitsevien melutasojen vaikutusta lasten kykyyn oppia ja keskittyä avoimessa oppimisympäristössä.

## 2. TUTKIMUSTYÖ MAAILMALLA

### 2.1 Historia

Maailmalla avoimia oppimisympäristöjä on rakennettu jo muutama vuosikymmen. Shieldin et al. (2010) artikkelista voidaan lukea, että avoimien oppimisympäristöjen historia ulottuu 1960-luvulle saakka. Tuolloin toisen maailmansodan jälkeiset vuodet sekä poliittisten trendien muutokset rikkoivat ajatuksen perinteisestä opetusmallista, jossa opettaja luennoi oppilaiden istuessa hänen edessään pöytäriveissä. Tilalle tuli oppilaskeskeinen opetusmalli, jossa tärkeäksi nähtiin yksilön tarpeet, ryhmätyöskentely sekä kokemusperäinen oppiminen. Näitä tavoitteita vastaamaan kehittyi avoimet oppimisympäristöt, joiden muokkautuvuus antoi tilaa uusille opetusmetodeille. (Shield et al. 2010)

Lisäksi avoimet oppimisympäristöt vastasivat sotien jälkeisten vuosien tiukentuneisiin talousrajoitteisiin vähentämällä kouluissa tiloja, jotka eivät olleet tarkoitettuja opetukseen. Näin samalla rahalla voitiin rakentaa enemmän opetustilaa, käyttötarkoitukseen sopimattomien tilojen vähentyessä. (Shield et al. 2010)

### 2.2 Tehdyt tutkimukset

Avoimia oppimisympäristöjä alettiin tutkia 1970-luvulla, sillä niiden akustiset ominaisuudet tunnistettiin erilaiseksi kuin niin sanottujen suljettujen kouluympäristöjen eli perinteisten luokkahuoneiden. Tutkimuksia tehtiin niin akustiikasta, opetusmetodeista kuin ihmisten kokemuksista, ja näitä tutkimuksia on jatkettu nykyhetkeen asti. (Shield et al. 2010) Tässä luvussa tarkastellaan yhtä australialaista tutkimusta (Mealings et al. 2015), Shieldin et al. (2010) artikkelin katsausta useampiin tutkimuksiin melutasojen kannalta sekä poimitaan Greenlandin & Shieldin (2011) tutkimuksesta kahden minuutin keskiäänitason  $L_{A,eq,2min}$  arvoja.

Mealingsin et al. (2015) artikkelissa käsitellään erästä kirjoittajien suorittamaa tutkimusta australialaisissa avoimissa päiväkotitiloihin sekä alakouluympäristöissä. Tutkimuksen kohteena oli neljä erilaista oppimisympäristöä:

- yksi suljettu ja perinteinen 25 oppilaan oppimisympäristö, oppilaat 5–6-vuotiaita
- kaksi täysin avointa oppimisympäristöä, toisessa 44 oppilasta ja toisessa 91 oppilasta, oppilaat 5–6-vuotiaita
- yksi puoliavoin 205 oppilaan oppimisympäristö, oppilaat 5–6-vuotiaita.

Jokaisessa opetustilassa suoritettiin melutasomittaukset neljässä eri tilanteessa:

1. ympäristön tuottaman äänen aiheuttama melutaso tyhjässä luokkahuoneessa eli taustäänitaso
2. Käytön aikainen taustamelutaso siten, että opetusalue, jossa mikrofoni sijaitsi, oli tyhjä ja muilla opetusalueilla oli käynnissä hiljainen opetustilanne. Hiljaisessa opetustilanteessa opettaja opettaa ja luokka kuuntelee.
3. Käytön aikainen taustamelutaso siten, että opetusalue, jossa mikrofoni sijaitsi, oli tyhjä ja muilla opetusalueilla oli käynnissä äänekäs opetustilanne. Äänekäessä opetustilanteessa oppilaat tekevät ryhmätöitä.
4. käytön aikainen melutaso siten, että opetusalueella, jossa mikrofoni sijaitsi, oli oppilaita ja ympärillä olevilla opetusalueilla oli käynnissä äänekäs opetustilanne.

Tutkimuksessa taustamelun keskiäänitasojen  $L_{A,Eq}$  tuloksia verrattiin suositusarvoon  $L_{A,Eq} < 35$  dB ja käytön aikaisia melun keskiäänitasoja suositusarvoon  $L_{A,Eq} < 50$  dB. (Mealings et al. 2015) Nämä suositukset vaihtelevat kuitenkin riippuen tutkimuksesta, ja kirjallisuudesta saadaankin vaihtoehtoisiksi käytön aikaisen melutason suositusarvoiksi arvoja 50–70 dB (Shield et al. 2010).

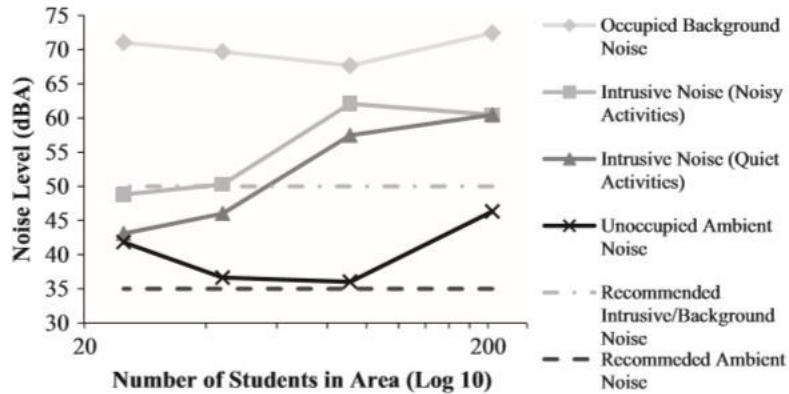
Greenlandin & Shieldin (2011) tutkimuksen kohteena oli kaksitoista avointa oppimisympäristöä, joiden opetusalueilla suoritettiin melutasomittauksia kahden minuutin jaksoissa kolmessa eri tilanteessa:

1. opetustilanne, jossa yksi ihminen luokkatilassa puhuu muiden kuunnellessa
2. oppilaat istuivat pöytien ääressä ja työskentelivät joko yksin, pareissa tai pienissä ryhmissä hieman keskustellen
3. opetustilanne, jonka aikana luokkatilassa liikuttiin.

Tulokset esitettiin kaikista luokkatiloista mitattujen kahden minuutin keskiäänitasojen keskiarvona  $L_{A,eq,2min}$ . (Greenland & Shield 2011)

## 2.3 Saadut tulokset

Australialaisesta tutkimuksesta (Mealings et al. 2015) saadut melutasojen tulokset nähdään kuvasta 1. Kuvassa ristillä merkitty mittausdata kuvaa mittaustilannetta 1, kolmiolla merkitty tilannetta 2, neliöllä merkitty tilannetta 3 ja vinoneliöllä merkitty tilannetta 4. Lisäksi katkoviivalla on esitetty suositeltu taustäänitaso sekä pistekatkoviivalla suositeltu käytön aikainen taustamelutaso.



**Kuva 1:** Melutasot eri mittaustilanteissa (Mealings et al. 2015, s. 100)

Huomataan, että yksikään luokahuoneista ei täytä taustäänitasolle tutkimuksessa asetettuja vaatimuksia ja ainoastaan suljettu luokahuone sekä pienempi täysin avoin luokahuone täyttävät niille vaaditun käytön aikaisen taustamelutason silloin, kun itse opetustila on tyhjä. Tarkasteltaessa käytön aikaista melutasoa huomataan, ettei luokan tyyppillä tai lapsien määrällä luokassa ole tässä tilanteessa väliä vaan keskiäänitaso pysyttelee 70–75 dB jokaisessa mittaustilassa. Kyseisestä tutkimuksesta voidaan nähdä, että itse korkea melu aiheuttaa meluallistumiselle tyypillisiä oireita, kuten stressiä, mutta se ei vaikuta vielä oppimiseen tai keskittymiskykyyn. Näiden voidaan todeta olevan yksilöllisiä kokemuksia. Sen sijaan korkeat melutasot vaikuttavat puheensiirtoindeksiin sekä signaali-kohinasuhteeseen huonontavasti. Signaali-kohinasuhde on suure, joka kuvaa äänenpainetasoa ja melutason arvojen välistä erotusta. Ilmiö vaikuttaa oppimiseen, sillä kyseisten suureiden huonontuessa opettajan puhe käy yhä epäselvemmäksi oppilaille. Lisäksi melutasojen lisääntyessä on todettu opettajilla äänenmuodostuksen ongelmia sekä äänen vahingoittumista heidän joutuessa korottamaan ääntään opetuksen aikana. (Mealings et al. 2015)

Shield et al. (2010) toteaa artikkelissaan, että useissa heidän tutkimissaan lähteissä suuret melutasot sekä kykenemättömyys löytää hiljaisia paikkoja ovat nousseet avoimien oppimisympäristöjen ongelmakohdiksi. Tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, että käytön aikaiset melutasot perinteisissä luokahuoneissa ovat lähes samoja kuin avoimissa oppimisympäristöissä. Suljetuissa ja perinteisissä luokahuoneissa mitattu keskiäänitaso on 56 dB hiljaisen työn aikaan (kun oppilaat lukevat hiljaa), 65 dB sellaistaen aktiviteettien aikaan, jolloin vähäinen puhe on sallittu sekä 70–77 dB ryhmätyöskentelyn aikaan. Shieldin et al. (2010) artikkelin käsittelemässä reilussa kymmenessä avoimen oppimisympäristön melututkimuksissa koulujen melutasoksi saadaan keskimäärin 62 dB oppituntien aikana. Vaihteluväli melutasoilla on 47–84 dB. (Shield et al. 2010)

Tämän lisäksi Greenlandin & Shieldin (2011) tutkimus esittää kahden minuutin keskiäänitasolle seuraavat tulokset:

- $L_{A,eq,2min}$  ensimmäisessä opetustilanteessa on 47 dB
- $L_{A,eq,2min}$  pöydissä tapahtuvan työskentelyn aikana on 53 dB
- $L_{A,eq,2min}$  työskentely aikana, jolloin luokkatilassa liikutaan, on 57 dB.

Koska avoimet oppimisympäristöt ovat kehittyneet vastaamaan opetussuunnitelmia, joiden keskiössä on kokemuslähtöinen oppiminen sekä ryhmätyöskentely, voidaan saatuja tuloksia verrata suljetun luokkahuoneen vähäisen puheen sekä ryhmätyöskentelyoppimisen aikaan vallitseviin melutasoihin. Huomataan, että melutaso ei mitattuna ole merkittävästi korkeampi ja tätä voidaan pitää luotettavana johtopäätelmänä, koska saman ilmiön on todentanut useampi avoimia oppimisympäristöjä tutkinut tutkimus. (Shield et al. 2010)

Ero avoimen ja suljetun oppimisympäristön välillä syntyy siitä, että luokkahuoneessa melutasot ovat vaihtelevia ja hiljaisten työvaiheiden aikana matalampia kuin aktiivisten työvaiheiden, kun taas avoimissa oppimisympäristöissä melutasot vastaavat aktiivisten työvaiheiden melutasoja pääsääntöisesti läpi päivän. Tämä johtuu siitä, että vaikka luokkahuone, jossa melusomittaukset suoritetaan, olisi tyhjä tai hiljaisen työn vaiheessa, ympäröivistä oppimistiloista kulkeutuu ääntä luokkatilaan. Lisäksi, jos luokkatila, jossa mittausta suoritetaan, on aktiivisessa työvaiheessa, melutaso ei nouse merkittävästi hiljaisen työvaiheen melutasoon verrattuna. Vaikka on todettu, että vaihtelevat melutasot häiriinnyttävät ihmisen keskittymiskykyä enemmän kuin tasainen ääni, syntyy silti luokkatilaan kantautuvasta melusta ongelma silloin, kun opetustilassa pitäisi tehdä hiljaisia ja keskittymistä vaativia tehtäviä. Lisäksi muualta kantautuva melu huonontaa opettajan puheen selkeyttä, jolla on vaikutusta lasten oppimiseen. (Shield et al. 2010)

Tässä kandidaatintyössä tutkitaan myös työn kohteena olevan oppimisympäristön äänitasojen fraktiileja ja Walsh (1975) määrittä tutkimuksessaan opettajien tyytyväisyyttä suhteessa meluun fraktiilille  $L_{A50}$  seuraavia raja-arvoja:

- hyväksyttävä arvo fraktiilille on  $< 55$  dB
- ei hyväksyttävä arvo fraktiilille on  $> 65$  dB
- siedettäviä arvoja ovat kaikki arvot väliltä 55–65 dB.

Mielenkiintoisen näkökulman aiheeseen antaa sekä Shieldin et al. (2010) että Mealingsin et al. (2015) artikkeleissa mainitut yksilöiden erilaisuus sekä lapsen kehitysvaihe oppimisen kannalta. Mealings et al. (2015) toteaa artikkelinsa alussa, että mitä nuorempi



oppilas on, sitä kehittymättömämpi hän on neurologisesti, jolloin esimerkiksi opettajan puheen muuttuessa epäselväksi, oppilaan on vaikeampi täyttää puheen mahdolliset katkot kokemukseen perustuvalla tiedolla. Lisäksi samassa artikkelissa melun vaikutukselle herkemmin alttiina todetaan olevan aistiyliherkät, kuulovaurioiset sekä introvertit lapset. (Mealings et al. 2015) Varsinkin introverttien on tutkittu keskittyvän huonommin meluisassa ympäristössä, mikä siten vaikuttaa heidän oppimiseensa (Cassidy et al. 2007). Muita oppimiseen sekä meluun vaikuttavia tekijöitä artikkeleissa todetaan olevan ainakin lapsien määrä oppimisympäristössä sekä aktiviteettien tyyppi (Shield et al. 2010; Mealings et al. 2015).

Koska ulkomailla on mahdollista rakentaa lämmityskustannusten vuoksi huonekorkeudeltaan korkeita oppimisympäristöjä enemmän kuin Suomessa (Pääkkönen et al. 2015) täytyy kirjallisuutta tarkasteltaessa muistaa, että myös tilan korkeus vaikuttaa äänen käyttäytymiseen. Ulkomailta saadun tiedon voidaan silti olettaa olevan korkeuden puolesta verrattavissa suomalaisiin tutkimustuloksiin, sillä Mealingsin et al. (2015) tutkimuksen kohteena olleiden oppimisympäristöjen huonekorkeudet olivat 2,8–6m, mikä vastaa suurimmaksi osaksi Suomessa esiintyviä huonekorkeuksia. Tutkimuksen tulokset ovat samaa suuruusluokkaa kuin Shieldin et al. (2010) artikkelissa esiintyvien tutkimusten, joten ainakin melun suhteen tulokset ovat akustiikan kannalta vertailukelpoisia. Tulosten vertailu suomalaisiin tutkimustuloksiin on kuitenkin hankalaa, koska useampi tutkimus ja artikkeli esittää käytön aikaisia melutasoja kahden minuutin jaksolle tai ei ilmoita melumittausten kestoa ollenkaan (Greenland 2008; Shield et al. 2010; Greenland & Shield 2011). Myös Mealingsin et al. (2015) tutkimuksessa todetaan mittausten kestävän 2–10 minuuttia riippuen mittauksen kohteena olevasta toiminnasta, mutta artikkeli ei mainitse, mille aikavälille ilmoitetut keskiäänitasot ovat. Tämä ilmiö tekee tulosten vertailusta keskenään lähes mahdotonta.

## 3. AVOIMET OPPIMISYMPÄRISTÖT SUOMESSA

### 3.1 Historia

Suomessa ensimmäiset kokeilut avokouluista sijoittuu 1970-luvulle, jolloin siirtyminen peruskoulujärjestelmään muutti opintosuunnitelmia. Tuolloin peruskoulujärjestelmään siirryttäessä uudeksi opetustavaksi muodostui esimerkiksi ryhmätyöskentely, joka vaati uudenlaisia opetustiloja. Uusiin kouluihin suunniteltiin esimerkiksi väliseinin jaettavia luokkatiloja, auditorioita suuryhmäopetukseen sekä avoimia keskustiloja, jotka ympäröitiin erilaisilla opetustiloilla. Uuteen koulutusjärjestelmään ja siten uusiin opetukseen kohdistuviin vaatimuksiin siirtymisestä huolimatta Suomessa rakennettiin uusia kouluja enemmän 1950–1960-luvuilla kuin 1970-luvulla. (Standertskjöld 2017)

Tämän jälkeen opetussuunnitelmat ovat muovautuneet ja uudistuneet aika-ajoin ja viimeisimmät muutokset ovat herättäneet aidon tarpeen avoimille, joustaville ja aidosti muovautuville oppimisympäristöille. Opetushallituksen nettisivuilla kerrotaan, että uuden, vuonna 2016 voimaan tulleen, opetussuunnitelman mukaan (Opetushallitus 2020) ”työtapojen tulee antaa tilaa kokeilemiseen, tutkimiseen, toiminnallisuuteen, liikkumiseen ja leikkiin” sekä ”perusopetuksessa käytetään monipuolisia työtapoja”. Nämä kohdat vaativat opetustiloilta muokkautuvuutta, jonka vuoksi avoimet oppimisympäristöt Suomessa tulevat mahdollisesti lisääntymään uudiskohteissa.

### 3.2 Suunnittelukriteerit avoimille oppimisympäristöille

Vaikka avoimia oppimisympäristöjä on tutkittu enemmän maailmalla ja niille löytyy jo suunnitteluohjeita esimerkiksi Tanskasta sekä Englannista (Shield et al. 2010), löytyy myös Ympäristöministeriön antamassa ohjeistuksessa (2019) avoimille oppimisympäristöille muutama suunnittelua ohjaava viitearvo sekä suositus. Puheensiirtoindeksin STI arvo on kolmen metrin päässä äänilähteestä oltava vähintään 0,7 ja kahdeksan metrin päässä enintään 0,5. Oppimisryhmien välillä puheenerotettavuus pitäisi olla mahdollisimman pieni. Jälkikäiunta-ajan  $T$  olisi hyvä alittaa arvo 0,5s kaikilla oktaavikaistoilla. (Ympäristöministeriö 2019)

Vertailun vuoksi mainitaan myös perinteisen luokkahuoneen sekä avoimen toimistotilan suunnittelukriteerit. Avotoimistossa STI:n arvo kahdeksan metrin päässä äänilähteestä tulisi olla pienempi tai yhtä suuri kuin 0,6 sekä jälkikäiunta-ajan pienempää tai yhtä suurta kuin 0,6s, vaikka oktaavikaistalla 125Hz jälkikäiunta-ajan sallitaan olevan enintään 0,9s. Luokkahuoneessa puheensiirtoindeksin arvon suositellaan olevan suurempaa tai yhtä

suurta kuin 0,70 sekä jälkikaiunta-ajan suositusarvoksi annetaan 0,5–0,7s. Oma mainintansa jälkikaiunta-ajasta annetaan päiväkotien ryhmätiloille, kuten leikkihuoneille, joissa jälkikaiunta-ajan suositellaan saavan korkeintaan arvon 0,6s. Lisäksi taloteknisten laitteiden tuottamalle keskiäänitasolle  $L_{A, Eq}$  on annettu suositusarvoiksi 33 dB ja enimmäisäänitasolle  $L_{A, max, T}$  38 dB. (Ympäristöministeriö 2019)

### 3.3 Ongelmat

Yksi avoimiin oppimisympäristöihin liittyvä ongelma Suomessa on niiden tutkimisen vähyys ja siten tutkimustulosten vähyys. Koska avoin oppimisympäristö on yhdistelmä avotoimistosta sekä luokkahuoneesta, ei näiden suunnittelukriteereitä voida käyttää suoraan avoimien oppimisympäristöjen suunnitteluun.

Lisäksi käytön aikaiset melutasot vaikuttavat puheensiirtoindeksiin STI sekä melun leviävyyteen. STI:n arvo paranee, mitä pienempi taustamelutaso on. Opetusympäristössä STI:n arvon olisi hyvä olla mahdollisimman korkea lähietäisyyksillä opettajasta, mutta mahdollisimman pieni kaukana opettajasta (Shield et al. 2010). Jos taustamelutasot tekevät puheenerotettavuudesta liian vaikeaa opetustilanteessa, koituu tästä ongelmia oppimisen kannalta. Jos tilanjakajat avoimessa ympäristössä eivät eristä ääntä tarpeeksi tai niitä ei ole riittävästi tilojen välillä, voi ääni levitä tilassa esteettä. Tämä tuo oman ongelmansa oppimisympäristöihin, sillä melutasojen noustessa korkeiksi ja äänen levitessä vapaasti tilassa, melu häiritsee pahimmillaan kaikkia avoimessa opetusympäristössä olevia käyttäjiä. Myös käyttäjien ikä vaikuttaa tilan meluisuuteen. Mealings et al. (2015) toteaa artikkelissaan, että monet heidän tutkimansa lähteet ovat havainneet, että mitä nuorempia oppilaita oppimisympäristössä on, sitä suurempia ovat äänitasot.

Oman näkökulmansa suunnittelukriteereiden riittävyteen tuo myös käyttäjien tarpeet yksilöinä, heidän kokemansa ääniympäristö sekä esimerkiksi erityisoppilaat, joilla on todettu keskittymishäiriöitä. Vaikka opetustila täyttäisi sille asetetut suunnittelukriteerit numeerisesti sekä tieteellisesti mitattuna, ei tila silti välttämättä vastaa kaikkia sen käyttäjien tarpeita, sillä esimerkiksi introvertit voivat kokea meluisan ympäristön keskittymistä haittaavana, keskittymishäiriön omaava oppilas saattaa häiriintyä vaihtelevista äänitasoista herkemmin ja kuulovaurioiselle oppilaalle taustamelun heikentämä ääniympäristö saattaa aiheuttaa opetuksen selkeyden sekä kuulemisen ymmärtämisen vaikeuksia (Cassidy et al. 2007; Shield et al. 2010; Mealings et al. 2015).

## 4. TUTKIMUSMENETELMÄT AVOIMESSA OPPIMISYMPÄRISTÖSSÄ

### 4.1 Tutkimuksen tavoitteet

Tässä kandidaatintyössä keskitytään tutkimaan huoneakustiikan ilmiöitä, erityisesti käytön aikaisia melutasoja, avoimessa oppimisympäristössä. Työn lähteenä käytetään A-Insinöörien tutkimusta eräässä avoimessa oppimisympäristössä, jossa suoritettiin melumittaukset sekä käyttäjälähtöinen tutkimus vuosina 2017 ja 2018 (Lietzén et al. 2017; Valjakka et al. 2018). Tutkimuksen kohteena oleva koulu on uudisrakennus, jossa sijaitsee 1.–9. luokkien yhtenäiskoulu sekä päiväkotia. Kohteen tarkoituksena on toimia uuden opetussuunnitelman mukaisena kouluna, jonka tilat on suunniteltu avoimen oppimisympäristön periaattein. (Lietzén et al. 2017)

Tutkimuksen ensimmäisen vaiheen tavoitteena oli mittaustuloksien perusteella arvioida, kuinka suunnittelun perusteena olevat lähtöarvot toteutuvat, onko koulu tilana käytännössä toimiva sekä tarvitaanko kohteeseen korjaavia toimenpiteitä ennen kohteen vastaanottoa. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C1 (1998) mukaan rakennuksen on oltava sellainen, että melu, jolle henkilö rakennuksessa tai sen läheisyydessä altistuu, ei saa vaarantaa henkilön terveyttä ja rakennuksessa pitää pystyä käytön mukaisesti nukkua, levätä ja työskennellä riittävän hyvissä olosuhteissa. Tämän lisäksi koulun huoneakustiikan täytyi täyttää tietyt tavoitearvot, jotta se saavuttaisi hyvät ääniolosuhteet. Nämä tavoitearvot on esitelty alaotsikon alla, joka käsittelee huoneakustisia mittauksia. Tutkimukseen liittyvien melumittauksien tarkoituksena oli selvittää, millaisia toiminnanaikaisia melutasoja sekä taustamelutasoja avoimessa oppimisympäristössä vallitsi. Lisäksi melutasomittauksilla pyrittiin selvittämään, täyttääkö rakennus sille suunnitteluvaiheessa asetetut tavoitearvot sekä suositukset. Tässä kandidaatintyössä tarkastellaan näistä kahdesta akustisesta mittauksesta tarkemmin äänitasomittauksia, mutta myös huoneakustisten mittausten tuloksia käsitellään niiltä osin, kuin se työn kannalta on oleellista. Käyttäjälähtöisen tutkimuksen tavoitteena oli saada tietoa ihmisen kokemasta ääniympäristöstä tutkimuksen kohteena olevassa avoimessa oppimisympäristössä. Kysely otti myös huomioon tilan muut tekijät, kuten kalusteet ja niiden toimivuuden, viihtyvyyden ja mukavuuden sekä kulkemisen helppouden tiloissa. (Lietzén et al. 2017)

Kun mittaustulosten perusteella oli määritelty ja selvitetty tilan vaatimat akustiset parannukset, suoritettiin tilassa korjaustyöt, joiden tavoitteena oli parantaa ilmenneitä

huoneakustiikan epäkohtia. Korjausten jälkeen tilassa suoritettiin tutkimuksen toinen vaihe, jossa tehtiin sama melumittaus ja huoneakustiikan mittaaminen sekä käyttäjäkysely kuin tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa. Tällä tavoin arvioitiin korjaustoimenpiteiden toimivuutta. (Valjakka et al. 2018)

## 4.2 Käytetyt menetelmät

### 4.2.1 Melutasomittaukset

Kohteessa suoritettiin tutkimuksen ensimmäisessä ja toisessa vaiheessa melutasomittaukset, joiden tarkoituksena oli selvittää tilassa vallitsevat käytön aikaiset melutasot. Näitä mittauksia kutsutaan äänitasomittauksiksi eli aktiivimelumittauksiksi. (Lietzén et al. 2017; Valjakka et al. 2018)

Äänitasomittauksissa tutkittavaan avoimeen oppimisympäristöön sijoitettiin ensimmäisessä vaiheessa mittauskalustoa yhdeksään eri mittauspisteeseen ja jälkimmäisessä vaiheessa kymmeneen eri mittauspisteeseen kuvien 2 ja 3 mukaisesti. Mittaukset suoritettiin ensimmäisessä vaiheessa aikavälillä 9–13 ja toisessa vaiheessa aikavälillä 8.30–14. Lisäksi mittauspäivinä opettajia sekä oppilaita ohjeistettiin toimimaan avoimissa oppimistiloissa, jotta saavutettaisiin niin kutsuttu maksimitilanne, jolloin oppimisympäristössä on suurin mahdollinen melurasite sen käyttäjälle. (Lietzén et al. 2017; Valjakka et al. 2018)



**Kuva 2:** Melutasomittauksen mittauspisteet koulussa tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa (Lietzén et al. 2017, s. 5)



**Kuva 3:** Melutasomittauksien mittauspisteet koulussa tutkimuksen jälkimmäisessä vaiheessa (Valjakka et al. 2018)

Melumittausten ensimmäisen vaiheen raportissa (Lietzén et al. 2017) tilassa vallitsevat melutasomittauksen tulokset ovat esitetty kolmella tavalla:

- yhden minuutin A-painotettu keskiäänitaso  $L_{Aeq, 1min}$ , joka kuvaa minuutin aikana vallitsevaa jatkuvaa vakioäänitasoa
- A-painotettu melun maksimitaso  $L_{Amax}$ , joka kuvaa tilassa esiintynyttä suurinta äänitasoa koko mittausajalta
- koko mittausajan vallitseva keskiäänitaso  $L_{Aeq, 4h}$ .

Samoja mittausarvoja on käytetty myös melumittausten jälkimmäisessä vaiheessa akustisten parannustoimenpiteiden jälkeen, mutta mittausaika on tuolloin ollut viisi ja puoli tuntia, jolloin koko mittausajan vallitsevaan keskiäänitasoon viitataan muuttujalla  $L_{Aeq, 5\frac{1}{2}h}$  (Valjakka et al. 2018). Kuvassa 4 on esitetty oppimistilat luokka-asteittain sekä kuvaa 2 vastaavien mittauspisteiden sijainti kouluympäristössä tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa. Jälkimmäisessä mittausvaiheessa mukaan otetulle tilalle, jossa sijaitsee kymmenes mittauspiste, ei löydy mittausraporteista tietoa sen käyttötarkoituksesta tai sinne sijoitetusta mahdollisesta luokka-asteesta.



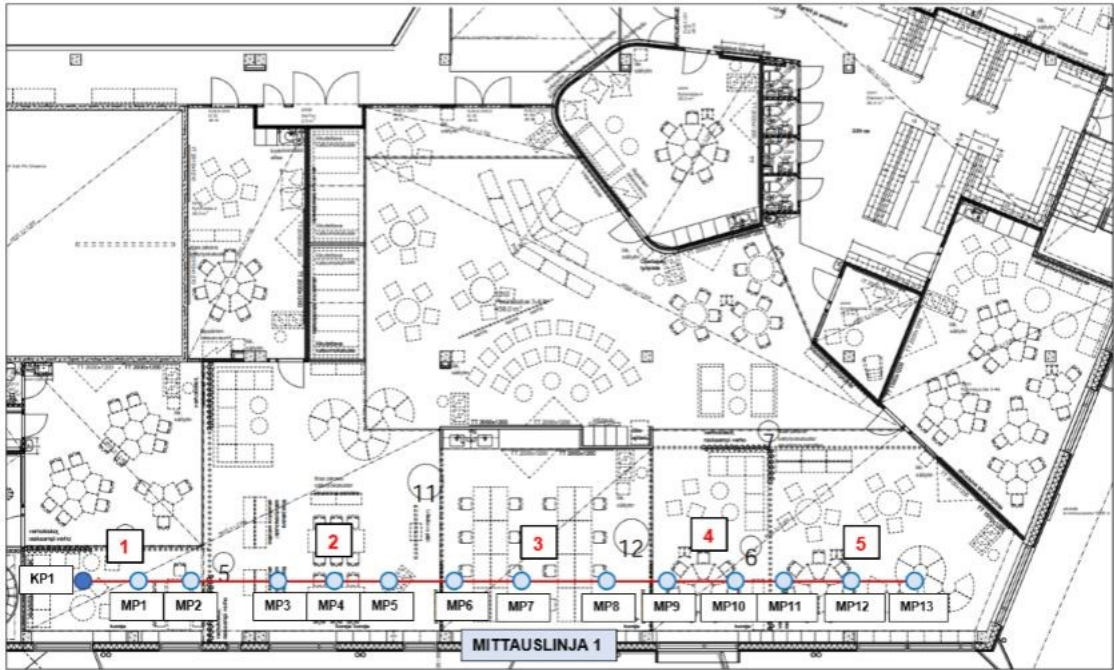
**Kuva 4:** Opetustilat luokka-asteittain tutkittavassa avoimessa oppimisympäristössä. (Lietzén et al. 2017, s. 6)

Lisäksi tutkimuksen jälkimmäisen vaiheen melutasomittauksessa jokaisen mittauspisteen melutasomittarin mittausdatasta löytyy valmiiksi seulottuna äänitason fraktiilit 10%, 30%, 50%, 70% sekä 90% (Valjakka et al. 2018). Nämä fraktiilit kuvaavat sitä äänenpainetasoa, jonka yläpuolella on kaikista mittaustuloksista se prosentuaalinen osuus, joka milloinkin on kyseessä.

Kaikista saaduista tuloksista voidaan muodostaa kuva tilassa vallitsevista yleisistä käytönaikaisista melutasoista. Saatuja arvoja voidaan verrata tavoitearvoihin sekä käyttäjäkyselyiden antamiin vastauksiin ihmisen kokemuksesta ääniympäristöstä.

## 4.2.2 Huoneakustiset mittaukset

Avoimessa oppimisympäristössä suoritettiin myös huoneakustiset mittaukset standardin ISO 3382-3 (2012) mukaisesti kolmella mittauslinjalla tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa (Lietzén & Jokitulppo 2017). Tutkimuksen jälkimmäisessä vaiheessa sama huoneakustiikan mittaus suoritettiin mittauslinjalla 1, joka on sama kuin tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa (Valjakka et al. 2018). Mittaustilanteissa luokkahuoneita erottavat tilanjakajat kuten verhot ja/tai lasiset siirtoseinät olivat kiinni.



**Kuva 5:** Huoneakustisten mittausten mittauslinjan 1 sijainti avoimessa oppimisympäristössä (Valjakka et al. 2018, s. 7)

Huoneakustiikan mittasuureille oli asetettu seuraavat tavoitearvot:

- jälkikaiunta-ajan  $T$  tulee olla 0,3–0,4 s oktaavikaistoilla 250–4000 Hz
- puheensiirtoindeksi  $STI$  tulee olla opetusalueen sisällä  $\geq 0,6$  ja kahden opetusalueen välillä  $\leq 0,2$
- äänen tulee vaimentua kahden opetusalueen välillä 15–20 dB
- äänen tulee vaimentua 5–8 dB etäisyyden kaksinkertaistuessa äänilähteestä.

Huoneakustisista mittauksista tutkitaan tässä kandidaatintyössä puheen leviämismuunnosastetta  $D_{2,s}$  sekä puheyksityisyyttä kuvaavia häiritsevyyssädettä  $r_D$  ja yksityisyyssädettä  $r_P$ . Puheen leviämismuunnosaste kuvaa sitä, kuinka paljon puheen tuottama äänitaso vaimenee etäisyyden kaksinkertaistuessa äänilähteestä. Häiritsevyyssäde kuvaa etäisyyttä äänilähteestä, jolloin puheensiirtoindeksi on alle 0,5 ja yksityisyyssäde sitä etäisyyttä äänilähteestä, jolloin puheensiirtoindeksi on alle 0,2. Tarkastellaan tässä kandidaatintyössä näitä arvoja mittauslinjalla 1 ennen ja jälkeen akustisten parannusten, sillä opetustilassa puhe on yksi merkittävimmistä melulähteistä käytön aikana.



### 4.2.3 Käyttäjälähtöinen tutkimus

Käyttäjälähtöisen tutkimuksen kohteena oli ensimmäisessä vaiheessa yhteensä 6 opettajaa sekä 118 oppilasta luokka-asteilta 1 ja 3–6, joille suoritettiin käyttäjäkokemuskysely tutkimuksen kohteena olevasta avoimesta oppimisympäristöstä. Tutkittavien henkilöiden edellinen koulu ennen uutta, tutkimuksen kohteena olevaa koulua, on ollut osittain avointa oppimistilaa. (Lietzén et al. 2017) Toisessa vaiheessa kyselyyn osallistui 12 opettajaa ja avustajaa sekä 120 oppilasta luokka-asteilta 1–3 (Valjakka et al. 2018).

Käyttäjälähtöisessä tutkimuksessa opettajille ja oppilaille jaettiin käyttäjäkokemuskysely, jonka kysymykset keskittyivät tilassa koettuun meluun, tilan viihtyisyyteen sekä keskittymiseen ja äänenkäyttöön opetuksen aikana (Lietzén et al. 2017). Opettajien kyselyssä oli yhteensä 50 kysymystä, joihin vastattiin joko arvosana-asteikolla 1–5 (arvosana 1 vastaa huonointa mahdollista ja 5 parasta mahdollista kokemusta) tai vapaalla sanalla. Oppilaiden kyselyssä kysymyksiä oli 30, joihin vastattiin niin sanotulla VAS-asteikolla (Visual Analogic Scale). Asteikossa 10cm janan toisessa päässä on surunaama ja toisessa päässä hymynaama ja vastaus annetaan merkitsemällä rasti siihen kohtaan janaa, mihin se tuntuu sopivalta. Vastaukset muutettiin vastaamaan asteikkoa 1–5. (Lietzén et al. 2017)

Käyttäjäkokemuskysely suoritettiin molemmissa tutkimuksen vaiheissa. Kyselyt antavat tärkeää tietoa vaadittavista akustisista parannuksista ja niiden toimivuudesta sekä tietoa siitä, kuinka tilassa toimiva ihminen kokee ympäröivän ääniympäristön. Tässä kandidaatintyössä käyttäjäkyselyiden tuloksia verrataan teoriaan, tutkitaan tulosten yhteyttä käytön aikana vallitseviin melutasoihin ja keskittymiskykyyn sekä tarkastellaan sitä, kuinka käyttäjä kokee ääniympäristön tutkimuksen kohteena olevassa avoimessa oppimisympäristössä.

## 5. TUTKIMUSTULOKSET

### 5.1 Melumittausten tulokset ennen ja jälkeen akustisten parannusten

Taulukossa 1 on esitetty tutkimuksen ensimmäisen vaiheen melumittausten tulokset.

**Taulukko 1:** Melumittausten keskiäänitasot tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa (Lietzén et al. 2017, s. 7)

Mittauspiste	$L_{Aeq,4h}$ dB	$L_{Aeq,1min}$ dB vaihtelu	$L_{Amax}$ dB
1	68	35-88	94
2	69*	38-92*	99
3	68	38-91	99
4	69	37-93	98
5	64	34-88	97
6	77	36-112**	118
7	77	37-114**	116
8	69	36-100	106
9	69	37-95	98

\*Mittauspiste 2 on myös referenssipiste,  $L_{Aeq,4h}$  68 dB, vaihtelu  $L_{Aeq,1min}$  36-89 dB ja  $L_{Amax}$ -taso 96 dB.

\*\*Oppilas huusi mittariin.

Taulukossa 2 on esitelty tutkimuksen jälkimmäisen vaiheen melumittausten tulokset.

**Taulukko 2:** Melumittausten keskiäänitasot tutkimuksen toisessa vaiheessa (Valjakka et al. 2018, s. 6)

Mittauspiste	$L_{Aeq,5\frac{1}{2}h}$ dB	$L_{Aeq,1min}$ dB vaihtelu	$L_{Amax}$ dB
1	68	34-89	111
2	65*	37-86*	110*
3	-**	-**	-**
4	59	33-74	93
5	61	34-76	97
6	65	36-74	93
7	70	32-91	111
8	65	35-88	114
9	62	36-75	91
10	64	35-77	96

\*Mittauspiste 2 on myös referenssipiste,  $L_{Aeq,5h}$  68 dB, vaihtelu  $L_{Aeq,1min}$  31-89 dB ja  $L_{Amax}$ -taso 107 dB.

\*\*Mittaus epäonnistui.

Mittausten välillä avoimeen oppimisympäristöön oli lisätty absorptiomateriaalia oppimistilojen seiniin sekä kattoon. Lisäksi oppimistilaa, jossa mittauspiste 3 sijaitsee,

rajaavat verhot vaihdettiin liukulasiseiniksi, joiden ilmaääneneristävyys on verhoja parempi.

Seulotut äänenpainetason fraktiilit jälkimmäisessä tutkimusvaiheessa jokaisessa mittauspisteessä on esitetty alla olevassa taulukossa 3.

**Taulukko 3:** Äänenpainetason fraktiilit mittauspisteissä

	<i>Mp1</i>	<i>Mp2</i>	<i>Mp3</i>	<i>Mp4</i>	<i>Mp5</i>	<i>Mp6</i>	<i>Mp7</i>	<i>Mp8</i>	<i>Mp9</i>	<i>Mp10</i>
<i>L10</i> (dB)	65	64	42	62	63	69	68	65	66	68
<i>L30</i> (dB)	56	55	36	54	55	62	61	58	57	59
<i>L50</i> (dB)	45	47	35	42	43	47	50	49	48	47
<i>L70</i> (dB)	36	38	35	36	36	39	42	41	39	41
<i>L90</i> (dB)	35	37	35	33	34	36	34	36	36	35

Äänenpainetasot on esitetty mittausdatassa puolen desibelin tarkkuudella ja tulokset on pyöristetty taulukossa seuraavaan kokonaislukuun. Taulukon esittämät äänenpainetasot ovat jälkimmäisen tutkimusvaiheen melumittauksien tuloksia.

Alla olevasta taulukosta voidaan vielä havainnollisemmin huomata, mitkä tuloksista paranivat ja mitkä huononivat tutkimuksen toisessa vaiheessa.

**Taulukko 4:** Äänitasot tutkimuksen ensimmäisessä ja toisessa vaiheessa (Valjakka et al. 2018, s. 7)

Mittauspiste	$L_{Aeq,5\frac{1}{2}h}$ nyk.	$L_{Aeq,4h}$ ennen	$L_{Aeq,1min}$ nyk.	$L_{Aeq,1min}$ ennen	$L_{Amax}$ nyk.	$L_{Amax}$ ennen
1	68	68	34-89	35-88	111	94
2	65	69	37-86	38-92	110	99
3	-*	68	-*	38-91	-*	99
4	59	69	33-74	37-93	93	98
5	61	64	34-76	34-88	97	97
6	65	77	36-74	36-112**	93	118
7	70	77	32-91	37-114**	111	116
8	65	69	35-88	36-100	114	106
9	62	69	36-75	37-95	91	98
10	64	-*	35-77	-*	96	-*

\*Ei mitattu.

\*\*Oppilas huusi mittariin.

## 5.2 Huoneakustisten mittausten tulokset

Tutkimuksen kohteena olevassa avoimessa oppimisympäristössä suoritettujen huoneakustisista mittauksista saadut tulokset on esitelty taulukossa 5.

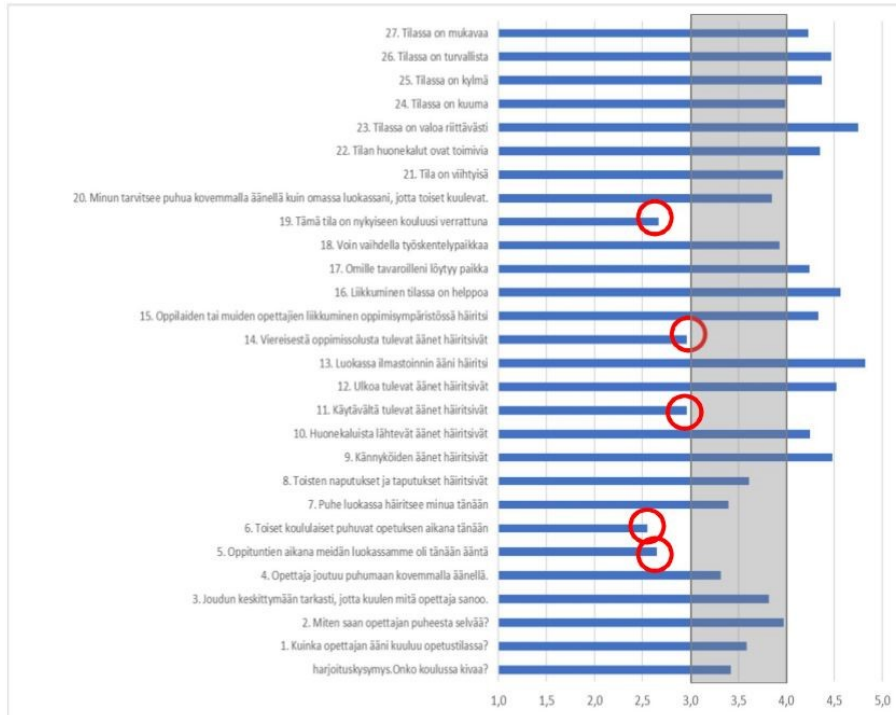
**Taulukko 5:** Huoneakustisten mittausten mittaustulokset mittauslinjalla 1 tutkimuksen ensimmäisessä ja toisessa vaiheessa (Valjakka et al. 2018, s. 9)

Mittauslinja 1	Puheen leviämisvaimennus $D_{2,S}$	Häiritsevyyssäde $r_D$	Yksityisyysäde $r_P$
Nykytilanne	8,8 dB	10,5 m	16,6 m
Ennen	6,6 dB	16,0 m	- *)

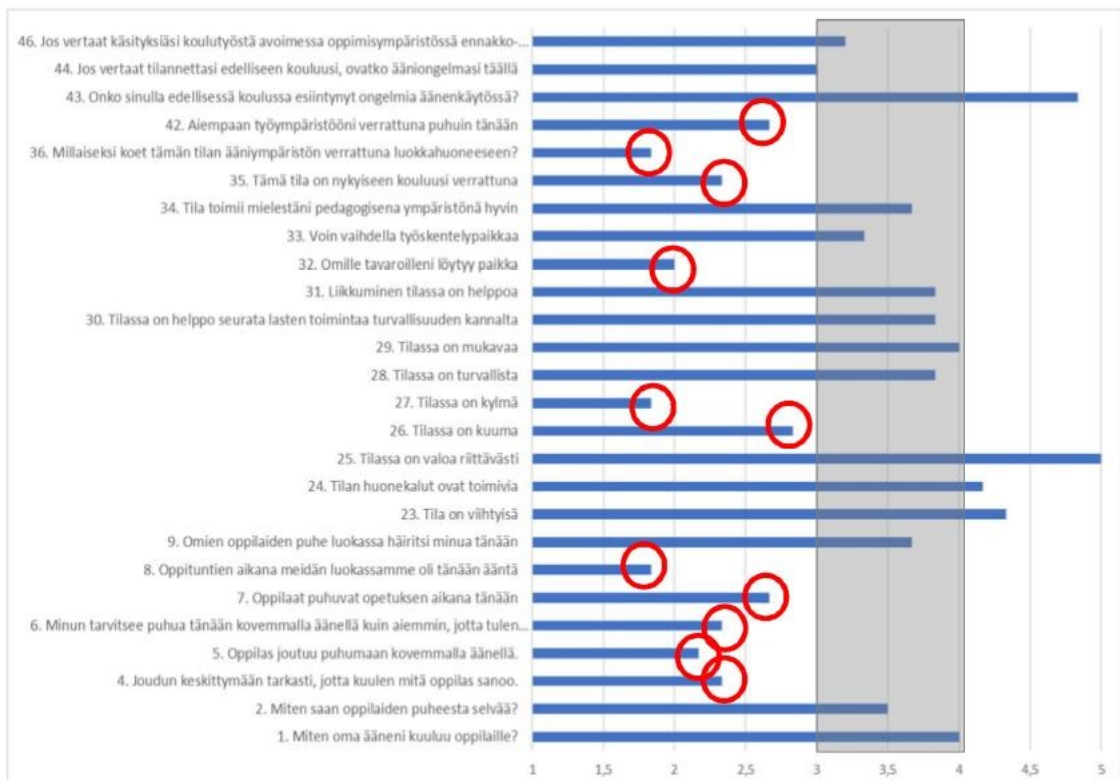
\*) Yksityisyysädetä ei voida määrittää, koska STI ei laske arvon 0,2 alle

## 5.3 Käyttäjäkyselyn tulokset

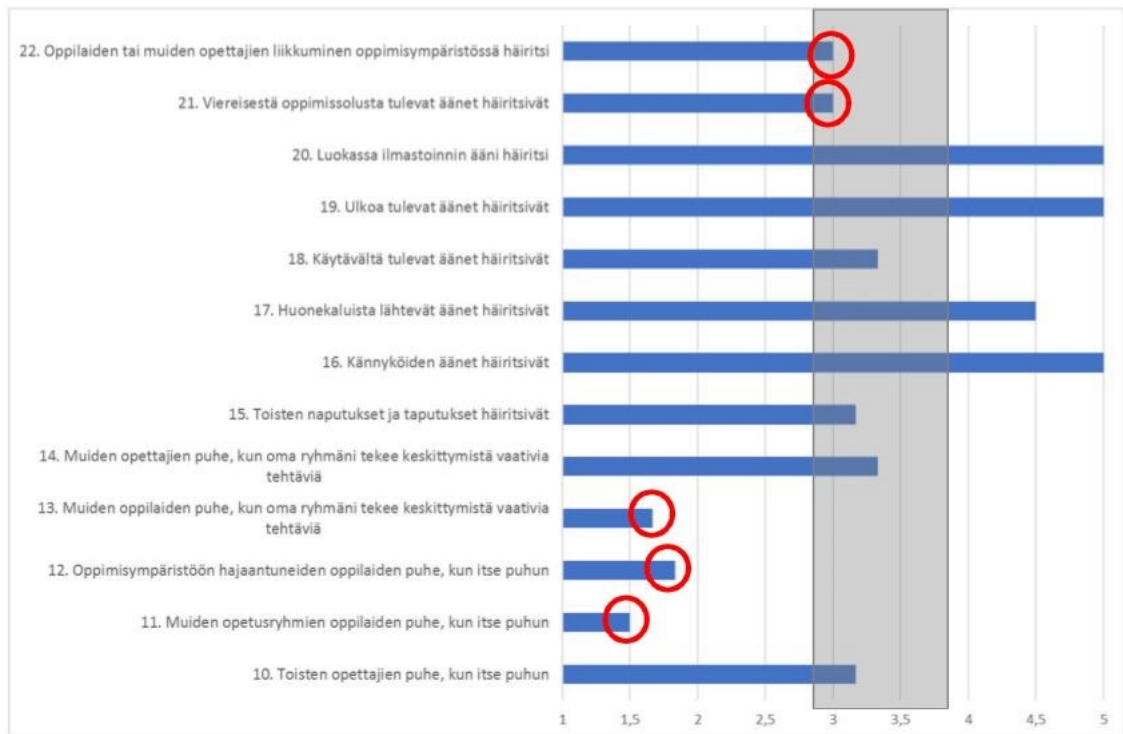
Haastattelu toteutettiin ensimmäisessä vaiheessa sekä oppilaille, että opettajille aikavälillä 10–13. Kyselyihin vastattiin kaikissa oppimissoluissa avoimessa oppimisympäristössä. Kun kysymyksen vastauksille laskettiin keskiarvot, saaduista luvuista alle kolmen menevät vastaukset ovat huonoja ja yli neljän menevät hyviä. Välille 3–4 jäävät vastaukset ovat neutraaleja ja ne jäävät niin sanotulle neutraalialueelle. Alla olevissa kuvissa nähdään sekä oppilaskyselyn, että opettajakyselyn tulosten keskiarvot eri kysymyksiin. (Lietzén et al. 2017)



**Kuva 6:** Oppilaskyselyn kysymyksiä ja niiden tulokset vastausten keskiarvoina (Lietzén et al. 2017, s. 8).

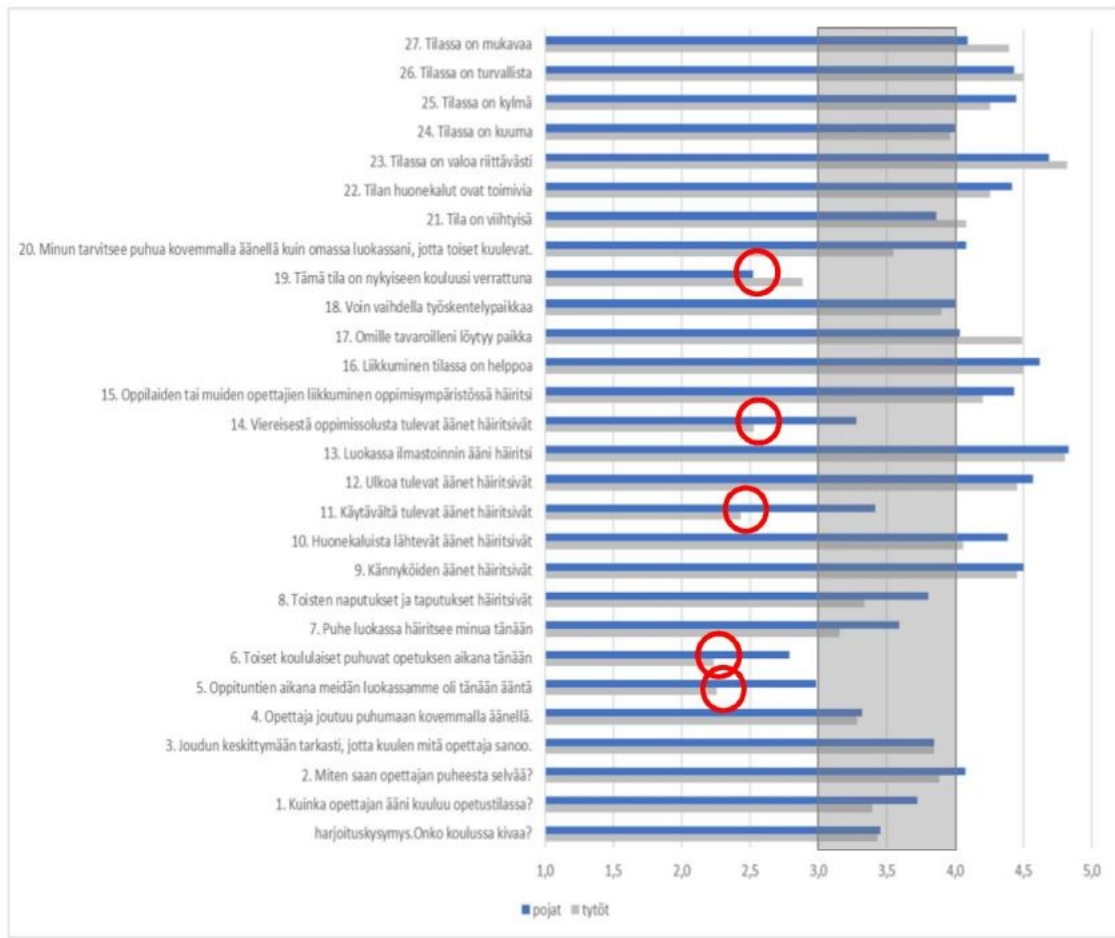


**Kuva 7:** Opettajakyselyn vastauksia ja tuloksia vastausten keskiarvoina (Lietzén et al. 2017, s. 10).



**Kuva 8:** Opettajakyselyn vastauksia ja tuloksia vastausten keskiarvona (Lietzén et al. 2017, s. 10).

Kuvissa vastaukset, joiden tulokset ovat heikkoja, on ympyröitä punaisella. Yleisten vastausten lisäksi tarkasteltiin myös sukupuolten välisiä vastausten keskiarvojen eroja oppilaskyselyssä. Tulokset tästä on esitetty kuvassa 9. Kuvassa on ympyröity ne vastaukset, joissa sukupuolten välinen keskiarvo erosi yli 0,5 yksikköä.



**Kuva 9:** Oppilaskyselyn tulosten keskiarvot sukupuolen mukaan esitettynä (Lietzén et al. 2017, s. 9).

Lisäksi kyselytuloksista on esitetty keskiarvot oppilaskyselyn kysymyksiin 1, 7, 11 ja 14 eri oppimistilan oppimissoluissa yhdessä tilassa vallitsevan keskiäänitason kanssa koko koulupäivän aikana (Lietzén et al. 2017). Nämä tulokset on esitetty kuvassa 10.



**Kuva 10:** Oppilaskyselyn vastausten keskiarvot kysymyksiin 1, 7, 11 ja 14 oppimissoluissa sekä solun päivän aikana vallitseva keskiäänitaso mittauksen ensimmäisessä vaiheessa (Lietzén et al. 2017, s. 8)

Ne tulokset, jotka jäävät alle kolmen ja ovat siten heikkoja tuloksia, on rajattu punaisilla laatikoilla. Kysymykset 1, 7, 11 ja 14 olivat muodoltaan seuraavia:

- "1. Kuinka opettajan ääni kuuluu opetustilassa?"
- "7. Puhe luokassa häiritsee minua tänään", vastausasteikko erittäin paljon-ei ollenkaan
- "11. Käytävältä tulevat äänet häiritsevät", vastausasteikko erittäin paljon-ei ollenkaan
- "14. Viereisestä oppimistilasta tulevat äänet häiritsevät", vastausasteikko erittäin paljon-ei ollenkaan.

Muut kysymykset esitetään tulosten käsittelyssä, jos ne ovat tulosten tarkastelun kannalta olennaisia. Kysymykset 1, 7, 11 ja 14 ovat kuitenkin olennaisia tämän kandidaatintyön kannalta, jotta voidaan tarkastella käytönaikaisten melutasojen aiheuttamia ilmiöitä ja kuinka ne koetaan avoimessa oppimisympäristössä.

Asteikolla 1–5 vastattavien tai oppilaiden VAS-asteikolla vastattavien kysymysten lisäksi kyselyissä vastattiin myös vapaan sanan osioon. Tämän lisäksi opettajilta kysyttiin, mihin he toivoisivat avoimessa oppimisympäristössä muutoksia. Tähän suosituin vastaus oli melun leviämisen rajoittaminen. Seuraavaksi tärkeimmäksi nähtiin yhteisesti sovitut toimintatavat, kolmanneksi tärkeimmäksi yhteisesti sovittujen toimintatapojen tarkentaminen sekä väliseinien ääneneristyksen parantaminen ja tilanjakajien lisääminen ja viimeisimpänä seinin rajattujen työskentelytilojen rakentaminen keskittymistä vaativiin tehtäviin. Vapaassa sanassa kyselyissä nousi esiin mainintoja keskittymisen vaikeudesta sekä metelistä. Keskittymiseen liittyvässä kommentissa



kuitenkin tarkennetaan, ettei keskittyminen ole vaikeuksista huolimatta liian vaikeaa. (Lietzén et al. 2017)

Jälkimmäisessä vaiheessa oppilaskyselyiden tulokset on esitetty asteikolla 1–10, missä 1 tarkoittaa huonointa tulosta ja 10 parasta, ja opettajien tulokset asteikolla 1–5, missä 1 tarkoittaa huonointa tulosta ja 5 parasta. Tällöin yli viiden tai kolmen keskiarvon saavat tulokset ovat hyviä. (Valjakka et al. 2018) Esitetään seuraavaksi jälkimmäisen vaiheen kyselytulokset ensimmäisen vaiheen ongelmallisten kohtien osalta. Jälkimmäisen vaiheen kyselyssä kaikki oppilaskyselyn kysymykset saivat yli viiden keskiarvon, joista heikoin tulos oli kysymyksellä 5, jonka keskiarvoksi vastauksista saatiin 5,72. Kysymys 5 koski luokkatilassa olevaa ääntä koulupäivän aikana. Verrattaessa ensimmäiseen vaiheeseen, kysymyksen 1 vastausten keskiarvo oli 8,33, kysymyksen 7 keskiarvo 7,47, kysymyksen 11 keskiarvo 7,41 ja kysymyksen 14 keskiarvo 7,46. (Valjakka et al. 2018)

Opettajien kyselyssä kysymykset liittyen oppilaiden puheeseen opetuksen aikana sekä luokkahuoneen meluisuuteen saivat edelleen alle kolmen keskiarvon. Viereisistä tiloista sekä käytäviltä kulkeutuviin ääniin liittyvien kysymysten vastausten keskiarvot ovat 3,67–4,17 yksikköä. Vapaassa sanassa annettu palaute oli pääosin myönteistä, mutta osa koki maksimiopetustilanteen levottomana ja yhdessä kommentissa erityisesti erityisopetusta vaativien oppilaiden keskittymisen kerrottiin herpaantuvan helpommin muihin oppilaisiin sekä heidän keskittymisensä tehtäviin olevan vaikeampaa. (Valjakka et al. 2018)

## 6. TULOSTEN TARKASTELU

### 6.1 Melutasomittausten tulosten tarkastelu

Kun tutkitaan tuloksia, huomataan että tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa minuutin aikana esiintyvä keskitaso vaihtelee oppimisympäristössä 35–114 dB välillä. Korkeimmat luvut selittyvät osin sillä, että mittausten aikana opiskelija on huutanut mikrofoniin mittauspisteillä 6 ja 7, mikä näkyy myös kyseisillä mittauspisteillä esiintyneiden maksimiäänitasojen arvoissa. Muilla mittauspisteillä esiintyvät maksimiäänitaso arvo ovat n. 100 dB luokkaa ja koko opetuspäivän ajan vallitseva keskiäänitaso vaihtelee 64–77 dB välillä. (Lietzén et al. 2017)

Tutkimuksen toisessa vaiheessa tulokset ovat pääpiirteittäin parantuneet ensimmäisestä vaiheesta, ja minuutin aikana esiintyvä keskiäänitaso vaihteluväli on 34–77 dB. Maksimiäänitasojen arvot eri mittauspisteissä ovat tosin tällä kertaa useammassa pisteessä suurempia kuin ensimmäisessä vaiheessa. Mittausraportin mukaan tästä ei kuitenkaan tarvitse olla huolissaan huutojen ja muun melun vaikuttaessa  $L_{Aeq, max}$  arvoon paljon enemmän kuin muihin äänentason mittalukuihin. Koko mittausajan aikana vaikuttava keskiäänitaso sai toisessa vaiheessa arvoja väliltä 59–70 dB. Huomataan, että mittauspisteellä 1 keskiäänitasot huononivat tutkimuksen jälkimmäisessä vaiheessa. Mittauspisteessä 3 mittaus oli epäonnistunut, jonka vuoksi sille ei ole annettu tuloksia taulukossa 2 ja joka voidaan jättää huomiotta fraktiilien tarkastelussa. (Valjakka et al. 2018)

Koska käytön aikaisia melutasoja on tutkittu Suomessa vähän, ei Ympäristöministeriön (2019) antama ohjeistus sisällä vielä suunnitteluarvoja melutasoille, vaan suunnitteluohjeet keskittyvät enemmän kuvaamaan puheen selkeyttä ja sen leviämistä tilassa. Koska ulkomaisen tutkimuksen tuloksista tai mittausten suoritustavan kuvailusta ei voida päätellä, mille aikavälille kyseisten tulosten keskiäänitaso on, on tuloksia hankalaa ja käytännössä mahdotonta verrata tutkimuksen kohteena olevan avoimen oppimisympäristön melumittaustuloksiin. Shield et al. (2010) esittää artikkelin tarkastelun kohteena olevien avoimien oppimisympäristöjen melutasojen vaihteluväliksi 47–84 dB. Melumittausten arvot ovat samaa suuruusluokkaa, joten on mahdollista, että avoimien oppimisympäristöjen käytön aikainen melutaso tulee asettumaan tälle vaihteluvälille. Greenlandin & Shieldin (2011) esittämät kahden minuutin keskiäänitasojen tuloksien eroa minuutin keskiäänitasoon verrattuna voidaan tarkastella, mutta tämäkään ei ole täysin tarkoituksen mukaista, sillä lyhyen aikaa vallitsevan keskiäänitaso arvoissa näkyy

herkemmin hetkelliset melupiikit, kuten oppilaiden luvaton ääneen puhuminen tai muut mahdolliset hetkelliset, mutta ei toistuvat tai yleiset, melua aiheuttavat toiminnot.

Tarkempaa tietoa melutasoista antaa myös toisen vaiheen fraktiilitulokset eri mittauspisteistä. Koska mittausaineistosta löytyy sekunnin välein tulos keskiäänitasolle  $L_{Aeq}$  voidaan fraktiilituloksista tulkita, kuinka monta prosenttia koulupäivän kestosta vaihtelevat melutasot ovat yli annetun fraktiilin arvon. Luvussa 2 mainittiin Walshin (1975) määrittämät suositusarvot keskiäänitason fraktiilille  $L_{A50}$  tutkittaessa opettajien tyytyväisyyttä opetustilan ääniympäristöön. Kun verrataan tutkimuksen kohteena olevan avoimen oppimisympäristön fraktiilia  $L_{50}$  tutkimuksen jälkimmäisessä vaiheessa näihin suosituksiin huomataan, että kaikki mittauspisteet ovat alle hyväksyttävän arvon. Lisäksi fraktiileja tutkimalla voidaan todeta, ettei millään mittauspisteellä esiinny, mittauspistettä 3 lukuun ottamatta, muista poikkeavia tai vaihtelevia lukuarvoja. Sama ilmiö huomataan tutkittaessa koko päivän keskiäänitasoja molemmissa tutkimuksen vaiheissa, opetustilojen välillä lukuarvoissa ei näy merkittäviä eroja. (Lietzén et al. 2017; Valjakka et al. 2018)

Ainoastaan vaihteluvälien isoimmat arvot minuutin aikana esiintyneille keskiäänitasoille kasvavat tutkimuksen jälkimmäisessä vaiheessa vähintään 10 dB mittauspisteissä 1, 2, 7 ja 8 verrattuna muiden mittauspisteiden vaihteluvälien isoimpiin arvoihin, jotka pysyvät keskimäärin 76 dB kohdalla. Näistä mittauspisteet 2, 7 ja 8 sijaitsee täysin avoimessa tilassa sekä mittauspiste 1 on opetustila, joka tarvittaessa on rajattavissa verhoilla muusta opetusympäristöstä. Mielenkiintoisen ilmiöstä tekee se, että mittauspisteessä 9, joka sijaitsee mittauspisteiden 1 ja 2 vieressä, keskiäänitaso sekä minuutin keskiäänitason vaihteluväli ovat arvoltaan pienempiä kuin näillä neljällä edellä mainitulla mittauspisteellä. Mittauspiste 9 on verhoilla rajattu tila, joten ilmiö voi selittyä äänen vapaalla leviämisellä avoimessa tilassa sekä mahdollisesti tilan vähäisemmällä käytöllä. Myös mittauspisteessä 6 keskiäänitason arvot eivät ole poikkeukselliset, vaikka mittauspiste sijaitsee avoimessa tilassa mittauspisteiden 7 ja 8 kanssa. Tämä voi selittyä sillä, että tila, jossa mittauspiste sijaitsee, on kalustettu isoilla sohvaryhmillä sekä muilla ääntä absorboivilla materiaaleilla ja mittauspiste sijaitsee tilan takaosassa, jonne ääni esimerkiksi toiselta puolelta avointa oppimisympäristöä ehtii vaimentua enemmän kuin tilan keskiosissa sijaitseviin mittauspisteisiin 7 ja 8. (Valjakka et al. 2018)

Kun tutkitaan ensimmäisen vaiheen melumittausten tuloksia, voidaan tarkastella lasten iän vaikutusta tilan meluisuuteen. Kuvassa 4 on esitetty luokka-asteiden sijoittuminen avoimeen oppimisympäristöön mittauspäivän aikana. Nuorimmat oppilaat sijaitsevat mittauspisteiden 1 ja 9 läheisyydessä ja vanhimmat pisteiden 2 ja 5. Tutkittaessa keskiäänitason arvoja näissä mittauspisteessä verrattuna muihin mittauspisteisiin, ei ole

nähtävissä suoraa korrelaatiota iän ja tilan käytön aikaisen melutason välillä tässä avoimessa oppimisympäristössä. Ainoa huomattava ero näkyy mittauspisteessä 5, joka on avoimen oppimisympäristön hiljaisin tila verrattaessa keskiäänitasoa sekä keskiäänitason maksimiarvoa ensimmäisen tutkimusvaiheen mittauspäivän aikana. (Lietzén et al. 2017) Koska mittauspiste 2 lähistöllä toimii myös nuoria oppilaita ja se sijaitsee avoimessa tilassa, voivat nämä nuorempien oppilaiden tiloista kantautuvat äänet kasvattaa melutasoa, jolloin iän tuoma vaikutus melutasoihin peittyi, vaikka viitteitä ilmiöön mittauspisteessä 5 onkin.

## **6.2 Huoneakustisten mittauksen tulosten tarkastelu**

Huomataan, että tulokset tutkimuksen toisessa vaiheessa ovat parempia kuin tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa, jolloin mittauslinjalla ei pystytty määrittämään yksityisyysäädettä ja häiritsevyyssäde vastasi toisen vaiheen yksityisyysäteen arvoa. Merkittävä syy tähän on opetustilan, jossa mittauspiste 3 sijaitsee, ympärille lisätyt liukulasiseinät, jotka estävät mittauslinjalla äänen leviämisen suoraan linjan päästä päähän (Valjakka et al. 2018). Mittauksen ensimmäisessä vaiheessa, jossa mittaukset suoritettiin kolmella mittauslinjalla, ääni levisi käytännössä vapaasti koko tilaan ja sen kykeni kuulemaan käytännössä kaikissa oppimisympäristön pisteissä (Lietzén et al. 2017).

Puheenleviämismuutos täyttää sille luvussa 4 esitetyn tavoitearvon jo mittauksen ensimmäisessä vaiheessa ja mittauksen toisessa vaiheessa luku on jopa tavoitearvoa parempi. Tämä on hyvä, kun tarkastellaan äänen vaimenemista kahden opetustilan välillä, mutta liian hyvä vaimennussäteen arvo voi aiheuttaa ongelmia itse opetustilassa, jos ääni vaimenee liian tehokkaasti. Tällöin opettajan puhe voi käydä kauempana istuville oppilaille, joille opetus on suunnattu, liian epäselväksi, varsinkin jos tilaan kohdistuu muutakin melurasitetta.

## **6.3 Tilan koettu ääniympäristö ja sen vaikutus keskittymiskykyyn sekä oppimiseen**

Kun tutkitaan ensimmäisen vaiheen käyttäjäkyselyjen vastauksia, huomataan oppilaiden vastauksista, että avoin oppimisympäristö koetaan viihtyisänä, lämpötilaoloiltaan hyvänä sekä liikkuminen tilassa on helppoa ja tavaroille löytyy oma paikka. Näihin aiheisiin liittyvien kysymysten vastausten keskiarvot ovat yli 4. Tästä huolimatta vastauksen keskiarvo kysymykseen 19, ”Tämä tila on nykyiseen kouluusi ja luokkaasi verrattuna”, on noin 2,7. Vertailtaessa sukupuolten välistä eroavaisuutta, varsinkin pojat kokevat tutkimuksen kohteena olleen avoimen oppimisympäristön huonompana verrattuna

heidän nykyiseen oppimisympäristönsä. (Lietzén et al. 2017) Koska vastaukset eivät anna viitteitä siihen, että tila olisi epäkäytännöllinen tai epäviihtyisä, voidaan tulosten tarkastelussa keskittyä pohtimaan ääniympäristön vaikutusta tilakokemukseen.

Kun tutkitaan kyselyn ääniolosuhteisiin liittyviä kysymyksiä oppilaskyselyn yleisistä vastauksista, huomataan että ulkoa tulevat, ilmastoinnista johtuvat, huonekaluista sekä kännyköistä tulevat äänet luokkatilassa eivät häiritse. Sen sijaan viereisestä oppimissolusta tulevat äänet häiritsevät, sillä tämän kysymyksen tulos on noin 2,9. Lisäksi myös käytävältä kantautuvat äänet häiritsevät, sillä vastauksen keskiarvo on samaa suuruusluokkaa kuin viereisestä oppimissoluista tulevan äänen häiritsevyyteen liittyvässä kysymyksessä. Myös kysymykset 5 ja 6 saivat kyselyssä heikon tuloksen. Kysymyksessä 5 kysyttiin, paljonko luokkatilassa oli tutkimuspäivänä ääntä (vastausasteikko paljon ääntä-erittäin rauhallista) ja kysymys 6 koski sitä, kuinka paljon muut oppilaat puhuivat tutkimuspäivänä opetuksen aikana (vastausasteikko erittäin paljon-ei ollenkaan). Kysymyksen 5 vastauksen keskiarvo oli noin 2,6 ja kysymyksen 6 lähellä 2,5 yksikköä. Muu luokassa tuotettu ääni, kuten muiden naputukset tai taputukset sekä opettajan äänen selkeyteen liittyvien kysymysten vastaukset osuivat neutraaliakselille. Tutkittaessa sukupuolten välisiä vastauseroja oppilaskyselyssä havaitaan, että tytöt kokevat meluärsykkeet herkemmin kuin pojat. Kysymyksissä 5, 6 ja 14 vastausten keskiarvojen erot olivat yli 0,5 yksikköä. (Lietzén et al. 2017) Tulosten perusteella voidaan todeta, että tilassa olevat äänet koetaan vähemmän häiritsevänä kuin tilan ulkopuolelta kantautuvat äänet.

Opettajat olivat kyselyn perusteella selvästi kriittisempiä kuin oppilaat. Tilat koetaan viihtyisinä, ja pedagogisena ympäristönä avoin oppimisympäristö koetaan hyvänä. Ongelmia alkaa kuitenkin esiintyä siirryttäessä kysymään tilan ääniympäristöstä. Avoin oppimisympäristö ja sen ääniympäristö koetaan selvästi huonompana verrattuna luokkahuoneeseen. Aiempaan oppimisympäristöön verrattuna ääntä on jouduttu korottamaan, jotta opettajat ovat tulleet kuulluksi, ja opettajilla on esiintynyt enemmän äänen muodostuksen ongelmia kuin aiemmassa oppimisympäristössä. Lisäksi opettajat kokevat, että oppilas joutuu puhumaan useammin kovemmalla äänellä ja vastaavasti opettaja joutuu keskittymään tarkasti, jotta hän kuulee, mitä oppilas sanoo. Myös oppilaiden puheen määrään päivänä aikana liittyvässä kysymyksessä tulos oli alle kolmen. Seuraavat ilmiöt koettiin koulutyötä vaikeuttaviksi: muiden oppilaiden puhe, kun oma ryhmä tekee keskittymistä vaativia tehtäviä, oppimisympäristöön hajaantuneiden oppilaiden puhe sekä muiden opetusryhmien oppilaiden puhe, kun opettaja puhuu. Sen sijaan viereisestä solusta kuuluviin äänin liittyvän kysymyksen vastaus osui opettajien kyselyssä neutraaliakselille. (Lietzén et al. 2017)

Kun tarkastellaan ensimmäisessä vaiheessa vapaan sanan vastauksia sekä vastauksia siihen, mihin asioihin opettajat haluavat muutoksia avoimessa oppimisympäristössä, esille nousee keskittymiseen sekä meteliin liittyvät kommentit. Lisäksi opettajat toivoivat eniten melun leviämisen rajoittamista avoimessa oppimisympäristössä. (Lietzén et al. 2017) Tila koetaan siis meluisana ja opetussoluihin kulkeutuvat äänet selvästi tiedostetaan sekä monivalintakyselyn, että vapaasti vastattavien kysymysten tulosten perusteella.

Kun vielä tutkitaan kuvan 10 mukaisia tuloksia jokaisessa oppimissolussa erikseen, huomataan, että erityisesti mittauspisteillä 1, 9, 3 ja 4 ääniympäristössä koettiin olevan joitain heikkouksia. Mittauspisteillä 1 ja 9 luokassa oleva puhe koettiin häiritseväksi, kun taas mittauspisteillä 3 ja 4 häiritsevänä koettiin käytävältä sekä viereisestä oppimistilasta kantautuvat äänet. (Lietzén et al. 2017) Mittauspisteillä 1 ja 9 olevat tulokset saattavat tukea teoriaa nuorempien oppilaiden puheen suuremmasta meluhaitasta sekä toisaalta oppilaiden kehitysasteen vaikutuksesta melunsietoon, sillä kyseisillä mittauspisteillä opiskelevat tilan nuorimmat oppilaat.

Tarkastellaan jälkimmäisestä kyselystä ensimmäisessä vaiheessa ongelmaksi nousseita kysymyksiä. Oppilaskyselyissä heikoimman tuloksen sai kysymys 5, joten luokassa koetaan siis myös jälkimmäisessä vaiheessa olevan edelleen ääntä läpi päivän, mutta ympäristössä ei esiinny enää heikkoja tuloksia, kuten tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa. Verrattaessa ensimmäiseen vaiheeseen, ongelmalliset tulokset ovat kaiken kaikkiaan parantuneet, tosin ensimmäisen vaiheen ongelmallisella työskentelyalueella 3 työskenteli jälkimmäisessä tutkimusvaiheessa vain 10,7% kyselyyn vastanneista (Valjakka et al. 2018).

Opettajat olivat myös tutkimuksen jälkimmäisessä vaiheessa kriittisempiä, mutta viereisestä oppimissoluista tai käytäviltä kulkeutuvia ääniä ei kuitenkaan koettu enää yhtä häiritseviksi kuin tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa. Akustiikan kannalta avoimen oppimisympäristön voidaan todeta parantuneen ja tilojen meluisuutta saattaa jälkimmäisessä vaiheessa selittää esimerkiksi oppilaiden oma levottomuus tai aiheeton sekä luvaton puhuminen. Vapaan sanan osiossa oli kuitenkin mielenkiintoinen kommentti siitä, että maksimiopetustilanne on levoton ja erityisesti erityisoppilaiden keskittyminen saattaa häiriintyä helposti kyseisessä tilanteessa muihin oppilaisiin (Valjakka et al. 2018).

## 7. PÄÄTELMÄT

Kun tutkitaan sekä aiheeseen liittyvää teoriaa, että kandidaatintyön tutkimuksen kohteena olevaa avointa oppimisympäristöä huomataan, että avointen oppimisympäristöjen suunnitteluperusteita mietittäessä tulee ottaa huomioon monia erilaisia näkökulmia. Avoin oppimisympäristö on opetusta varten suunniteltu tila, joka ulkomuodoltaan vastaa avotoimistoa. Tästä huolimatta äänen leviämistä ja vaimentamista ei voida mitoitaa liian pieneksi, jotta puheen erotettavuuden kannalta tärkeät akustiset ominaisuudet säilyy. Lisäksi avoimien oppimisympäristöjen käyttäjinä on niin pieniä lapsia kuin aikuisia, jolloin sen eri käyttäjilläkin on erilaisia odotuksia tilalta, ja jonka käyttäjät saattavat kokea hyvin erilaisella tavalla tilan ääniympäristön riippuen iästä. Voidaan siis todeta avointen oppimisympäristöjen suunnittelun oppimisen ja keskittymisen kannalta olevan hyvin kokonaisvaltaista.

Kun tarkastellaan ääntä ilmiönä ja sen käyttäytymistä, voidaan oppimisen ja keskittymiskyvyn kannalta olennaisina ilmiöinä pitää äänen leviämistä tilassa sekä muista oppimistiloista kantautuvaa melua käytön aikana. Varsinkin ulkomailla tehty tutkimustyö osoittaa ilmiön yleisyyden (Shield et al. 2010). Jos tähän ilmiöön yhdistetään vielä äänen vapaa leviäminen tilassa, voi avoimesta oppimisympäristöstä muodostua meluisa tila, jossa rauhallista paikkaa keskittymistä vaativille tehtäville voi olla vaikea löytää, melun aiheuttamat haitat kuten stressi lisääntyy sekä oppilaiden keskittymiskyky heikkenee. Kun tarkastellaan tutkimuksen kohteena olevan avoimen oppimisympäristön puheen leviämisvaimennuksen arvoa ensimmäisessä mittausvaiheessa, täyttää se jo tällöin sille asetetun tavoitearvon (Lietzén et al. 2017). Siitä huolimatta kyselytuloksissa nousi esiin viereisistä tiloista sekä käytävältä kantautuvien äänien häiritsevyys, joten ainakin tämän suureen suunnitteluarvoa voitaisiin tutkia lisää.

Lisäksi tilassa vallitseva melu heikentää puheensiirtoindeksin STI arvoa kasvaessaan, mikä taas vaikuttaa opettajan puheen selkeyteen. Siksi opetustilat avoimessa oppimisympäristössä olisi hyvä suunnitella siten, ettei melutasot vaikeuta puheen selkeyttä, mutta puheesta aiheutuva ääni ei leviäisi pitkälle häiritsemään muissa tiloissa käynnissä olevaa oppimista. Jos toiseen tilaan kantautuvasta puheesta saa selvää, se häiritsee ihmisen keskittymistä todennäköisemmin kuin taustalle jäävä epäselvä ääni (Shield et al. 2010).

Käytön aikaiset melutasot eivät todennäköisesti ole mitattuina sen korkeampia kuin luokkahuoneissa, mutta avoimessa oppimisympäristössä melu on jatkuvaa ja sitä

kantautuu oppimistilaan ympäröivistä oppimistiloista, kohdistuen tilaan melurasituksen myös silloin, kun kyseisessä tilassa ollaan hiljaisen työn vaiheessa. Tämä voidaan kokea häiritsevänä ja keskittymistä heikentävänä ilmiönä. (Shield et al. 2010) Kandidaatintyön kohteena olevan tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa tilassa vallitsi keskimäärin 70 dB keskiäänitaso koko päivän ajan ja jälkimmäisessä vastaava keskiäänitaso oli 65 dB pyöristettynä seuraavaan kokonaislukuun. Tutkimuksen jälkimmäisessä vaiheessa, kun tutkittavaan tilaan oli tehty akustisia parannuksia, käyttäjäkyselyissä tilan ääniympäristö koettiin miellyttävämpänä. Tuloksista nähdään, että jälkimmäisessä vaiheessa minuutin keskiäänitason vaihteluväli pieneni sekä yleisesti melutasot olivat alhaisempia. (Lietzén et al. 2017; Valjakka et al. 2018) Pienempi vaihteluväli voi olla käyttäjälleen miellyttävämpi, kun ääni muuttuu niin sanotusti tasaisemmaksi eikä sen äänitaso vaihtelee jatkuvasti (Mealings et al. 2015). Lisäksi tämän tutkimuksen perusteella alle 70 dB keskiäänitaso voi olla ympäristössä käyttäjälleen miellyttävämpi.

Avoimien oppimisympäristöjen luonteen vuoksi myös tilanjakajiin pitäisi kiinnittää tarkkaa huomiota tilan akustiikkaa suunniteltaessa. Mealings et al. (2015) toteaa tutkimuksessaan, että avoimet oppimisympäristöt ovat hyviä oppimisympäristöjä silloin, kun ne ovat muokattavissa hyvin ilmaääniä eristävillä materiaaleilla niitä opetustilanteita varten, jolloin melun häiriöt puheeseen ja puheen ymmärrettävyyteen pitäisi olla mahdollisimman pienet. Myös Ympäristöministeriön uusimmassa säännössä (2019) on nostettu esille tilanjakajien puutteellisuus avoimissa oppimisympäristöissä, jolloin tilassa näkyvä liike saattaa olla sen käyttäjälle häiritsevää. Shieldin et al. (2010) artikkeli toteaa, että yksi tapa ottaa huomioon ympäröivästä tilasta kantautuva melu on tilan aktiviteettien tarkka organisointi (Shield et al. 2010). Tällöin vältettäisiin esimerkiksi usean äänekkään opetustilanteen yhtäaikaisuus tai äänekkäät opetustilanteet opetustilan ympärillä, jossa yritetään tehdä hiljaista työtä. Verrattaessa aktiviteettien tarkkaa organisointia ja tilan muokkautuvuutta, on muokkautuvuus sekä tarkoituksen mukaiset ja siirrettävät tilanjakajat helpoin toteuttaa ilman lisästressin tuottamista esimerkiksi opetushenkilökunnalle.

Lisäksi avoimen oppimisympäristön olisi hyvä olla joustava myös käyttäjän kannalta. Ihminen kokee äänen yksilöllisesti ja varsinkin koulussa käyttäjää miellyttävä ja opetustilannetta häiritsemätön ääniympäristö on tärkeää. Kandidaatintyötä tehdessä nousi esille yksilön ominaisuuksia, jotka voivat altistaa käyttäjän herkemmin melulle ja sen aiheuttamille lieveilmiöille. Näitä ominaisuuksia olivat esimerkiksi keskittymishäiriöt, yleisesti oppilaan ikä ja siten kehitysvaihe, introvertin luonteenpiirre sekä kuulovaurioiset lapset. Erityisluokkia varten tiloihin voitaisiin suunnitella luokkahuoneen kaltaisia väliseinin jaettuja tiloja, joiden sisällä voitaisiin toteuttaa avoimen oppimisympäristön



periaatteita, mutta jonne ei kulkeutuisi viereisistä oppimistiloista melua. Lisäksi oppimisympäristöön olisi hyvä suunnitella paikkoja, joissa muut äänet olisi saatu vaimennettua niin, että hiljaisissa tiloissa mieluummin työskentelevät ja paremmin keskittyvät oppilaat voisivat hakeutua näihin paikkoihin. Tilojen joustavuudesta ja monipuolisuudesta on maininta Ympäristöministeriön suunnitteluohjeessa (2019). Myös käyttäjien kartoitus ennen uudiskohteen rakentamista voisi olla järkevää.

Melutasot olisi hyvä ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa, koska uudiskohteissa puheensiirtoindeksin arvo arvioidaan laskennallisesti. Tuolloin puheäänien oletetaan vastaavan standardipuhetta. (Ympäristöministeriö 2019) Avoimessa oppimisympäristössä suurin osa käyttäjistä ovat kuitenkin lapsia, joiden puhe aiheuttaa aikuiseen verrattuna korkeampia äänitasoja. Oppilaiden iän vaikutus voitaisiin huomioida siten, että eri kehitysvaiheessa oleville lapsille melutasojen ja siten puheensiirtoindeksin suositukset olisivat erilaisia. Nuoremmat lapset saattavat melun häiritessä ymmärtää opettajan puhetta huonommin kuin vanhemmat (Mealings et al. 2015). Jos tilassa työskentelee useampi luokka-aste, tila voitaisiin suunnitella niin sanotusti heikoimman käyttäjän eli nuorimman luokka-asteen mukaan.

Lisäksi laskennallisesti STI:tä arvioidessa tilan taustäänitaso arvioidaan esimerkiksi mahdollisen peiteäänijärjestelmän mukaisesti (Ympäristöministeriö 2019). Sopivan peiteäänijärjestelmän tasoa avoimessa oppimisympäristössä voisi tutkia jatkossa, sillä sekä Suomessa, että ulkomailla tehty tutkimustyö osoittaa, että melutasot avoimessa oppimisympäristössä voivat käytön aikana saavuttaa jatkuvasti yli 60 dB arvoja (Shield et al. 2010; Lietzén et al. 2017; Takala et al. 2017; Valjakka et al. 2018). Peiteäänijärjestelmä osaltaan parantaisi avoimien oppimisympäristöjen ääniympäristöä. Liian tehokkaasti ääntä ei kuitenkaan pidä vaimentaa opetustiloissa, koska tällöin opetustilanteiden ymmärrettävyys voi käydä hankalaksi. Avoimen oppimisympäristön käyttötarkoitus on sekä opettaminen, että tehokas työskentely. Lisäksi peiteäänijärjestelmä ei ole kuitenkaan ainoa ratkaisu tilan akustiikan kannalta, koska tutkimukset ovat myös osoittaneet, että taustäänitasosta huolimatta melutasot käytön aikana voivat nousta korkeiksi (Shield et al. 2010).

## 8. YHTEENVETO

Käytäessä läpi ulkomaista tutkimustietoa sekä työn kohteena olevan avoimen oppimisympäristön tutkimustuloksia, voidaan todeta, että käytön aikaisilla melutasoilla on yhteys oppimiseen sekä keskittymiseen tiloissa. Aiheeseen liittyvä tutkimustyö osoittaa, että melutasot avoimessa oppimisympäristössä pysyvät samanlaisina läpi koulupäivän, myös peiteäänijärjestelmän kanssa, ja yleisimmät ilmiöt avoimessa oppimisympäristössä ovat äänien kantautuminen muualta opetusympäristöstä oppimissoluun sekä äänen leviäminen tilassa. Välillisesti melu vaikuttaa puheenerotettavuusindeksiin, jolla on merkitystä opettamisen kannalta. Koska työn kohteena olevan avoimen oppimisympäristön tuloksista ei nähdä suoraa yhteyttä keskittymisen ja melutasojen välillä, voi keskittymiseen vaikuttaa herkemmin melun heikentämät akustiikan ilmiöt kuin itse suora melu. Tähän on hyvä keskittyä tiloja suunnitellessa. Melulla on toki myös suoria vaikutuksia, esimerkiksi stressioireisiin sekä verenpaineeseen, sen kasvaessa liian suureksi, jolloin nämäkin raja-arvot suunnittelussa on hyvä ottaa huomioon. Käytön aikaiset melutasot ilmiönä saattavat vaikuttaa myös enemmän yksilöllisellä tasolla, jolloin tila voidaan kokea meluisaksi ja epämiellyttäväksi, vaikka opetuksen kannalta tärkeät akustiikan suuret täyttäisivätkin vaatimukset hyvästä ääniympäristöstä. Lisäksi vaihtelevat äänitasot saatetaan kokea häiritsevänä, jolloin pelkkä päivän keskiäänitason tarkastelu ei ole tarkoituksen mukaista.

Avointen oppimisympäristöjen suunnitteluohjeita on syytä tutkia jatkossakin, jotta ohjeita voitaisiin tarkentaa. Jatkossa tutkimustyötä voisi tehdä puheen leviämismuunnoksen sekä peiteäänitason sopivan suunnitteluarvon tarkentamiseksi, lasten iän ja heidän puheensa tuottamien melutasojen yhteyden tarkentamiseksi sekä voitaisiin tutkia tilan keskiäänitason ja sitä vaihteluväliä, jolla selkeästi on häiritsevyyttä oppilaiden keskittymiskykyyn. Keskiäänitason vaihteluväliä tutkimalla voitaisiin löytää jonkin tietyn ajanjakson keskiäänitaso ja sen vaihtelevuus, mikä kuvaisi avoimen oppimisympäristön ääniympäristöä parhaiten ja melumittauksia avoimissa oppimisympäristöissä voitaisiin tällä tavoin standardisoida. Oppimisympäristöjä suunniteltaessa pitää keskittyä äänen leviämisen estämiseen mahdollistaen kuitenkin mahdollisimman hyvät opetusmahdollisuudet, joissa puheen ymmärrettävyys ja selkeys pysyy mahdollisimman hyvänä. Lisäksi tutkimusta voitaisiin kohdentaa tilanjakajina toimivien materiaalien ääneneristävyyteen sekä kelpoisuuteen avoimen oppimisympäristön tilanjakajina.

Koska mahdollisesti käytön aikaiset melutasot avoimessa oppimisympäristössä sijoittuvat keskimäärin yli 60 dB tasolle, avoimiin oppimisympäristöihin olisi hyvä suunnitella myös selvästi hiljaisia paikkoja, joihin ääniherkät oppilaat voisivat hakeutua opiskelemaan. Lisäksi perinteisin väliseinin jaettuja oppimissoluja voitaisiin toteuttaa erityisluokille, jolloin taustamelutaso ympäristössä ei kasvaisi isoksi ja parantaisi näin esimerkiksi keskittymishäiriöisten oppilaiden keskittymiskykyä. Koska ihminen kokee äänen yksilöllisesti, avoimien oppimisympäristöjen tiloista voitaisiin suunnitella akustisesti monimuotoisia, jotta myös yksilön on helpompi hakeutua opiskelemaan paikkaan, jonka ääniympäristö on hänelle miellyttävien. Melutasojen yhteyden tutkimista koettuun ääniympäristöön on hyvä jatkaa, koska melutasojen pysytellessä korkealla myös tilan hyvän akustisen suunnittelun jälkeen, olisi hyvä keskittyä myös käyttäjälähtöiseen suunnitteluun.

Yhteenvedon voidaan todeta, että nykyisellään Suomessa esitetyt avoimen oppimisympäristön suunnitteluohjeet ovat vielä suppeat ja ohjeistuksien pitäisi ottaa enemmän huomioon käytönaikaiset melutasot. Tämän vuoksi akustiikan kannalta tilan suunnittelu tulee toteuttaa kokonaisvaltaisesti. Jatkuvien korkeiden melutasojen vuoksi tilan suunnittelukriteereissä tulisi löytää kultainen keskitie peiteäänijärjestelmän tuottaman äänitason, äänen leviämisen estämisen tilojen välillä, puheen selkeyden tarpeeksi hyvän arvon, käyttäjän tarpeiden sekä tilojen joustavuuden välillä.

Lisäksi tutkittaessa tätä työtä varten lähteitä havaittiin, että melutasomittausten mittaussajat eivät ole yhdenmukaisia. Tämä johtuu siitä, että mittauskäytännöt vaihtelevat tutkimuksen mukaan. Tämän takia tutkimuksista saatuja tuloksia ei voida verrata keskenään tai se on jopa mahdotonta, ja tämä on hyvin hankala ilmiö tehtäessä tieteellistä tutkimusta. Tutkimuskäytäntöjä olisi hyvä yhdenmukaistaa, jotta tutkimuksissa voitaisiin tuottaa keskenään vertailukelpoista mittaustulosta. Tällöin myös meluun liittyvät ilmiöt voitaisiin tunnistaa selvemmin, kun tuloksista pystyttäisiin näkemään esimerkiksi toistuvia ilmiöitä tai syy-seuraussuhteita, tutkimuksen tuottajasta tai paikasta riippumatta.

## LÄHTEET

- Cassidy, G. & MacDonald, R. (2007). The effect of background music and background noise on the task performance of introverts and extroverts. *Psychology of Music*. Vol 35 (3). s. 517–537. Saatavissa (viitattu 22.3.2020) <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0305735607076444>.
- Greenland, E. (2008). Acoustics of open plan classrooms in primary schools.
- Greenland, E. & Shield, B. (2011). A survey of acoustic conditions in semi-open plan classrooms in the United Kingdom. *Acoustical Society of America*. s. 1399–1410.
- Kylliäinen, M. & Pääkkönen, R. (2017). Ääniosuhteet avoimissa oppimisympäristöissä. *Akustiikkapäivät 2017*. Espoo, 24.–25.8., Akustinen Seura ry, s. 21–26.
- Lietzén, J. & Jokitulppo, J. (2017). 1610584.10 Oulun Hiukkavaaran monitoimitalo, Mallitilan huoneakustiikka, mittausraportti. A-Insinöörit.
- Lietzén, J., Jokitulppo J. & Kylliäinen, M. (2017). 1610584.11 Oulun Hiukkavaaran monitoimitalo, Mallitilan melu- ja käyttäjätutkimus. A-Insinöörit.
- Mealings, K., Buchholz, J., Demuth, K. & Dillon, H. (2015). Investigating the acoustics of a sample of open plan and enclosed Kindergarten classrooms in Australia. *Elsevier Applied Acoustics*. s. 95–105.
- Opetushallitus (2020). Perusopetuksen opetussuunnitelman ydinasiat. Saatavissa (viitattu 1.4.2020) <https://www.oph.fi/fi/koulutus-ja-tutkinnot/perusopetuksen-opetussuunnitelman-ydinasiat>.
- Pääkkönen, R., Vehviläinen, T., Jokitulppo, J., Niemi, O. & Nenonen, S. (2015). Akustiikka ja uusi oppimisympäristö. *Oppiva kampus*. s. 182–195
- RakMK C1 (1998). Suomen rakentamismääräyskokoelma C1. Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa. Ympäristöministeriö. 9 s. Saatavissa (viitattu 22.3.2020) [file:///C:/Users/K%C3%A4ytt%C3%A4j%C3%A4/Downloads/c1%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/K%C3%A4ytt%C3%A4j%C3%A4/Downloads/c1%20(2).pdf).
- Shield, B., Greenland, E. & Dockrell, J. (2010). Noise in open plan classrooms in primary schools: A review. *Noise & Health*. Vol 12 (49). s. 225–234.
- Standertskjöld, E. (2017). 1970-luku – avotilat ja monikäyttöisyys tavoitteina peruskoulun rakennuksissa. Museovirasto. Saatavissa (viitattu 1.4.2020) <http://www.koulurakennus.fi/1970-luvun-koulu/arkkitehtuuri>.
- Suomen standardisoimisliitto SFS. (2012). SFS-EN ISO 3382-3: Acoustics. Measurement of room acoustic parameters. Part 3: Open plan offices (ISO 3382-3:2012).
- Takala, J., Rauhala, J., Lietzén, J. & Kylliäinen, M. (2017). Kokeilu häiritsevyyden rajoittamiseksi avoimessa oppimisympäristössä. *Akustiikkapäivät 2017*. Espoo, 24.–25.8., Akustinen Seura ry, s. 27–32.
- Valjakka, S., Latvanne, P. & Jokitulppo, J. (2018). 1610584.15.2 Oulun Hiukkavaaran monitoimitalo, Avoimen oppimistilan melumittaus. A-Insinöörit.

Valjakka, S., Latvanne, P. & Jokitulppo, J. (2018). 1610584.15 Oulun Hiukkavaaran monitoimitalo Mallitilan huoneakustiikka, mittausraportti. A-insinöörit.

Walsh D. (1975) Noise levels and annoyance in open plan educational facilities. J Archit Res. s. 5–16.

Ympäristöministeriö. (2019). Rakennuksen ääniolosuhteiden suunnittelu ja toteutus. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:28.