

# EKA

Anna-Liisa Hanni

## Helineelavate toodete valikut võimaldava digiplatvormi prototüübi väljatöötamine avatud kontori kontekstis

Magistritöö

Juhendaja: Merike Rehepapp, MA

Tallinn 2020

# Autorideklaratsioon

Kinnitan, et:

1. käesolev magistritöö on minu isikliku töö tulemus, seda ei ole kellegi teise poolt varem (kaitsmisele) esitatud;
2. kõik magistritöö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd (teosed), olulised seisukohad ja mistahes muudest allikatest pärinevad andmed on magistritöös nõuetekohaselt viidatud;
3. luban Eesti Kunstiakadeemial avaldada oma magistritöö repositooriumis, kus see muutub üldsusele kättesaadavaks interneti vahendusel.

Ülaltoodust lähtudes selgitan, et:

- käesoleva magistritöö koostamise ja selle sisalduvate ja/või kirjeldatud teoste loomisega seotud isiklikud autoriõigused kuuluvad minule kui magistritöö autorile ja magistritööga varalisi õigusi käsutatakse vastavalt Eesti Kunstiakadeemias kehtivale korrale;
- kuivõrd repositooriumis avaldatud magistritööga on võimalik tutvuda piiramatul isikute ringil, eeldan, et minu magistritööga tutvuja järgib seadusi, muid õigusakte ja häid tavasid heas usus, ausalt ja teiste isikute õigusi austavalt ning hoolivalt.

Keelatud on käesoleva magistritöö ja selles sisalduvate ja/või kirjeldatud teoste kopeerimine, plagieerimine ning mistahes muu autoriõigusi rikkuv kasutamine.

08.06.2020

Anna-Liisa Hanni

*(allkirjastatud digitaalselt)*

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele:

08.06.2020

Merike Rehepapp, MA

*(allkirjastatud digitaalselt)*

# Sisukord

Sissejuhatus .....	3
1 Magistritöö eesmärk .....	5
1.1 Uurimisküsimused .....	5
1.2 Uurimismeetodid .....	6
2 Valdkonna kirjeldus ja kirjanduse ülevaade .....	7
2.1 Kontekst .....	7
2.1.1 Avatud kontor .....	7
2.1.2 Tegevuspõhine kontor.....	10
2.2 Akustika .....	11
2.2.1 Ruumiakustika .....	12
2.2.2 Geomeetiline ja füüsikaline akustika .....	13
2.2.3 Heli sumbumine .....	14
2.3 Erinevad lahendused müra vähendamiseks .....	15
2.3.1 Aktiivsed lahendused .....	16
2.3.2 Passiivsed lahendused.....	16
2.3.3 Jätkusuutlikkus ja materjalide valik.....	18
2.3.4 Poorsed akustilised materjalid .....	20
2.3.5 Jätkusuutlikud akustilised materjalid .....	22
2.3.6 Resonaarivad helisummutid.....	26
2.4 Müra normtasemed ja mürataseme mõõtmise meetodid.....	28
3 Analüüs .....	31
3.1 Helineelavad tooted ja nende klassifikatsioon.....	31
3.1.1 Seinapaneelid .....	32
3.1.2 Lauapaneelid ja ruumijagajad .....	33
3.1.3 Akustilised kabiinid.....	36
3.1.4 Paneelid seintele ja lakke .....	37
3.2 Intervjuu tulemused.....	40
3.2.1 Avatud kontori ruumiakustika.....	40
3.2.2 Helineelava toote valiku kriteeriumid .....	41

3.3	Küsitluse tulemused ja analüüs.....	42
3.3.1	Helineelavate lahenduste valiku kriteeriumid.....	43
3.3.2	Helineelava lahenduse ni jõudmine .....	46
3.3.3	Helineelava lahenduse mittetoimimise põhjused .....	47
3.4	Küsitluse ja turu-uuringu võrdlus .....	53
3.5	Nõuded loodavale prototübile .....	57
4	Lahenduse kirjeldus .....	60
4.1	Kasutuslood.....	61
4.1.1	Toote otsimine .....	61
4.1.2	Toodete võrdlemine.....	62
4.1.3	Toote detailinfo vaatamine .....	63
4.1.4	Akustiku nõuandla kasutamine .....	64
4.2	Prototüüp.....	64
4.2.1	Avaleht .....	66
4.2.2	Toodete nimekiri .....	68
4.2.3	Toote detailinfo .....	69
4.2.4	Toodete võrdlemine .....	70
4.3	Nõutele vastavus.....	71
5	Tuleviku arendustegevused .....	74
5.1	Kasutajatestimise läbiviimine loodud prototüübi peal.....	74
5.2	Toodete lisamise võimaluste analüüs .....	74
5.3	Teiste sihtrühmade analüüs .....	74
5.4	Akustiku nõuandla täpsem analüüs ja disain .....	74
	Kokkuvõte .....	75
	Summary.....	77
	Kasutatud allikad.....	80
	Lisa 1 Ankeet „Akustilised mürasummutavad lahendused avatud kontoris“ .....	87



## Sissejuhatus

Inimesed veedavad põhilise osa oma ajast suletud ruumides: kodus, kontoris, tehases, kaubanduskeskuses ja meelelahutusasutustes. Selleks, et tunda end ruumis mugavalt, on oluline mõista, kuidas mõjutab rääkimine, muusika kuulamine ja muudest allikatest tulenev müra igapäevaelu. Samuti on vaja teada, kuidas mõjutavad ruumi omadused müra teket. [1] Hea ruumiakustika puhul on suhtlus piisavalt selge ja arusaadav ning see ei sega kaastöötajaid. Akustiline mugavus on vajalik produktiivse ja rahuldust pakuva keskkonna jaoks. [2] Süvenemist vajavate tööde puhul tuleb minimeerida taustamüra, et maksimeerida töömäluprotsesside jõudlust, sest see aitab vajalikku informatsiooni töödelda ja kasutada [3]. Mida kõrgem on taustamüra kontoris, seda rohkem see väsitab ning põhjustab motivatsiooni langust [4].

On leitud, et avatud kontoris peetakse kõige suuremaks probleemiks suhtlemisest tingitud müra [5] [6]. Samuti tekitavad töötajatele probleeme piisava privaatsuse puudumine ja puuduv kontroll keskkonna üle [6]. Enam ei saa tuua avatud kontori poolt argumendina ruumi pealt kokkuhoiu, sest tööviljakuse languse tõttu kaotatud tulu on suurem kui ruumi pealt säästetud tulu [7]. Seetõttu on väga oluline planeerida inimeste jaotust ja teha enne kontori muudatuse müraanalüüs olemasolevatele ruumidele, et selle põhjal disainida uued ruumid. Samuti on vaja mõista, et erinevad tööülesanded vajavad unikaalseid akustilisi lahendusi. [2] Üks võimalus müra probleemi lahendamiseks on paigutada 6...10liikmelised meeskonnad eraldi ruumidesse, sest selline hulk inimesi ei tekita liigselt häirivat müra ning see soodustab meeskonnatööd [8].

Lisaks töötajate jaotamisele on oluline kasutada ruumis helineelavaid materjale, et summutada kaja ja vähendada mürataset [9]. Kuid helineelavate lahenduste valik on lai ja mitmekesine, samuti on iga tootja andnud erineva info, mis teeb toodete omavahelise võrdlemise keeruliseks. Sisearhitekti ülesanne on avatud kontoris valida sobilik lahendus, kuid tal puuduvad tihti vajalikud teadmised ruumiakustikast, mis teeb sobiva toote valimise keerulisemaks. Lisaks arendatakse iga päev uusi materjale, mistõttu nõuab suurema osa lahendustega kursis olemine palju aega. Seetõttu on antud magistr töö eesmärk luua sisearhitektile helineelavate materjalide valikut võimaldava digiplatvormi prototüüp, kus on arusaadavalt esitatud vajalik info nii toodete kui ka ruumiakustika teadmiste kohta.

Magistritöö jaguneb 5 osasse: magistritöö eesmärk, valdkonna kirjeldus ja kirjanduse ülevaade, analüüs, lahenduse kirjeldus ning tuleviku arendustegevused. Magistritöö eesmärgi osas tutvustatakse lisaks eesmärgile uurimisküsimusi ning -meetodeid eesmärgi täitmiseks. Valdkonna kirjelduse ja kirjanduse ülevaate peatükis antakse ülevaade avatud kontori kontekstist, müraprobleemist, ruumiakustikast, müra vähendamiseks mõeldud lahendustest ja erinevatest helineelavatest materjalidest ning tuuakse välja müra normtasemed avatud ruumis. Analüüsi osas klassifitseeritakse ja analüüsitakse erinevaid akustilisi lahendusi, tuuakse välja intervjuu ja küsitluste tulemused ning võrreldakse omavahel helineelavatele toodetele esitatava info vastavust uuringutulemuses nõutavate parameetritega. Lisaks tuuakse välja nõuded loodavale prototüübile. Lahenduse kirjelduses tuuakse välja kasutajalood ning prototüübi vaated. Tuleviku arendustegevustes tuuakse välja võimalikud edasist uurimist ja arendamist vajavad tegevused.

# 1 Magistritöö eesmärk

Magistritöö eesmärk on luua sisearhitektidele helineelavaid lahendusi koondava digiplatvormi prototüüp. Loodav prototüüp on sisendiks tootele, mis lihtsustab helineelavate lahenduste otsingut ja võrdlemist avatud kontori kontekstis, koondades erinevate tootjate helisummutavad tooted ühte kohta. Platvormis on võimalik parameetrite alusel tooteid omavahel võrrelda ning leida kontorisse sobivaim lahendus. Lisaks on platvormis lihtsasti seletatud ruumiakustika põhitõed, toodud välja parameetrite kirjeldused ning akustiku nõuandla kaudu on võimalus küsida abi toote valikul. Magistritöö käigus uuritakse ja analüüsitakse erinevaid olemasolevaid lahendusi müra- ja tingitud probleemide lahendamiseks, mis on sisendiks prototüübi loomisel.

## 1.1 Uurimisküsimused

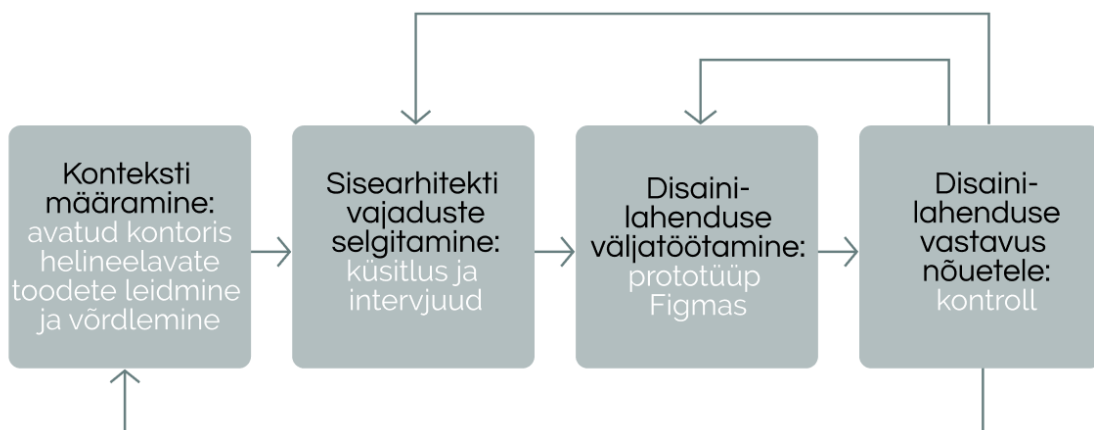
Avatud kontori kontekstis püütakse leida põhjus, kas ja miks paljud akustilised lahendused ei anna oodatavaid tulemusi? Kas selleks võib olla:

- Mittepiisav taustauuring toodete kohta turul?
- Liiga suur valik?
- Puudulik arusaam müraallika(te)st?
- Puudulik teadmine ruumi eripära(de)st?
- Puudulikud teadmised ruumiakustikast?

## 1.2 Uurimismeetodid

Magistritöö eesmärgini jõudmiseks uuritakse ja analüüsitakse erinevaid Eestis kättesaadavaid lahendusi ning teostatakse toodete kategoriseerimine. Helineelavate toodete analüüs on sisendiks prototüübi loomisel ja küsitluse koostamisel. Töös kasutatakse kasutajakeskset disaini, mis tähendab, et keskpunktis on lõppkasutajad (sisearhitektid) ning nende vajadused.

Nagu jooniselt 1.1 on näha, koosneb kasutajakeskne disain neljast faasist: konteksti määramine, kasutaja vajaduste väljaselgitamine, disainilahenduse väljatöötamine ja selle hindamine. Viimases etapis kontrollitakse, kas saadud lahendus vastab kõigile eelmistes etappides kirjeldatud nõuetele. Antud protsessi saab korrata, kuni jõutakse soovitud tulemuseni. [10] Käesoleva magistritöö kontekstiks on müra avatud kontor. Töös uuritakse erinevaid võimalusi müra vähendamiseks ja vajalike toodete leidmiseks ning võrdlemiseks. Vajaduste väljaselgitamiseks kasutatakse kvantitatiivse meetodina küsitlust Eesti sisearhitektide seas ning kvalitatiivse meetodina intervjuud akustiku ja sisearhitektiga, mis aitab kirjeldada olulisi kriteeriumeid akustiliste toodete valikul. Disainilahendus töötatakse välja prototüüpimiskeskkonnas Figma ning töö lõpus võrreldakse prototüübi vastavust analüüsis välja toodud nõuetele.



Joonis 1.1 Kasutajakeskne disain [10]

## 2 Valdkonna kirjeldus ja kirjanduse ülevaade

Magistritöö lahenduse väljatöötamiseks on oluline mõista müra probleemi avatud kontoris. Antud peatüki eesmärk on kirjeldada ruumiakustika põhimõisteid, neeldumisprotsesse, erinevaid helineelavaid materjale ning nende omadusi. Lisaks tuuakse välja erinevad võimalused müra vähendamiseks avatud kontoris ning põhimõtted, mille järgi valida ruumi akustilisi tooteid. Samuti on kontori disainimisel oluline teada, millised on müra normtasemed avatud ruumis ning kuidas teostada mürataseme mõõtmisi.

### 2.1 Kontekst

Järgnevalt tutvustatakse müra probleemi avatud kontoris ja tegevuspõhises kontoris. Samuti tuuakse välja avatud kontori ja tegevuspõhise kontori kirjeldused, nende positiivsed ja negatiivsed aspektid ning see, kuidas muuta avatud keskkond ettevõtte töötajatele võimalikult mugavaks.

#### 2.1.1 Avatud kontor

Avatud planeeringuga on ruum või hoone, millel puuduvad vaheseinad või neid on minimaalselt. See tähendab, et hoone või ruum ei ole jagatud väiksemateks ruumideks. [11] Avatud planeering on paindlik ja võimaldab ruumi jaotada lihtsasti liigutatavate elementidega, näiteks modulaarse mööbliga, kuid puuduvad alalised vaheseinad ja fikseeritud mööbel [12]. Avatud planeeringuga kontorid võivad olla nii suured alad, kus on laudad üksteise kõrval (*bull pens*), kui ka sellised, kus on laudad üksteisest eraldatud vaheseinte abil [13].

Avatud kontorid on alguse saanud 1950ndatel aastatel ning saavutasid populaarsuse 1970ndatel. Algselt oli mõtte luua ruum, kus on lihtne liigutada mööblit vastavalt vajadusele. Samuti usuti, et selline lahendus parandab kommunikatsiooni erinevate meeskondade vahel, mis aitab kaasa produktiivsuse tõusule. [14] Positiivseteks argumentideks on lisaks tööruumi suurenenud paindlikkus, uute ideede genereerimise lihtsus ja võimalus ühiselt teemade üle arutada [15] [16]. Avatud kontori põhiline eesmärk on ruumikulu kokkuhoid 20% võrra, sest ühte ruumi mahub rohkem töötajaid võrreldes kabinetipõhise kontoriga [14] [17].

Avatud pinnale kolimine võib soodustada aktiivsemat suhtlust kolleegidega, kuid võib tekitada ka olukordi, kus peab süvenemise jaoks otsima vaiksema koha [16]. Uuringutest on leitud, et pärast

avatud kontorisse kolimist on vähestes ettevõtetes suhtlus paranenud [13]. Suhtlemisele kulunud aeg väheneb 70% võrra ning e-posti ja elektrooniliste sõnumite kaudu suureneb suhtlemine 20...50% [7]. Lisaks kahaneb nii sõprussuhete tekkimise ja tagasiside saamise võimalus kui ka privaatsus. Suureneb müra, stress ja rahulolematuse keskkonna vastu. Samuti hajub tähelepanu, tööviljakus langeb ja töötajad võtavad rohkem haiguspäevi. [18] [19] Kuna suhtlemisest tingitud müra on avatud kontorites põhiprobleem, peavad olema kehtestatud selged reeglid, eriti juhul, kui on soov kaastöötajaga rääkida [16]. Kui näha, et keegi töötab keskendunult, siis teda ei segata. Samuti kui keegi alustab suhtlust ja ta näeb, et ta segab sellega teisi, siis ta lõpetab jutuaajamise ja seda tulevikus ei tee. See on üks põhjus, miks avatud kontorites on suhtlemine vähenenud. [20] Üheks reegliks võib olla see, et kolleegiga räägitakse ainult täistunnil või laual on punane sildike, mis tähendab, et töötaja on keskendunud ning teda ei tohi segada [16].

Ettevõtte jaoks on töökeskkond suuruselt teine kulu pärast tööjõukulu. Kontori planeerimisel peab arvestama, et keskkond mõjutab otseselt töötajate rahulolu ja efektiivsust. [21] Ruumikulu kokkuhoid avatud kontorisse üleminekul võib olla märkimisväärne ja säästetud tulu saab investeerida mõnel muul olulisel viisil [15]. Kuid siiski on oluline teada, et isegi väike töötajate produktiivsuse kasv on tulusam kui kinnisvarakulude vähenemine [22]. Seetõttu on oluline õige ruumi disain ja töötajate paigutus. Samuti peab arvestama töötajate vajaduste ning ergonoomiliste lahendustega sõltuvalt tööülesannetest. [23] Seega on vaja teada, milline on sobilik kontori tüüp: avatud või kabinetipõhine; kontori jaotus, disain ja sisustus; samuti ergonoomika: valgustus, müra, temperatuur ja õhukvaliteet. Järgnevas tabelis 2.1 on välja toodud töökeskkonna tegurid ja töötajatele seostuvad hinnangud lähtuvalt teguri aspektist. [21]

Tabel 2.1 Töökeskkonna mõju töötajatele [21]

Tegur	Aspekt	Töötajate hinnang/seosed
<i>Kontori tüüp ja paigutus</i>	Avatud või kabinetipõhine kontor	Eelistatud kabinetipõhine kontor; avatud kontor seostub ebapiisava privaatsusega, vähenenud sõprusuhete ja privaatsusega
	Kontori suurus ja asukoht	Staatus
	Tööruumi jaotus	Privaatsus
	Asjade hoiustamise võimalus	Territoorium ja staatus
	Töökohtade asetus	Kommunikatsioon
	Rühmaruumid	Grupi ühtekuuluvustunne, efektiivsus
<i>Ergonoomika</i>		
Valgustus	Tehislik	Piisav
	Päevavalgus – akna suurus ja asetus, vaade, aknakate	Mugavuse ja produktiivsuse kasv
Müra	Avatud kontori müra	Rahulolematus, ebamugavuse ja produktiivsuse langus
	Muusika	Neutraalne või positiivne mõju produktiivsusele
Õhukvaliteet	Puhtuse ja ringluse kontrolli puudumine	Ebamugavus, terviseprobleemid
Temperatuur	Reguleerimise võimaluse puudumine	Rahulolematus
Töökoht	Istumismugavus, seadmed, personali-seerimise võimalus	Töötulemused, rahulolu, tervis
<i>Arhitektuursed detailid</i>	Disainielemendid, kujundus, kunstiteosed	Emotsioonid

Saab öelda, et tänapäeval ei toimi „klassikaline“ avatud kontori süsteem. Efektiivne on avatud kontor vaid siis, kui on arvestatud töötajate vajadustega, tehtud müraanalüüs ning paigutatud töötajad nii, et nad saaksid teha koostööd ning samas segaks üksteist minimaalselt. Pigem on efektiivsed avatud kontori ja kabinetipõhise kontori kombinatsioonid, mis töötatakse välja koostöös töötajate, disainerite ja teiste valdkonna spetsialistidega [16].

## 2.1.2 Tegevuspõhine kontor

Üha enam eelistatakse avatud kontoritele tegevuspõhiseid kontoreid, mis aitavad üldkulusid vähendada ja suurendavad töötajate produktiivsust. [17] Erinevalt avatud kontorist on tegevuspõhise kontori üks eesmärk piisava privaatsuse tagamine [24]. Samuti on ettevõtte eesmärk töötajate rahulolu suurendamine ja ettevõtte maine parandamine. Tegevuspõhise kontori põhiidee on erinevad tööruumid, mis on kohandatud erinevatele ülesannetele, nagu keskendumist nõudvad ülesanded, meeskonnatöö, telefonikõned ja rutiinne töö. Töötajad saavad vastavalt vajadusele neid ruume kasutada. [25] Lisaks nendele on olemas puhkealad ja söögikohad. Kogu korraldus nõuab töötajatel paindlikkust, et arvestada teiste töötajate vajadustega. [17]

Kahjuks ei kasutata tihti tegevuspõhise kontori kontseptsiooni õigesti, mistõttu põhjustab see hoopis produktiivsuse langust, haiguspäevade suurenemist ja rahulolu vähenemist. Sageli on probleemiks sisekliima, näiteks helikindluse puudumine. Seega on väga oluline kaasata spetsialiste ja ruumi kasutajaid disainiprotsessi, mille käigus peab leidma kompromisse erinevate töötajate vajaduste rahuldamiseks. Samuti on oluline, et töötajatele tehakse ulatuslikud koolitus- ja juhendamisprogrammid, et uue keskkonnaga harjuda. [25] Tegevuspõhises kontoris võib tekkida töötajatel konkurents teatud töökohtade pärast ning samas kasutatakse mõnda ruumi minimaalselt. Selle probleemi põhjuseks on sageli ruumi funktsionaalsed, sotsiaalsed ja emotsionaalsed aspektid. Kui ei ole kehtestatud täpseid reegleid ruumide kasutamise ja töökorralduse osas, takistab see töö tegemist ja võib tekkida sobilike töökohtade puudus. Seetõttu on oluline, et tuvastatakse ruumid, mida kasutatakse vähe ning muudetakse neid vastavalt vajadusele, et tekiks keskkond, kus kõigi ruumide kasutus on tasakaalus. [26]

Seega on kontorisisüsteemi valikust olulisem kaasata töötajaid ja valdkonna spetsialiste ruumi kujundusprotsessi, et tagada tulemus, mis on kõigile töötamiseks võimalikult efektiivne ja mugav. Samuti kui on näha, et miski ei toimi, tuleb sellega tegeleda ja vajadusel kontor ümber disainida.



## 2.2 Akustika

Akustika on eraldiseisev mahukas teadusharu, mistõttu käsitletakse antud peatükis vaid kõige põhilisemaid ruumiakustika mõisteid ja arvutusi. Selleks, et saada põhjalik ülevaade ning kindla otstarbe ja mõõtmetega ruume akustiliselt kujundada, on vaja põhjalikumalt väljaõpet või ruumiakustika spetsialisti abi.

Akustika mõistmiseks on oluline teada heli mõistet. Heli ehk hääl on elastses keskkonnas levivad mehaanilised võnkumised, mille sagedus on 16...20 000 Hz. Igapäevaelus levivad helilaineid õhus, millest eristatakse vedelikes ja tahketes kehaes leviv heli. [1] Õhus olev helilaine levib normaalsel niiskusel ja temperatuuril õhus kiirusega  $c_0 = 340 \frac{m}{s}$ . Seda suurust kasutatakse akustilistes arvutustes. Kuna niiske õhu tihedus on väiksem kui kuival õhul, on heli kiirus niiskes õhus suurem. [27]

Akustika on heliteadus, mis uurib heli tekkimist ja levimist nii vabas kui ka suletud ruumis [1]. Akustika on kõige üldisemalt öeldes heliga seotud füüsika haru. Laiemalt võib öelda, et akustika on heli tundmise viis, mis keskendub materiale, jõule ja liikumisele. [28] Akustika esimene ülesanne on koostada heli reguleerivad seadused vabas ruumis ning seadused, kuidas muudavad erinevad takistused heli levikut. Heli on võimalik juhtida erinevate vahendite kaudu: heli võib liikuda erinevates konstruktsioonides, nagu hoone seinad ja põrandad, samuti saab edastada heli uste ja akende kaudu. Sellises kontekstis on see enamasti soovimatu heli, mida nimetatakse müraks. [1]

Müra mõiste sai alguse tööstusrevolutsiooni ja linnastumise ajal ning selle tähendus on väga erinev helirežiisööride, linna- ja maaelanike, loomade, lindude ja putukate seas. Samuti on lindistamisseadmetes ja info ülekandevõrkudes müra teise tähendusega. Müra on eristatav nii muusikas, kõnes kui ka keskkonnas, kuid seda on raske defineerida. [28] Kõige lihtsam on defineerida mõistet valge müra, mille helisagedused on sama aja, helitugevusega ja vibratsioonispektriga. [29] Kuid praktikas on müra alati „värviline“, filtreeritud, limiteeritud ja muutuv erinevas kontekstis. [28] Müra ja muude helide vahel ei ole kindlat piiri, sest iga inimene tajub heli erinevalt: mõne jaoks võib olla heli nauditav, kuid teise jaoks on see müra. [1]

Müral on 3 konteksti: esteetiline, tehnoloogiakeskkonnas ja sotsiaalselt ringluses olev müra. Esteetilistel põhjustel eraldatakse kaunitest helidest soovimatud helid. Tehnoloogilistes keskkondades on müra liigne ja häiriv sisu. Keskkonnateemas on müra reostus, mis rikub tasakaalu looduses, näiteks tööstusmüra ja alarmid. Sotsiaalses ringluses olev müra on need subjektid, kes ei kuulu teatud sotsiaalsesse konteksti. [28]

## 2.2.1 Ruumiakustika

Ruumiakustika põhimõtteid kasutatakse mürarikaste ruumide summutamisel helineelavate materjalidega. Mürataseme alandamine on vajalik inimese närvisüsteemi kaitsmiseks. [27] Mürarikkas ruumis muudab isegi väike mürataseme vähendamine ruumi akustiliselt palju mugavamaks. Kui ruumis on liiga kõrge heli ja selle ebapiisav neeldumine, hakkavad inimesed üha valjemini rääkima ning müratase tõuseb veelgi. Samas kui ruum on piisavalt summutatud, räägivad ka inimesed vaiksemalt. Kui aga taustamüra on samuti vähendatud, kuulevad vestlust ka ruumi kaugemas piirkonnas olevad inimesed. Selle vältimiseks kasutatakse kõlaritest tulevat valget või värvilist müra, mis ei ületa 50 dB(A). [9]

Akustiliselt hästi kujundatud ruum nõuab praktilist kogemust. Seega ei saa kirjanduses olevaid akustiliste lahenduste näiteid edukalt päriselus kasutada. [9] Oluline on teada, kuidas mõjutavad helikvaliteeti ruumi akustilised omadused. Ruumi akustilised omadused sõltuvad:

- ruumi mahust ja proportsioonidest,
- heli summutavate materjalide omadusest, kogusest ja paigutusest ruumis,
- ruumi heliisolatsioonist,
- esinejate, kuulajate ja seadmete arvust ruumis. [9] [27]

Mida varem kaasatakse ruumi kujundamisse akustik, seda lihtsam on ruumi häälestada [9]. Kuna ruum on helikanali esimene element, on järgmistes helikanali lülides tekkinud kõlalisi puudujääke raskem kõrvaldada [27]. Seega võib juhtuda, et esialgne arhitekti plaan tuleb ümber teha, sest see ei ole kooskõlas ruumi eesmärgiga. Avatud kontorite ja tootmishoonete planeerimisel ei kaasata üldiselt akustikut, sest sellises kontekstis ei ole akustika tähendus sama mis näiteks teatrites. [9] Siiski peab ruumis olema võimalikult ühtlane helitase, optimaalne järelkõlakesus ning vajalik helivaljus. Hea akustikaga ruumis puuduvad akustilised defektid ja ülemäärane müra. [27]

Lisaks akustiku kaasamisele on võimalus abivahendina kasutada lõplike elementide analüüsi (*finite element analysis*) põhise tarkvara, näiteks i-Simpa, CadnaR, mis hindab mürataset avatud kontori töökohtadel. Selleks on vaja olemasolev ruum ja müraallikad modelleerida. Tarkvara aitab valida andmebaasis olemasolevaid helineelavaid materjale ja akustilisi paneele, mis vastavad standardile ISO 354. [30] Need tarkvarad aitavad otsust langetada, kuid selleks peavad olema piisavad teadmised akustikast, et õiged parameetrid sisestada ning saada usaldusväärne tulemus. [31]

Ruumiakustikas keskendutakse peamiselt kolmele müraallikale: inimese kõne, muusikalised instrumendid ja tehnilise müra allikad. Müral ja muusikal on oma spektraalne struktuur, mille põhjal on võimalik heli analüüsida. Kusjuures heliallikate akustiline väljundvõimsus on igapäevaelus suhteliselt madal: inimese hääl on võimeline tekitama helivõimsuse vahemikus 0,001...1000  $\mu\text{W}$  (sosistamine vs karjumine) ning keskmise kõne helivõimsus on 10  $\mu\text{W}$ , mis vastab 70 dB helitasemele. Võrdluseks saab tuua muusikariistad, mille helitase on 30...50 dB (puhkpillid vs keelpillid) ning suurel orkestril on see üle 100 dB (vt tabel 2.2). [9]

Tabel 2.2 Näited helivõimsuse ja helitaseme allikatest [9]

Allikas	Helivõimsus (mW)	Helitase (dB)
Sosin	$10^{-6}$	30
Suhtlus	0.01	70
Maksimaalne inimese hääl	1	90
Viiul	1	90
Trompet	100	110
Orel, suur orkester	$10^4$	130

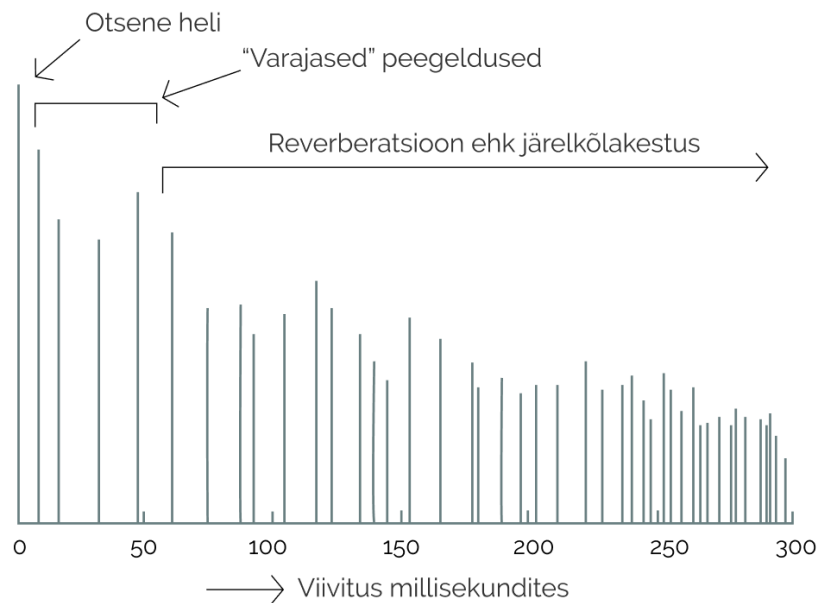
## 2.2.2 Geomeetriline ja füüsikaline akustika

Ruumiakustika arvutustes kasutatakse geomeetrilise ja füüsikalise akustika põhimõtteid.

Geomeetrilises akustikas levib heli kiirtena nagu valgus ja seda teooriat saab kasutada ainult selliste ruumide puhul, mille mõõtmed on tunduvalt suuremad heli lainepikkusest, näiteks suured stuudiod, kino- ja kontserdisaalid. [27] Geomeetriline ruumiakustika on idealiseerimine, kus ei arvestata helienergia sumbumisega. [9]

Füüsikalises akustikas kasutatakse põhimõistetena ruumi reverberatsiooniga (ehk järelkõlakestust) ja resonantsisagedusi, mida kasutatakse sellistes ruumides, mille mõõtmed on samas suurusjärgus heli lainepikkusega. [27]

Joonisel 2.1 on kujutatud skemaatiline diagramm sellest, kuidas heli ruumis peegeldub. Pärast vahetat heli peegelduvad esimesed helilained tugevalt, seejärel tekib palju peegeldusi, mille energia järjest kahaneb ja seda nimetatakse reverberatsiooniks. Järelkõlakestuse järgi hinnatakse ruumi kõla kvaliteeti. [9]



Joonis 2.1 Heli peegelduse diagramm [9]

Reverberatsiooniaega on kõige mugavam mõõta püstolihäälega, mis on piisava helitugevusega isegi siis, kui ruumis on taustamüra. Sama hea tulemuse saab puidust plaksutajaga või lõhkeva õhupalliga, mis on head eriti madalate sagedustega ruumis. Kui on vaja täpseid mõõtmistulemusi, on võimalus kasutada näiteks korrapärase dodekaeedrikujulist (kaksteisttahukakujulist) kõlarit. [9]

### 2.2.3 Heli sumbumine

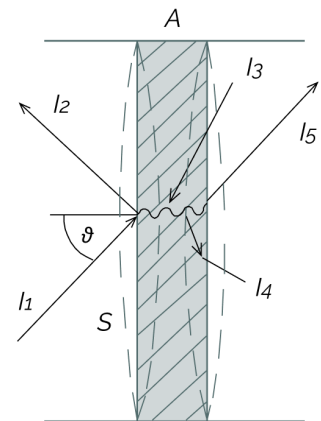
Ruumiakustika parandamiseks on oluline helienergia neeldumine, et vähendada heli peegeldumist. Helilainete sumbumine on tajutav vabas keskkonnas ainult suurtes ruumides ja suhteliselt kõrgetel sagedustel. Kuna materjalide neeldumine ruumis mõjutab ruumiakustikat, on oluline disaineril mõista ja tunda neeldumisprotsesse ning eri helisummutajate omadusi. [9]

Heli sumbumist materjalis hinnatakse helineeldusteguriga  $\alpha$ , mis on materjalisse siseneva  $I_3$  ja sellele langeva heliintensiivsuse  $I_1$  suhe:

$$\alpha = \frac{I_3}{I_1}$$

Helineeldusteguri väärtus sõltub sagedusest, materjali akustilisest takistusest  $\rho_c$  ja helilaine langemisnurgast  $\vartheta$ .

Heli neeldumise kirjeldamiseks on joonis 2.2, kus helilaine intensiivsusega  $I_1$  langeb seinapinnale  $S$ . Üks osa helilainest intensiivsusega  $I_2$  peegeldub ruumi tagasi ja teine osa  $I_3$  tungib materjali sisse. Materjali sissetunginud helilainest  $I_3$  neeldub materjalis osa  $I_4$  ning osa  $I_5$  läbib seina. Joonisel on kriipsjoonega näidatud olukord, kui sein on piisavalt õhuke, et helienergia kandub ühest ruumist teise membraanina või plaadina võnkudes.



Joonis 2.2 Heli peegeldumine ja tungimine läbi seina [27]

Kui helilaine intensiivsusega  $I_1$  langeb risti pinnale  $S$ , mille helineeldetegur on  $\alpha$ , siis valemist  $\alpha = \frac{I_3}{I_1}$ , saab tuletada neelduva heliintensiivsuse  $I_3 = I_1 \alpha$  ning selles pinnas on neelduv helivõimsus:

$$P_n = I_3 S = I_1 \alpha S = I_1 S_e$$

kus  $\alpha S = S_e$  on pinna ekvivalentne neeldumispind  $m^2$ .

Kui helineeldetegur  $\alpha = 1$ , neelab neeldumispind  $S_e$  sama palju helivõimsust kui antud pind.

Keerulisemate objektide puhul, näiteks ripuvad helineeldurid, mööbliesemed, kuulajad saalis, koosneb objekt paljudest erinevate neeldumisteguriga osapindadest. Sel juhul saab määrata neelduva helivõimsuse valemiga:

$$P_n = I_1 \sum_{i=1}^m S_{ei}$$

kus  $m$  on objektide arv. [27]

## 2.3 Erinevad lahendused müra vähendamiseks

Üldiselt kasutatakse helineelajaid selleks, et:

- kohandada ruumi kõla vastavalt ruumi eesmärgile,
- summutada mittevajalike helide peegeldused (kaja),
- vähendada müra taset mürarikastes hoonetes, näiteks tootmishooned ja suured bürood. [9]

Selleks, et aktiivselt müra summutada, on oluline regulaarne keskkonna müraanalüüs. Üldiselt jagatakse müra vähendamise meetodid passiivseks ja aktiivseks. Aktiivse meetodi puhul on vaja lisamüra ning müra summutamise tase võib muutuda vastavalt olukorrale automaatselt. [32] Passiivsed lahendused on valmistatud helineelavatest materjalidest, mille kasutamine on mitmekülgne ja tõhus müra vähendamiseks [33].

### 2.3.1 Aktiivsed lahendused

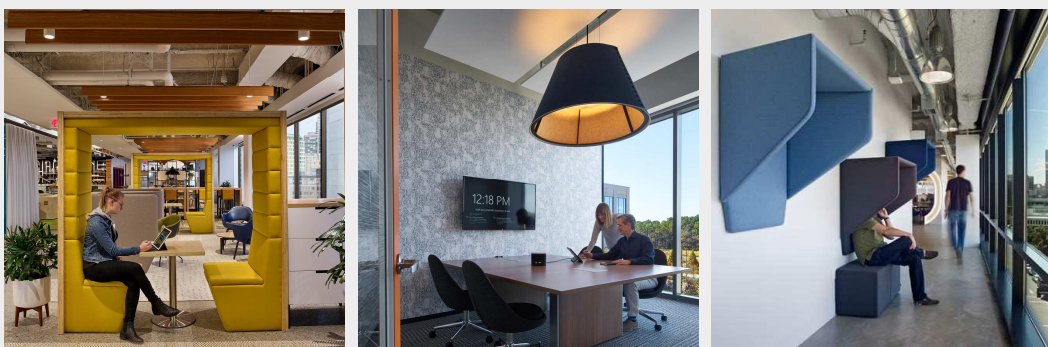
Avatud kontor on võimalus soovimatut müra vähendada aktiivsete meetoditega: valge müra või müra maskeerimisega (*sound masking*). Uuringutes on leitud, et konstante valge müra soodustab auditoorses tegevuses mõttetööd. [34] [35] Lisaks aitab mõõdukas müra paremini keskenduda ja parandab tulemusi, kuid liiga vaikne või liiga vali müra takistab keskendumist ja seetõttu tööviljakus langeb. Optimaalne müratase on 5...10 dB SNR, mil inimene töötab kõige efektiivsemalt. [36] Kõige rohkem kasutatakse valget müra 70 dB SPL(A) helitaseme juures [35] [37] [38]. Kuid kasutatakse ka kõrgemat, 78 dB valget müra [39].

Müra maskeerimise eesmärk on taustamüra suurendamine nii, et teiste suhtlus ei ole eristatav ja segav. Seade on programmeeritud selliselt, et müra tase kohandub keskkonnamüraga, kuid seda on reaalsetes tingimustes vähe uuritud. Soovitav maskeeriva müra tase on 45 dB(A). Uuringus on leitud, et 4 dB(A) kõrgem maskeeriva müra tase kontori loomulikust mürast on liiga kõrge ning ei anna soovitud tulemusi. [5] Laboratoorsetes katsetes on leitud, et maskeeriv müra peab olema 10 dB kõrgem tasutamürast [40].

Siiski ei ole õige otsida müra probleemi lahendamiseks täiendavat taustamüra. Vaja on teostada ruumi terviklik analüüs: akustiline, töökohtade paigutuse ja tööülesannete varieerumise analüüs, mille põhjal ruum ümber kujundada. [5]

### 2.3.2 Passiivsed lahendused

Akustiliste helineeldurite valik on mitmekesine: sein-, laua- ja ripp-paneelid, spetsiaalsed vaipkatted, vaheseinad, akustilised kabiinid ja mööbel (vt joonis 2.4). Lisaks on võimalik helisummutavaid paneele integreerida mööbliesemete külge ning neid saab kasutada sisekujunduselemendina. [41] Ka taimed, avatud riulitel olevad raamatud, korkpinnaga teadetetahvlid ja mistahes kangast detailid summutavad kontoris heli [42]. Akustilistes lahendustes kasutatavad materjalid peavad vastama standarditele ISO 354 ja ISO 11654, millega määratakse katseliselt materjali helineeldetegur.



Joonis 2.3 Spacestor Railway Carriage [97], BuzziShade valgusti, BuzziHood telefoniputka [100]

Tegevuspõhised akustikalahendused määratletakse tegevuse, inimeste ja ruumi aspektist. Eesmärk on summutada heli, ennetada kaja tekkimist, muuta kõne selgemaks, takistada kõne levikut ruumis sees ning heli tungimist ruumi ja väljumist ruumist. Ruumiakustika parandamiseks kasutatakse ruumis helisummutavat lage ning alade eraldamiseks vaheseinu. [43] Samuti kasutatakse vertikaalseid seinapaneele, sest see vähendab kaja teket ning kõne muutub selgemaks. Seinapaneele on võimalik paigutada üle terve seina või katta sein osaliselt ning katta omavahel ristuvad seinad paneelidega. Seinapaneelide kõrgus valitakse inimeste kõrvade asukoha järgi istudes ja seistes. [44]

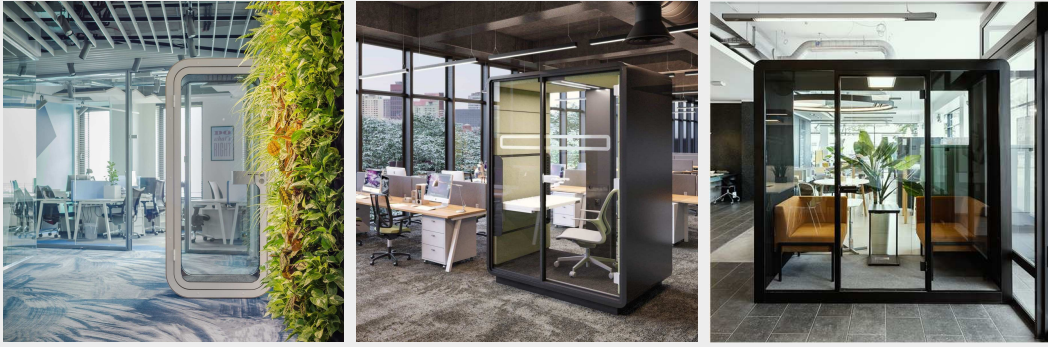
Kuna kontor koosneb eri eesmärkidega ruumidest, vajab iga ruum eri lahendusi. Vastuvõturuum on tavaliselt kõrgete lagede ja peegeldavate pindadega ruum, kuhu sobivad suure helineelduvusega sein- ja laepaneelid. Avatud tööala vajab töökohtade eraldamist: saab kasutada helisummutavaid paneele nii põrandal, seintel kui ka laes. Koosolekuruumis on tihti klaasseinad ja tahvel, mis suurendavad järelkõlakestust ja seetõttu kõne selgus väheneb. Sellisesse ruumi sobivad helisummutavad paneelid seintele, lakke või põrandale. Mitteametlikud ruumid on näiteks suured puhkeruumid või köök, kus on oluline, et müra ei kostuks tööalale ning samas saaks olla vaiksus nurgas. Sellisesse ruumi sobivad eri vaheseinad, lae- ja seinapaneelid (vt joonis 2.5). [45]



*Joonis 2.4 Hush akustiliste lahenduste näiteid [45]*

Üha enam kasutatakse kontor-kontoris kontseptsiooni ehk akustilisi kabiine, sest see võimaldab pidada vestlusi teisi segamata. Kabiini on lihtne nihutada ja kolida sellega uude kohta ning neid on eri suurusega: nii telefonikõnede kui ka suuremate koosolekute jaoks (vt joonis 2.6 lk 18). Kabiinis on hea akustika, ventilatsioon, valgustus ja eri IT-lahendused. Seega ei ole vaja kontoris eraldi ehitada ruumi, vaid saab kasutada kabiini, mida on võimalik igal hetkel mugavalt uude kohta teisaldada. [46]





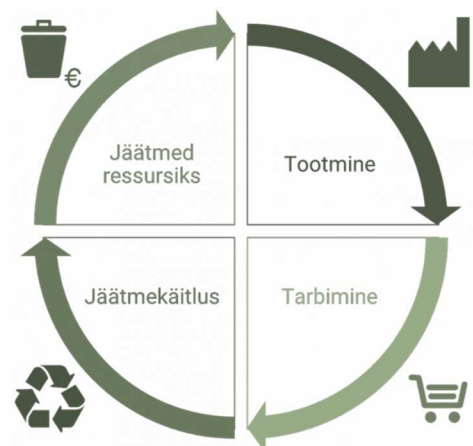
Joonis 2.5 Framery [46], Hush [94] ja Silen [85] akustilised kabiinid

### 2.3.3 Jätkusuutlikkus ja materjalide valik

Üha enam on materjalide valikul oluline jätkusuutlikkus: materjal peab olema valmistatud looduslikust või taaskasutatud toorainest ning seda on võimalik toota minimaalse energiakuluga. Taastumatuid ressursse kasutatakse piiratud mahus, et keskkonnamõju oleks minimaalne. Näiteks korduvkasutatavad plastikkiud aitavad vähendada jäätmekäitlust ja tootmise sõltuvust toorainest. Akustilised jätkusuutlikud materjalid on oma omaduste poolest sarnased „klassikaliste“ lahendustega, kuid paljusid selliseid materjale ei ole piisavalt analüüsitud ega standardiseeritud. Enamikke olemasolevaid akustilisi materjale ei saa pidada jätkusuutlikuks, kuna nende tootmiseks on kulutatud palju energiat ning keskkonda on eraldunud suurel hulgal kasvuhoonegaase.

Lisaks jätkusuutlikkusele on oluline teada ka seda, kuidas eri materjalid mõjutavad inimese tervist. Näiteks mineraalvill on tõhus helineeldur ning odava hinnaga, kuid selle kiud võivad sissehingamisel kopsudesse ladestuda ja nahka ärritada. Samuti ärritavad eri polüüretaanvahud hingamisteid ning nende tootmiseks kulub palju energiat ja tooraineks on naftaproduktid. [47]

Keskkonnamõju hindamiseks on oluline toote elutsükl, kus hinnatakse toote mõju alates selle tootmisest kuni tagasi loodusesse jõudmiseni: materjali saamine, tootmine, transport, töötlemine, käitlemine, utiliseerimine, ning oluline on uuesti ringlusse minemine ja taaskasutus ehk ringmajandus (vt joonis 2.3). [47]



Joonis 2.6 Ringmajanduse põhimõte [93]



Ringmajanduse eesmärk on jätkusuutlik loodusressursside kasutamine ja selle kaudu ökosüsteemide taastamine, mistõttu on oluline võimalikult vähe keskkonda reostada, jäätmeid uuesti ressursiks muuta ning hoida tooteid ja materjale võimalikult kaua kasutusel. [48] Jätkusuutlikul tootmisel on tähtis toote disain ehk peab mõtlema lisaks toote väälimusele sellele, kuidas saab seda toodet või selle komponente hiljem uuesti kasutada. Enam ei saa kasutada lineaarset majandusmudelit, kus ammutatakse maavarad, millest valmistatakse tooted, mida kasutatakse, ja mis muutuvad lõpuks prügiks. Seega on väga oluline mitte segada omavahel looduslikke ja tehisklikke materjale, sest neid ei ole võimalik pärast enam üksteisest eraldada ja uuesti kasutada. Ringmajanduse eesmärk on 95% materjalidest taaskasutada ja 5% kasutada energia tootmiseks või ladustamiseks. [49]

Akustilist lahendust luues tuleb arvestada, et akustilised materjalid peavad:

- summutama või peegeldama heli vajalikul määral nõutaval sagedusel,
- sobima ruumi sisekujundusega,
- olema kergesti puhastatavad,
- olema piisava mehaanilise tugevusega,
- vastama tuleohutuseeskirjadele,
- olema odava hinnaga. [27]

Passiivsetes helineelavates lahendustes kasutatakse mitmeid materjale. Füüsikaliste omaduste poolest jagatakse akustilised materjalid poorseteks ja resoneerivateks. [32] Kõige rohkem kasutatakse poorseid helisummutavaid materjale, sest nende valik on mitmekesine, neid on lihtne valmistada ja vormida ning nende hind on madal. [33] [50] Poorsed materjalid on näiteks erinevad kangad, mineraal- ja klaasvill, poorne kips või erinevad polümeervahud. [27] [32] Poorsed materjalid sobivad enamasti keskmiste ja kõrgete sageduste summutamiseks. Madalate helisageduste summutamiseks kasutatakse resonaatoreid. Võimalus on neid omavahel kombineerida, et saada võimalikult suure sagedusevahemikuga helineeldur. [51]

### 2.3.4 Poorsed akustilised materjalid

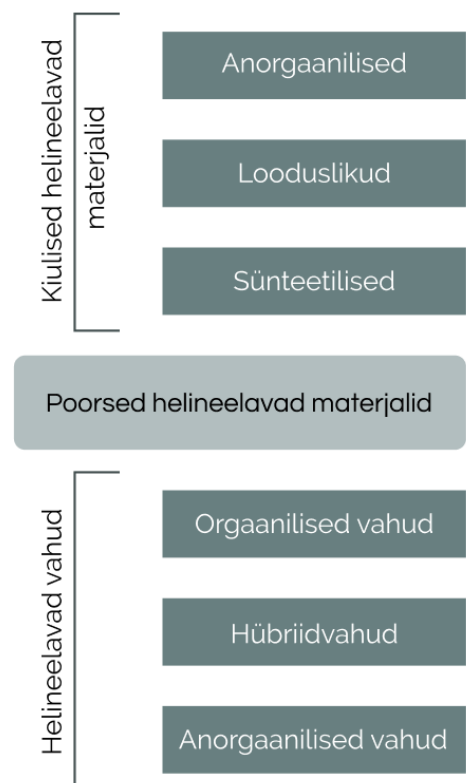
Poorse materjali pinnale langev helilaine tungib materjali pooridesse, mis paneb sealsed õhuosakesed võnkuma. Materjalisse tunginud helienergia muundub soojuseks õhuosakeste viskoosse hõõrdumise tõttu. [27] [32] Kui materjali pind on sile, on neeldumistegur üsna madal. Helineeldetegur suureneb, kui pind muutub ebataasemaks. Mida rohkem on materjalil poore ja erinevaid kanaleid ning tühimikke, seda paremini heli neeldub. Kindlasti peavad olema avad pinnal, sest vastasel korral on neeldumine pigem madal. [9] Helineeldusteguri  $\alpha$  väärtus sõltub materjali poorsusest, paksusest, helilaine sagedusest  $f$ , langemisnurgast  $\vartheta$  ning õhuvahest materjali ja seina vahel. [27]

Kui poorne materjal asub seinast  $\frac{1}{2}$  lainepikkuse kaugusel, kus heli peegeldumisest tekkinud seisulaine võnkeamplituud ja kiirus on 0, on helineeldustegur väike, kuna õhuosakeste nihe ja kiirus materjalis on madal. Kui materjal on  $\frac{1}{4}$  lainepikkuse kaugusel, kus seisulaine võnkeamplituud on maksimaalne, on helisumbumine samuti maksimaalne. [27]

Materjali paksuse näitena saab tuua vildikihi, milles 25 mm paksuse juures neeldub 100 Hz sagedusel 10% langevast helienergiast, kuid 152 mm paksuse puhul on neeldumine juba 50%. Samuti tuleb arvestada, et kõrgemate sageduste juures kui 2000 Hz ei sõltu neeldumine enam vildikihi paksusest. Neeldumine on maksimaalne sellistel sagedustel, kus õhuvahe mahub näiteks  $\frac{1}{4}, \frac{3}{4}$  heli lainepikkusest  $\lambda$ . Üldiselt suureneb materjali helineeldustegur materjali poorsuse suurenedes. Väga oluline on materjali pinna struktuur ja selle töötlemine. Poorseid materjale ei soovitata töödelda, kuid vajadusel kaetakse materjal vesiemulsioonivärvi õhukese kihiga, et vältida pooride ummistumist. [27]

Poorsed helineelavad materjalid jaotatakse helineelavateks vahudeks ja kiulisteks materjalideks (vt joonis 2.7). Vahud koosnevad kärgstruktuuridest ning kiulistel materjalidel on palju kanaleid ja õõnsusi. [50]

Nagu eelnevalt jooniselt 2.7 on näha, jagunevad kiulised helineelavad materjalid omakorda anorgaanilisteks, looduslikeks ja sünteetilisteks materjalideks.



Joonis 2.7 Poorsed helineelavad materjalid [50]

Anorgaanilisi materjale kasutatakse kõrgetel temperatuuridel ja kõrge sagedustega heli summutamiseks, näiteks lennukimootori voodrina. Põhiliselt kasutatakse materjalina roostevabast terasest kiude, vask- ja alumiinium- ning ka klaaskiude. Materjali valikul peab arvestama, et kui kiud on paralleelselt helilaine suunaga, on helisummutustegur kõige suurem. Samuti on oluline, et kiud on võimalikult väikse läbimõõduga. [50]

Looduslike ja sünteetiliste materjalide eelisteks on ohutus, kerge töödeldavus ja odavus. Lisaks on looduslikud materjalid biolagunevad ja neid saab korduvalt kasutada. Looduslikud materjalid on näiteks kenaf, lina, kanep, kookoskiud, puit, õled, suhkruroog ja maisikestad. Looduslikel materjalidel on väga erinevad helineeldetegurid ja need sobivad peamiselt keskmise ja kõrge sagedusega heli summutamiseks. Kuid näiteks kapokil on väiksemad poorid ja poorsus on suurem, mistõttu sobib see madala sagedusega heli summutamiseks. Oluline on teada, et mida väiksem on materjali kiu tihedus ja diameeter, seda suurem on helineeldumistegur. [50]

Kõige enam kasutatakse heli summutamiseks sünteetilisi materjale, kuna neil on head akustilised omadused, nad on vastupidavad ja seenekindlad [50]. Enamik sünteetilisi materjale koosneb mikrokiududest. Kõige efektiivsemad materjalid heli summutamiseks on sellised paksud kangad, mis koosnevad omavahel ühendatud pooridest ja kanalitest [52]. Mida väiksem on kiu läbimõõt ja mida suurem on materjali tihedus, seda paremad on materjali akustilised omadused. Lisaks mikrokiududest koosnevatele materjalidele kasutatakse ka nanokiudusid, mis on kõige efektiivsemad helineeldurid, näiteks polüpropüleenist, polüvinülideenfluoriidist materjalid. [50] Näiteks on arendatud materjal FIBER NFA, mis summutab heli sagedustel 100...6300 Hz [53]. Tihti kasutatakse selliseid materjale kombineerituna „klassikaliste“ poorsete materjalidega [50].

Nagu eelnevalt jooniselt 2.7 oli näha, jagunevad helineelavad vahud omakorda orgaanilisteks, hübriid- ja anorgaanilisteks vahtudeks.

Orgaanilisi vahtusid kasutatakse kõige rohkem kontrollitava struktuuri tõttu ning nagu teada, mõjutab materjali struktuur helineeldumistegurit [50]. Polüuretaanvahu moodustumisel polümerisatsiooni käigus tekivad sellised õõnsused ja pooride struktuur, mida on võimalik mõjutada geelistumis- ja puhumisagentide ning katalüsaatorite abil [54]. Lisaks polüuretaanile kasutatakse vahtude valmistamiseks polüvinüülformaale, polüamiidi, epoksüvaiku ja fenoole. Pooride struktuuri mõjutamiseks on võimalus kasutada ka tahkeid osakesi, näiteks naatriumkloriidi kristalle, mis segatakse polümeeriga. Kui materjal on tahkunud, eemaldatakse kristallid leostumise teel. [50]

Hübriidvahtudes kasutatakse samuti raku mikrostruktuuride reguleerimist, et parandada helineeldumistegurit. Vahus olevad kanalid võivad olla langeva helilaine suhtes vertikaalselt, paralleelselt või kaldu. Vertikaalsed kanalid peegeldavad rohkem helienergiat, mistõttu on helineeldumine madal. Paralleelsete kanalite puhul läbib helilaine kiiresti materjali, kuid kaldus kanalite puhul on helilaine läbimisteed kindel materjalis kõige pikem ja seetõttu on neeldumine kõige suurem. Selleks, et neeldumistegurit suurendada, lisatakse vahtmaterjalidesse täiteaineid, nagu looduslikud lehekiud, bambuskiud, riisikestad, töödeldud puidukiud ja anorgaanilised täiteaineid. [50]

Anorgaanilistel vahtudel on väga head füüsikalised, mehaanilised ja termilised omadused, mistõttu saab kasutada selliseid materjale keerulistes oludes [55]. Anorgaaniliste vahtude puhul saab samuti poore ise reguleerida, lisades polümeerosakesi segusse, mis hiljem kõrgel temperatuuril eemaldatakse. Anorgaanilised vahud on valmistatud näiteks räninitriidist, alumiiniumoksiidist, niklist ja titaanist. Kusjuures vahul on poorsus 70...90%. Orgaaniliste lisandite termilise lagunemise tõttu on lisaks väiksemaid poore, mis suurendavad helineeldumistegurit veelgi. [50]

### 2.3.5 Jätkusuutlikud akustilised materjalid

Helineelavad jätkusuutlikud materjalid jaotatakse 3 gruppi:

- looduslikud materjalid,
- ümbertöödeldud materjalid,
- kombineeritud ja komposiitmaterjalid. [33]

Looduslikel materjalidel, nagu kenaf, lina, sisal, kanep, kork, lambavill, bambus ja kookoskiud, on üldiselt väga head summutusomadused [56]. Lisaks on looduslikud kiud odavamad, kergemad ja keskkonnasõbralikumad kui erinevad klaaskiudkomposiidid [57]. Oluline on looduslike kiudusid minimaalselt töödelda ning transpordi säästmiseks toota materjale lokaalselt. [47] Looduslikel materjalidel on negatiivne mõju kliimamuutustele, kuna taimed kasutavad kasvamiseks CO<sub>2</sub> [58]. Tabelis 2.3 lk 23 on toodud mõned näited jätkusuutlikest ja „traditsioonilistest“ materjalidest, millele on antud keskmise neeldumisteguri järgi helisummutamise koefitsient.

Tabel 2.3 Mõne tavapärase ja jätkusuutliku materjali neeldumistegurid eri müra taseme juures [59]

Materjal	Paksus (mm)	Tihedus (kg/m <sup>3</sup> )	Neeldumistegur $\alpha$				Helisummutuskoefitsient
			250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	
Klaasvill	50	50	0,45	0,65	0,75	0,80	0,663
Kivivill	50	80	0,29	0,52	0,83	0,91	0,638
Polüstüreen	50	28	0,22	0,42	0,78	0,65	0,518
Polüuretaan	50	30	0,30	0,68	0,89	0,79	0,665
Polüetüleen	50	32	0,25	1,00	0,40	0,70	0,588
Polüester	45	20	0,56	0,85	0,98	0,95	0,835
Kanepikiud	40	40	0,59	0,60	0,56	0,52	0,568
Kenafi kiud	50	50	0,48	0,74	0,91	0,86	0,748
Mineraliseeritud puidukiud	50	470	0,25	0,65	0,60	0,55	0,513
Lina	35	43	0,66	0,84	0,79	0,53	0,705
Kookoskiud	35	70	0,28	0,40	0,64	0,74	0,515
Pilliroog	50	130	0,46	0,86	0,71	-	0,676
Lambavill	60	25	0,24	0,38	0,62	0,84	0,520
LECA	50	460	0,66	0,94	1,00	0,81	0,853
Tselluloos	50	38	0,60	0,90	0,75	0,53	0,689
Kautšuk	5	1400	0,20	0,82	0,50	0,56	0,520

Bambus- ja sisalkiududel on neeldumistegur 1000 Hz sagedusel üle 0,90. Kenafikiududest paneelidel on neeldumistegur suurem kui 0,80 üle 500 Hz sagedusel. Linakiudude puhul on neeldumistegur maksimaalselt 0,9 sagedusel 800 Hz, lambavillal sagedusel 3000 Hz. [59] Üha enam arendatakse uusi materjale, mis on valmistatud erinevate taimede jäätmetest, nagu riisiõled, akaatsia, sengon, kanep, suhkruroog [60]. Samuti on võimalik teha paneele erinevatest jäätmetest, nagu hein, männiokkad, sammal, sibulalehed, maisitõlviku sisu, mille neeldumistegur on sarnane polüuretaanvahu ja mineraalvillaga (vt joonis 2.8 lk 24). Pilliroost valmistatud paneelidel on neeldumistegur parim keskmistel ja kõrgetel sagedustel. Puidul ja korgil on madalam neeldumisvõime materjali struktuuri tõttu. Vahtsavil on helineeldetegur üle 0,8 sagedustel 500...5000 Hz, kuid selle materjali tootmiseks kulub palju energiat. [59]



Joonis 2.8 MOSSwall samblast paneel [95], Okka paneel [75], pilliroost paneel [96]

Ümbertöödeldud materjalid aitavad kaasa jäägi tekke ja toormaterjali koguse vähenemisele. Ümbertöötlemiseks saab kasutada näiteks kautšukijäätmeid, metallilaaste, plasti- ja tekstiiliaglomeraate, mis segatakse kokku, kasutades eri suurusega osakesi ning sideainet. [47] Ümbertöödeldud materjalidest kasutatakse enamasti ajalehtedest saadud tselluloosi, millele lisatakse aineid tulekindluse tõstmiseks ja erinevaid biotsiide. Märjad tselluloosikiud pihustatakse otse seinale ning tulemuseks on helineeldumistegur üle 0,70 sagedustel 500...1000 Hz. Kautšukipurust tehtud materjalid on laia neeldespektriga ja sobivad liikluse müra tõkete jaoks, kuna materjal on väga vastupidav. Veel on võimalus ümbertöödelda poorseid vaibajäätmeid või kasutada plastpudelitest valmistatud polüesterkiudmaterjale. [59]

Kombineeritud ja komposiitmaterjalid on valmistatud naturaalsest materjalist, plastikust või „traditsioonilistest“ materjalidest. Kombineeritud materjalide puhul kasutatakse uue materjali saamiseks jätkusuutlikku ja „traditsioonilist“ materjali koos, et parandada materjali akustilisi omadusi. Üheks näiteks saab tuua kookoskiud, mis on kombineeritud vahtmaterjaliga, mille akustilised omadused on välja toodud tabelis 2.4.

Tabel 2.4 Kombineeritud kookoskiu ja vahtmaterjali akustilised omadused [47]

Kombineeritud materjal	Paksus (mm)	Maksimaalne neeldumistegur $\alpha$	Maksimaalsele neeldumistegurile vastav sagedus (Hz)	Sagedusevahemik, kui neeldumistegur on suurem kui 0,7 (Hz)
Kookoskiud	40	0,74	1700	1500...1925
Vaht + kookoskiud	3 + 40	0,91	1480	1025...2125
Kookoskiud + vaht	40 + 3	0,78	1660	1400...1950
Vaht + kookoskiud + vaht	3 + 40 + 3	0,93	1400	950...2100

Komposiitmaterjalides on looduslikud kiud keemiliselt ühendatud polümeerse sideainega, kuid looduslike kiudude osakaal on kõrge. Puitplastkomposiitmaterjali puhul on segatud näiteks puuvill või kenaf termoreaktiivi või termoplastiga. Termoreaktiiviks võib olla näiteks vaik ja polüuretaan, mida ei saa pärast uuesti sulatada. Termoplaste on võimalik korduvalt sulatada ja uuesti kasutada. [47] Polüuretaanvaht on kõige mitmekülgsem ja tähtsam termoreaktiiv, millel on väga head mehaanilised ja akustilised omadused [61]. Komposiitmaterjale on võimalik teha selliseid, mis on väga õhukesed, kuid väga heade akustiliste omadustega. Näiteks projekt *NOISEFREETEX* arendab uuenduslikke materjale, milles on kasutatud erinevaid ümbertöödeldud tekstiili- ja plastitööstuse jääke. Üks nende arendatud materjal koosneb 64% villast, 16% akrüülist ja 20% polüestrist, mille paksus on 6 cm. Teine materjal koosneb 35% puuvillast, 35% kahekomponendilisest sideainest ja 30% põhust, mille paksus on kõigest 3 cm. Kusjuures mõlemal materjalil on helineeldetegur 500 Hz juures 0,6 ning 1000 Hz sagedusel 1. [62]

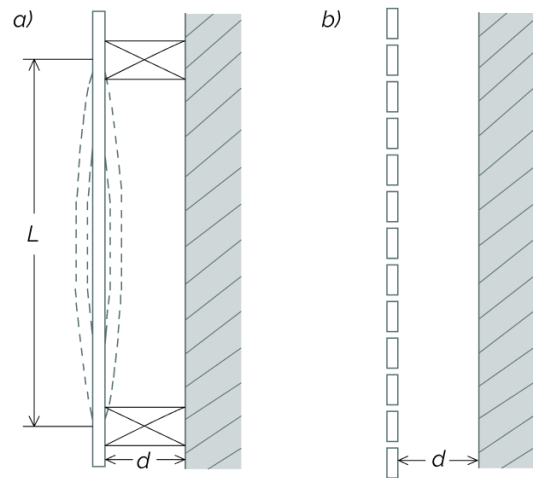
Mõned näited Ecoinvent baasil heliisolatsioonimaterjalide keskkonnamõju materjali elutsükli jooksul on toodud tabelis 2.5. Nagu tabelist näha, on kõige väiksem keskkonnamõju tselluloosil, linal ja lambavillal. [56] Samuti näeb tabelist, et looduslikel materjalidel ei ole alati kõige väiksem energiakulu, kuid sünteetilistel plastikkiududel on see üldiselt üle 100 MJ/kg [47].

Tabel 2.5 Naturaalsete (1..5) ja traditsiooniliste (6..9) akustiliste materjalide keskkonnamõju [56]

Jrk	Materjal	Tihedus (kg/m <sup>3</sup> )	Mittetaastuv energia (MJ/kg)	Globaalse soojenemise potentsiaal (kg CO <sub>2</sub> ekv)	Hapestumise potentsiaal (kg SO <sub>2</sub> ekv)
1	Looduslik kautšuk	6,4	40	2,4	0,0086
2	Kookoskiud	50	42	0	0,0250
3	Linakiud	25	4,4	0	0
4	Lambavill	30	12,3	-0,3	0,0046
5	Tselluloosikiud	35..70	4,2	0,2	0,0025
6	Vahtpolüstüreen	30	95	2,3	0,0201
7	Vahtklaas ( <i>foam glass</i> )	130	67	3,7	0,0229
8	Klaaskiud	34	43	2,1	0,0155
9	Mineraalvill	50..60	17	1,2	0,0052

### 2.3.6 Resonaarivad helisummutid

Resoneerivad helineeldurid on membraanid, plaadid või Helmholtzi resonaatori sarnase konstruktsiooniga (perforeeritud) helisummutid [27] [32]. Membraan on õhuke elastne vahesein, mis on äärtest pingutatud ja saab vabalt võnkuda. Plaat on elastne vahesein, mis on kinnitatud servadest raamile ja mis paikneb seinast eemal kaugusel  $d$  (vt joonis 2.9) [27]. Jooniselt 2.9a on kujutatud membraaniga helisummuti ning 2.9b on perforeeritud plaadiga helisummuti, mida nimetatakse ka Helmholtzi resonaatoriks, kuigi originaalis on Helmholtzi resonaatoril akustilised õõnsused. [9]

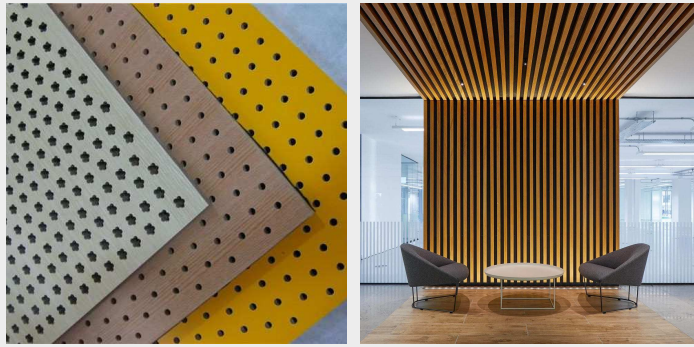


Joonis 2.9 Resoneerivad helineelduri ristlõige: (a) vibreeriva plaadiga; (b) perforeeritud plaadiga [9]

Plaat valmistatakse enamasti puidust, puitlaastplaadist või kipsist. Selleks, et resonator toimiks, peab plaat painduma ja vibreerima ning samuti on oluline materjali valik, sest näiteks metallil on helineeldumine väga madal. Helisummutamise suurendamiseks saab kasutada erinevaid kihte, näiteks poorne materjal paneeli ja seina vahel. [9] Kui ruumis kasutatakse mitut membraani, tehakse nad erisuurused, hajutamaks nende resonantsisagedusi [27]. Resoneerivad neeldurid on kõige efektiivsemad madalatel ja keskmistel resonantsisagedustel. Neid on lihtne kombineerida ning muuta ruum vastavaks soovitud järelkõlakestusele. [9]

Perforeeritud plaadid on kõvast materjalist plaadid, mis on augustatud ning mille helineeldustegur suureneb kõrgetel sagedustel, sest lühemalaineline helilaine läbib augud ja seega peab see neelduma plaadi taga olevas poorses materjalis. Tavaliselt kasutatakse pilusid või ümmargusi avasid. Avad paiknevad kas üksteise all või nihutatuna. Esteetilistel ja ehituskonstruksioonilistel põhjustel on aukude läbimõõt 1...5 mm (vt joonis 2.10 lk 27). Seega on augud märgatavalt väiksemad kui kõige kõrgemad helisageduste lainepikkused. Kindlasti peab arvestama, et aukude läbimõõt ei tohi olla väiksem plaadi paksusest. [27]

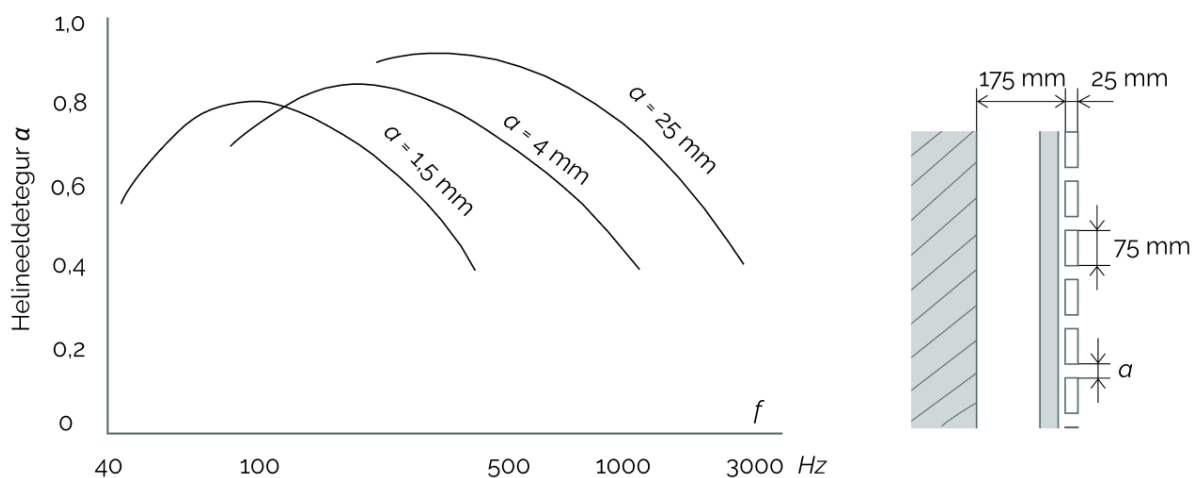




Joonis 2.10 Perforeeritud plaadid [98], lattresonaator [99]

Mikroperforeeritud plaatide taha ei ole vaja poortmaterjali ning materjalina võib kasutada nii metalli kui ka plastikut, mille paksus on väiksem kui 1 mm. Selle eelised on kergus, taaskasutatavus, disaini paindlikkus, hügieenilisus ja puhastatavus. [63] Mikroperforeeritud plaatide tootmine on kulukas, kuid üha enam leitakse võimalusi kulude minimeerimiseks, näiteks laserlõikuse ja 3D printimise. Tihti kasutatakse mitut plaadi kihti, kuid peab arvestama, et õige neeldumise saavutamiseks sõltub 12 parameetrist. [64] Näitena saab tuua 5 mikroperforeeritud plaadi kihtist koosneva helineelduri kogupaksusega 11 cm, mis neelab 90% helist sagedustel 400...2000 Hz [65].

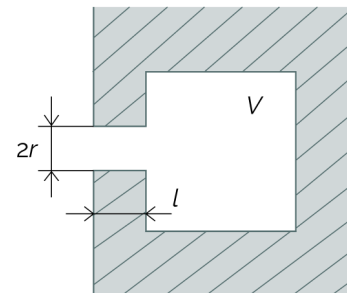
Lattresonaatorid valmistatakse okaspuidulattidest, millest parim on kuusk ning mille paksus on 1,5...2,5 cm ja laius 7...10 cm. Latted kinnitatakse seinale või lakke ning lattide vahele jäetakse pilu 10...20% lattide laiusest. Lisaks jäetakse lattide ja seina vahele õhuvähe, mis osaliselt täidetakse poorse helineeldumaterjaliga, näiteks klaasvatiga. Joonisel 2.11 on toodud erineva resonantsisagedusega lattresonaatorite helineeldumisteguri sõltuvus sagedusest  $f$ . Kasutatud on 25 x 75 mm latte, mis paiknevad seinast 175 mm kaugusel. Õhuvähe on 25 mm klaasvattu vastu latte. Kui klaasvatt asetada vastu seina, peab sama helineeldumisteguri saamiseks kasutama oluliselt paksemat materjalikihti. [27]



Joonis 2.11 Lattresonaatori helineeldumisteguri  $\alpha$  sõltuvus sagedusest  $f$

Lattresonaatorid ja perforeeritud plaadid sobivad neile, kes soovivad resonaatoreid paigutada horisontaalselt või vertikaalselt, neid värvida, lakkida või katta väärisspooniga. [27]

Helmholtzi resonaator koosneb akustilistest õõnsustest (vt joonis 2.12) [27]. Akustilise õõnsuse kuju ei oma erilist tähtsust, olulised parameetrid on õhu mass  $M = \rho_0 l s$  õõnsuse kaelas ja õõnsuse ruumala  $V$ . [9]. Kui õõnsuses ei ole helineeldematerjali, on resonaatori neeldumisvõime suur. Peab arvestama, et selline resonaator summutab hästi vaid oma resonantsisagedusel. [27] Näiteks kui resonaatori sagedus on 100 Hz, mis vastab 3,43 m lainepikkusele ja resonaatori maht on 1 liiter, on maksimaalne neeldumisala 1,87 m<sup>2</sup>. Sellisel juhul on resonaator pool helist võimeline neelama 99,9...100,1 Hz sageduse juures. [9]



Joonis 2.12 Helmholtzi resonaatori lõige [27]

Üha enam otsitakse võimalusi, kuidas resonantsisageduse piirkonda suurendada, näiteks kuidas mõjutab seda õõnsuse kaela pikkus ja kuju ning õõnsuse sisse lisatud õhuke membraan [66]. Kõige lihtsam võimalus resonantsipiirkonna laiendamiseks on õõnsuste täitmine poorse materjaliga, kuid selle tulemusena väheneb ka neeldumisvõime. Samuti on oluline poorse materjali valik, sest poorid võivad ummistuda tolmu tõttu. Teine võimalus on kombineerida erineva neeldumisega resonaatoreid, kuid sel juhul on keeruline saavutada soovitud tulemust, sest see nõuab akustilisi teadmisi ja kogemust. [67] Helmholtzi resonaatori näidetena saab igapäevaelust tuua lambikuplid, muusikalised instrumendid, pudelid ja vaasid [9].

## 2.4 Müra normtasemed ja mürataseme mõõtmise meetodid

Selleks, et avatud kontorit ümber disainida, on oluline teada, millised on müra normtasemed avatud plaaniga tööruumides ning kuidas mürataset mõõta.

Liiklusest, st auto-, raudtee- ja lennuliiklusest ning veesõidukite liiklusest põhjustatud müra normtasemed büroo- ja haldushoonete vaikust nõudvates ruumides on välja toodud tabelis 2.6 lk 29. Müra piirtasemed on antud A-korrigeeritud ekvivalentsete helirõhutasemetena ( $L_{pA,eq,T}$ ). Lisaks on võimalus kasutada müra spektri ligikaudseks hindamiseks C-korrigeeritud helirõhutasemeid või täpsemaid hinnangumeetodeid. [68]

Tabel 2.6 Liiklusest põhjustatud müra normtasemed büroo- ja haldushoonetes [68]

Büroo- ja haldushoone	Päeval/öösel	$L_{pA,eq,T}$ (dB)
Nõupidamisruumides, töökabinettides, lugemissaalides, õppeklassides ja nendega võrdsustatud ruumides	päeval	40
Avatud plaanilahendusega tööruumides, näituseruumides	päeval	45

Tehnoseadmed on hoonete tehnikommunikatsioonid, st vee-, kanalisatsiooni-, kütte-, ventilatsiooni- ja jahutusadmed ning liftid, ning sama hoone või läheduses asuvate hoonete müratekitavad seadmed. Tehnoseadmete poolt tekitatud müra piirtasemed büroo- ja haldushoonetes on antud maksimaalsete helirõhutasemetena ( $L_{pA,max}$ ) tabelis 2.7. Büroo- ja haldushoonetes on müra normtasemed  $L_{pA,max}$  kehtestatud kindlas asukohas püsivale või muutuvale müraallikale. Tehnikommunikatsioonidest põhjustatud müra normtasemed kehtestatakse vastavalt ruumi kasutamise otstarbele. [68]

Tabel 2.7 Tehnoseadmete poolt tekitatud müra piirtasemed büroo- ja haldushoonetes [68]

Büroo- ja haldushoone	$L_{pA,max}$ (dB)
Nõupidamisruumides, töökabinettides, lugemissaalides, õppeklassides ja nendega võrdsustatud ruumides	35
Avatud plaanilahendusega tööruumides, näituseruumides	40

Olmemüra on inimtegevusest põhjustatud müra, mis on ehitistes vastuvõetav, kui hoone vastab projekteerimismääruste eelnõu EPN 16.1 „Ehitiste heliisolatsiooninõuded. Kaitse müra eest“ (1999) nõuetele. Helirõhutaseme  $L_{pA,max}$  müraallikaga ruumis ei tohi ületada 80 dB. [68]

Määruse § 10 toob välja müra mõõtmise ja hindamise meetodid, mis peavad olema vastavuses standarditega:

- Helirõhutaseme mõõtmisseadmed: EVS-EN 61672, EVS-EN 60942, *Electroacoustics – Sound calibrators* ning EVS-EN 61260.
- Helirõhutasemete mõõtmine täpsusklassi 1 seadmega: EVS-EN 61672-1. Täpsusklassi 2 seadmeid kasutatakse müraolukorra ligikaudseks hindamiseks.
- Kalibreerimine – helirõhutaseme mõõtmisseadmed peavad olema kalibreeritud iga kahe aasta järel, akustiline kalibraator kord aastas: EVS-EN 60942.
- Liiklusemüra – mõõdetakse minimaalselt ühe tunni jooksul päeval (7.00...19.00), öhtusel (19.00...23.00) ja öisel (23.00...7.00) ajal: EVS-ISO 1996-2.

- Üksikud mürasündmused: EVS-ISO 1996-2.
- Tööstusettevõtete tootmisprotsessist põhjustatud müra: EVS-ISO 1996-2.
- Tööstusettevõtete statsionaarsed müraallikad: EVS-ISO 1996-1 ja EVS-ISO 1996-2.
- Tehnoseadmete müra: EVS-EN ISO 16032: *Acoustics – Measurement of sound pressure level from service equipment in buildings – Engineering method.* [68]

Üksikute mürasündmuste puhul mõõdetakse üksikute mürasündmuste ekspositsiooni- või ekvivalenttasemed ning arvutatakse summaarne müratase kogu hindamise vältel. Maksimaalse mürataseme määramiseks on vaja vähemalt 5 kõige mürarikkama protsessi mõõtmist. Vastavalt mõõtemeetodile valitakse müra mõõtmise kestus: püsiva taseme puhul vähemalt 3...5 minutit; muutuva tasemega müra puhul minimaalselt 10 minutit, et see hõlmaks müra kõiki iseloomulikke muutusi; katkendliku müra puhul valitakse mõõtmise kestus nii, et on hõlmatud kogu mürale iseloomulik tsükkel. Kindlasti tuleb mõõtmise protokollis ära näidata kasutatud mõõtemeetod ning mõõtetulemused tuleb esitada nii, et need on vastavuses mõõtemeetodis sätestatud nõuetele. [68]

## 3 Analüüs

Analüüsi eesmärk on saada struktureeritud sisend digiplatvormi loomiseks. Analüüsi peatükis uuritakse ja analüüsitakse erinevaid Eestis kättesaadavaid akustilisi lahendusi ning teostatakse toodete kategoriseerimine. Helisummutavate toodete analüüs on sisendiks prototüübi loomisel ja küsitluse koostamisel. Küsitluse eesmärk on välja selgitada sisearhitektide vajadused loodavale platvormile. Vajaduste väljaselgitamiseks kasutatakse kvantitatiivse meetodina küsitlust ning kvalitatiivse meetodina intervjuud nii akustiku kui ka sisearhitektiga. Lisaks analüüsitakse küsitluse ja intervjuu tulemusi ning võrreldakse analüüsitud toodete kättesaadava info vastavust sisearhitektide vajadustega. Analüüsi tulemusena kirjeldatakse nõuded loodavale prototüübile.

### 3.1 Helineelavad tooted ja nende klassifikatsioon

Eesti üks suurim akustiliste lahenduste edasimüüja on Elke Mööbel, mis jagab kodulehel akustilised tooted järgnevasse kategooriatesse: seinapaneelid, lauapaneelid, ripp-paneelid, ruumijagajad ja akustilised kabiinid. [69] Lisaks Elke Mööblile analüüsitakse magistritöös kontorimööbli tootjate Standardi ja Thulema valikus olevaid tooteid. Standard kategoriseerib akustilised tooted järgnevalt: akustilised kabiinid, akustilised valgustid, paneelid ja aksessuaarid, sirmid ja vaheseinad. Standardil on enamik tooteid omatooded. [70] Thulema kodulehel ei ole akustilisi tooteid eraldi kategooriatesse jaotatud. Tootevalikust leiab enamasti seinapaneelid, sirmid ja ruumijagajad. Thulema tootevalikus hõlmab 90% kõikidest toodetest Zilenzio tooted. [71]

Helisummutavad tooted saab jagada paneelideks, pehmeks mööbluks, akustilisteks valgustiteks ja kabiinideks. Seinapaneelid on paneelidest kõige levinumad ning nende valik on kõige mitmekesisem, mistõttu käsitletakse seinapaneeli eraldi kategooriana. Lauapaneelid ja ruumijagajad on koondatud analüüsimiseks ühte kategooriasse, sest mitmeid tooteid on võimalik paigutada mõlemasse kategooriatesse ning piirid kategooriate vahel on ebaselged. Samuti on akustikute jaoks eraldi sein- ja laepaneelide kategooria. Pehme mööbel ja valgustid ei ole antud magistritöös fookuses (selle jaoks on vaja eraldi uuringut).

Magistritöös on helisummutavad tooted jaotatud järgnevatesse kategooriatesse: seinapaneelid, lauapaneelid ja ruumijagajad, akustilised kabiinid ning paneelid seintele ja lakke. Järgnevalt on kirjeldatud erinevate Eestis kättesaadavate toodete info olemasolu ning leidmise lihtsust nii edasimüüja kui ka tootja kodulehel.

### 3.1.1 Seinapaneelid

Elke Mööbli seinapaneelide valikus on 9 tootja paneelid, millest enim leiab Abstracta, Johanson ja Offeccti tooteid (vt joonis 3.1). Abstracta *Aircone*'i ja teiste paneelide kohta on võimalus ingliskeelne tooteleht alla laadida, kust leiab enamasti toote disaineri, mõõdud, kinnitusviisi ja värvitooni valiku. Akustiliste omaduste info puudub. Selle leidmiseks peab minema tootja kodulehele, kuid link sellele puudub. [69] Abstracta paneeli *Aircone* kohta leiab lisaks tootekirjeldusele paigaldusjuhise ja lingi Dropboxi, kust leiab kõikide toodete testid ja sertifikaadid. Samuti on olemas graafik helineeldeteguri sõltuvusest sagedusest. Lisaks on eraldi failis hooldusjuhised, standarditele vastavus, keskkonnamõju ja materjali kiuline sisaldus. [72]

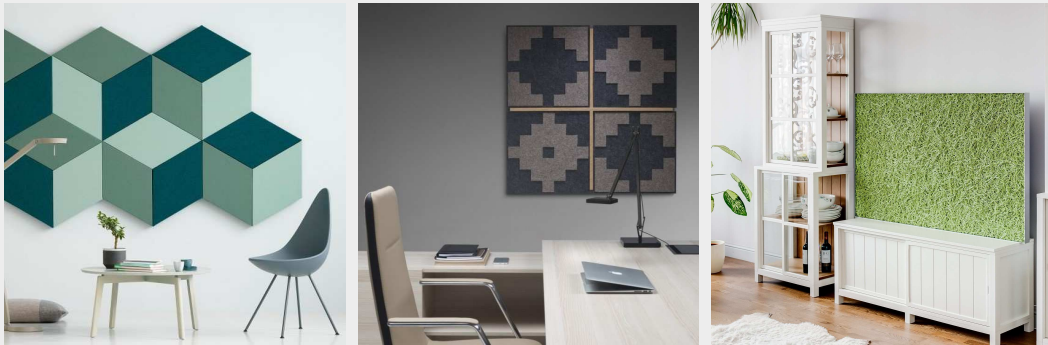


Joonis 3.1 Abstracta *Aircone* [72], Johanson *Beehive* [73], Offecct *Soundwave® Botanic* [74] paneelid

Johanson paneeli *Beehive*'i kohta leiab tooteinfost allalaaditavad failid (tootekirjeldus, tulekindluse sertifikaat ja paigaldusjuhised), materjalid ja mõõdud. Tooteinfolehel on olemas toote joonis, mõõdud, materjal, kinnitusviis, akustilised omadused eri sagedustel, helineeldeklass ning tulekindlust määrav standard. [73]

Offeccti paneeli *Soundwave® Botanic* kohta leiab esimesena tootekirjelduse ja 3 keskkonnamärgist. Tooteinfost leiab tehnilise informatsiooni (müra sagedusevahemik, materjal, värvivalik ja mõõdud), materjali valiku ja allalaaditavad failid (paigaldusjuhised, hooldusinfo, tootekirjeldus, helineeldetegur, materjali täpne koostis ja ökoloogilise jalajälje info). [74]

Thulema valikust leiduva paneeli Zilenzio *Fazett* (vt joonis 3.2) kohta on antud rohkem informatsiooni kui Elke Mööbli kodulehel olevatel toodetel. Ära on toodud kirjeldus: eri mustrivõimalused ja info, et tagakülj koosneb perforeeritud MDFist ja täiteks on mineraalvill ning see on kaetud tekstiiliga. Samuti on antud mõõdud ja eri kattekanga võimalused. Lisaks leiab toote infolehe (eelnev informatsioon inglise keeles), helineelduvuse raporti ja paigaldusjuhendi. Disainerit ei ole *Fazetti* tootel antud, kuid muu informatsiooni leiab kiiresti ja mugavalt. [71]



Joonis 3.2 Zilenzio *Fazett* [71], *Standard FE* [70], *Okka* [75] seinapaneelid

Standardi seinapaneelide valikust leiab ainult *FE* seinapaneelid, mille kohta leiab toote kirjelduse, disaineri ja viimistluse valiku. Lisaks on võimalik tooteleht alla laadida, kust leiab kogu *FE* tooteperekonna info (mõõdud, kinnitusviisid ja materjalid). Akustiline informatsioon puudub. [70]

*Okka* on Eesti ettevõtte, mis toodab männiokastest akustilisi paneele. Kodulehelt on lihtsasti leitav akustiline informatsioon: helineeldumisteguri sõltuvus sagedustest ning helineeldeklass. Lisaks on öeldud, et tegemist on käsitööga, kasutatud on looduslikke materjale, paneel on tule- ja UV-kindel. Samuti leiab paneeli mõõdud ja värvivaliku. [75]

### 3.1.2 Lauapaneelid ja ruumijagajad

Elke Mööbli lauapaneelide valikust leiab 6 eri tootja lahendused ning enamike toodete tootja on *Abstracta*. Näiteks *Scala* (vt joonis 3.3 lk 34) tootelehel leiab, et tegemist on modulaarse lahendusega, mis sobib seina-, laua- ja ripp-paneeliks. Antud on toote mõõdud, materjal ja värvivalik. [69] *Abstracta* kodulehelt leiab *Scala* kohta tehnilise informatsiooni (joonised ja mõõdud), materjali- ja värvivaliku, toodete pildid ja allalaaditavad failid: tooteinfo brožüür, kus on olemas helineeldumisteguri graafik; paigaldusjuhend; ning link Dropboxi, kust leiab emissiooni katse raporti, mehaanilise vastupidavuse testi raporti, helineeldumisteguri sõltuvuse sagedusest ja materjali kiulise koostise. *Scala* mudelil on tehtud mitu helineeldumisteguri määramise katset, mille juures on oluline märgata helineeldumisteguri ühikut ( $\alpha_S$  on ilma ühikuta ning *Sabin* on antud  $m^2$  kohta, mis teeb sellest toote akustikute jaoks võrreldavaks ning saab arvutada ruumis toote koguse). Dropboxi kaustadest leiab mitmeid eri faile,

millest peab otsima vajaliku informatsiooni. Tootelehel ei ole lühidalt välja toodud katse tulemusi ega sertifikaate, vaid neid peab otsima erinevatest failidest. [76]



Joonis 3.3 Abstracta Scala [76], SA Möbler Snitsa Screen [77] ja Standard FENCE [70] lauapaneelid

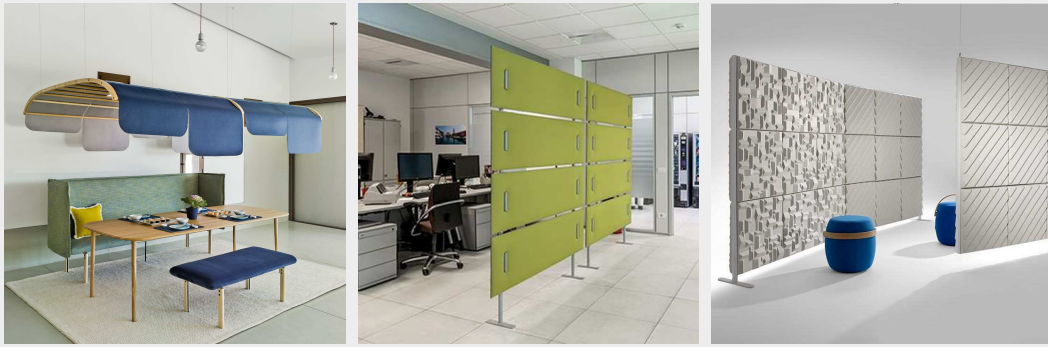
Actiu *Link* sirmide kohta leiab põhjaliku tootelehe, mistõttu ei ole vajadust minna tootja kodulehele. Antud toodet saab klassifitseerida ka ruumieraldajana. Tootekirjeldusest leiab tehnilise kirjelduse, info materjali- ja värvivaliku, paneeli tüüpe ja nende mõõtude kohta, kinnitusviisi, akustika kirjelduse, graafiku helisummutusteguri sõltuvusest sagedusest, paigaldusjuhised ja lisatooded; info jätkusuutlikuse ja ringmajanduse, sertifikaatide ning toote eeliste kohta. Samuti on öeldud, et tagatud on tulekindlus ning paneeli on lihtne puhastada. [69]

SA Möbler *Snitsa Screen* paneelide kohta puudub täiendav informatsioon. [69] SA Möbler kodulehelt leiab *Snitsa* kohta tootelehe, kust leiab toote tutvustuse ja tehnilise info, kus on öeldud, et see sobib nii madala kui ka kõrge sagedusega heli summutamiseks. Graafik ja täpsed helineeldetegurid väärtused puuduvad. Antud on toote mõõdud ja eri kinnituslahendid. Materjali kohta ei ole täpset informatsiooni, kuid on kirjutatud, et kasutatud on MDFi ning pehmet helisummutavat materjali, näiteks mineraalvilla. *Snitsa* tooteperekonnast leiab lisaks lauapaneelile ka vaheseinad. [77]

Standardi valikust leiab *FENCE*, *SOFT* ja *FE* lauasirmid. *FENCE* on Standardi tootearendustiimi poolt välja töötatud lauasirm, mis on valmistatud *FE* tooteperekonna jääkidest. Antud on toote joonis, mõõdud ja viimistlusinfo. Akustiline informatsioon puudub. [70]

Elke Mööbli ruumijagajate kategoorias leidub ripp-paneele, pehmet mööblit, vaheseinu, sirme ja seinapaneele. Enamasti on esindatud Abstracta tooted. Antud kategoorias on samu tooteid, mis on ka teistes kategooriates. Sancal *Tartana* ripp-paneeli (vt joonis 3.4 lk 35) tootelehel leiab toote kirjelduse, mõõdud, materjali, värvivaliku ja joonised, kuid akustiline info puudub. [69] Kodulehelt on võimalik alla laadida põhjalikum tooteleht, kus on olemas disainer, helineeldeteguri graafik ning helineeldeklass. Samuti on võimalus allalaadida dokument, kus on põhjalikult kirjeldatud eri materjale ja nende hooldusviise. Kirjeldused on tiheda tekstiga ning informatsiooni leidmiseks peab aega varuma. [78]





Joonis 3.4 Sancal Tartana ripp-paneel [78], Caimi Brevetti Mitesco [79], Offecct Soundwave® Stand [69] paneelid

Caimi Brevetti paneeli *Mitesco* kohta puudub Elke Mööbli kodulehel informatsioon ning peab suunduma tootja kodulehele. [69] Caimi Brevetti kodulehelt on keeruline vajalikku informatsiooni üles leida. *Mitesco* toote kohta info leidmiseks peab kogu kataloogi alla laadima ning toote omadused on kirjeldatud üldiselt kõigi toodete kohta: materjal, helineeldetegurid eri sagedustel, helineeldeklass, keskkonnasõbralikkus, taaskasutatavus, tulekindlus, vastupidavus eri keskkondades, mehaanilised omadused, hügieen ja puhastatavus ning eri sertifikaadid. Mõõtude kohta informatsioon puudub. Rõhutatud on disainile ja disainiauhindadele. Kataloogist näeb, et *Mitesco* tooteperekonda kuuluvad nii sein- ja lauapaneelid kui ka eri kujuga vahesirmid. [79]

Teistest vaheseintest eristub disaini poolest Offeccti vahesein *Soundwave® Stand*, mille tootelehel on välja toodud lühikirjeldus ja eri kombinatsioonid. [69] Offeccti kodulehel puudub antud toode. Leiab hoopis *Soundwave® Stripes* mürasummutaja, millel on võrdväärne välimus *Stand'*iga. Nagu ka Offeccti paneeli *Soundwave® Botanic* infolehel, on ka *Stripes'* kohta toodud välja tootekirjeldus ja 3 keskkonnamärgist ning allapoole kerides leiab värvivaliku ning info, et paneel on mõeldud summutama sagedustel alates 500 Hz. Madalamate sageduste summutamiseks on võimalus kasutada lisaks täitematerjali. Samuti on antud mõõdud ning allalaaditavate failide hulgast leiab tootelehe, paigaldamise juhised, sertifikaadi ning helineeldumisteguri määramise dokumendid. [80]

Pehme mööbli näitena saab tuua SA Möbler *Actiwall Sofa*, mille kohta puudub tooteleht. [69] Tootja kodulehelt leiab tootelehe, kus on välja toodud disainer, tootekirjeldus, tehniline informatsioon (materjalid, mõõdud, paigaldusjuhised, helinneelava materjali valik), seksioonid, viimistlusmaterjalid ja aksessuaarid. Täpne informatsioon akustiliste omaduste kohta puudub. [81]

Eelnevalt analüüsitud paneelide kohta leitav info on koondatud tabelisse 3.2 peatükis 3.4.

### 3.1.3 Akustilised kabiinid

Lisaks akustilistele paneelidele kasutatakse üha enam avatud kontorites akustilisi kabiine. [46] Elke Mööbli akustiliste kabiinide kategooriast leiab Abstracta, Framery ja Smartblock tooted. Lisaks „klassikalistele“ kabiinidele on tootevalikus seinale paigutatav riiul ja seinakabiin (*wall booth*). Framery 2Q akustilise kabiini (vt joonis 3.5) tootelehel leiab toote kirjelduse, mõõdud, info valikuvõimaluste (*Standard, Lounge*), materjalide, massi, õhuliikuvuse, elektritarbivuse, sisu valiku, akustika (täpset infot ei jagata mittevõrreldavuse tõttu), materjali ohutuse, tulekindluse, jätkusuutlikkuse ja sertifikaatide kohta. [69] Samuti on antud standarditele vastavuse info, paigaldusjuhised ja puhastamise infoleht. Framery keskendub jätkusuutlikule tootmisele ning selle kohta leiab 6 märgist ning põhjaliku raporti. [82]



Joonis 3.5 Framery 2Q [82], Smartblock FA/HA [83], Abstracta Plenty Pod [84] kabiinid

Smartblock FA/HA avatud kabiini tootelehel on oluliselt vähem informatsiooni: üldkirjeldus, 3 lahenduse varustus, mõõdud ja mass. [69] Smartblock kodulehel on võimalus valida kabiin ühe, kahe või kolme kuni viie inimese jaoks ning valida kabiini värvitoon. Tootelehel märkab kohe infot, et kasutatud on mitteärritavaid ja kemikaalivabu materjale, rattaid lihtsasti liigutamiseks, tagatud on piisav privaatsus ning lisaks leiab detailse informatsiooni: mõõdud ja mass, materjalid ja värvivalik, tehniline varustus, tulekindlus, sertifikaadid ja garantii. Akustiline info puudub. [83]

Abstracta Plenty Pod kabiini tootelehel leiab tootekirjelduse, alates 17ndast leheküljest on detailsem informatsioon kabiinide kohta: eri suurused ja nende mõõdud, võimalus ise kujundada sobiv kabiin (suurus, põranda olemasolu, värvivõimalus, seinad, uks, vaipkate). Järgmisel lehel on öeldud, et ventilatsioon, valgustus ja elektrilahendus on hoolikalt välja arendatud. Viimastelt lehtedelt leiab värvivaliku ja aksessuaarid ning lõpus on tutvustatud neeldumise mõisteid ja öeldud, et kabiin summutab 36 dB heli (tavaline sein 35 dB). Lisaks on välja toodud standarditele vastavus ja mainitud, et kasutatud on taaskasutatud materjale, mille summutusefekt on 50%. [69] Abstracta kodulehel leiab lisaks tutvustava video, põhjalikud kokkupanemise juhised ning testid ja sertifikaadid, mis suunab samasse Dropboxi kausta, kus on ka kõik teised Abstracta tooted. Plenty Pod'i kohta leiab põhjaliku

akustilise analüüsi dokumendi, kus on olemas täpsed mõõtmistulemused ja -meetodid. Lisaks on olemas info ventilatsiooni kohta. [84]

Standardi akustiliste kabiinide kategooriast leiab *@OFFICE meeting* ja *Silen SPACE* kabiinid (vt joonis 3.6). *@OFFICE meeting* on Standardi loodud toode, mille kohta leiab tootekirjelduse, disaineri, joonised ja mõõdud ning viimistluse valiku. Lisaks on kirjeldatud lisavarustus. Akustiline informatsioon puudub. [70]



Joonis 3.6 Standard *@OFFICE meeting* [70], *Silen SPACE* kabiin [85]

*Silen SPACE* kabiini kohta leiab rohkem informatsiooni: toote kirjeldus, mõõdud (võimalus kujundada omale sobivaim kabiin) ja tehnilised omadused. Võimalus on allalaadida tooteleht, kust leiab lisaks massi ning informatsiooni ukse, profiilide, klaasi, seinte, laua ja põranda kohta. Samuti on öeldud, et kabiinid on modulaarsed, ratastel, helikindlad, kasutatud on akustilisi paneele, õhuliikuvus on automaatne, olemas on LED-süsteem ja pistikupesad ning võimalus on äpi kaudu sisekliimat kujundada. Täpne akustiline informatsioon puudub. [70] Sileni kodulehelt leiab täpsema tehnilise informatsiooni, kus on kirjas materjalide helikindlus. Samuti leiab dokumendid, kus on kirjeldatud Sileni keskkonnapoliitikat ja puhastamisviise. [85]

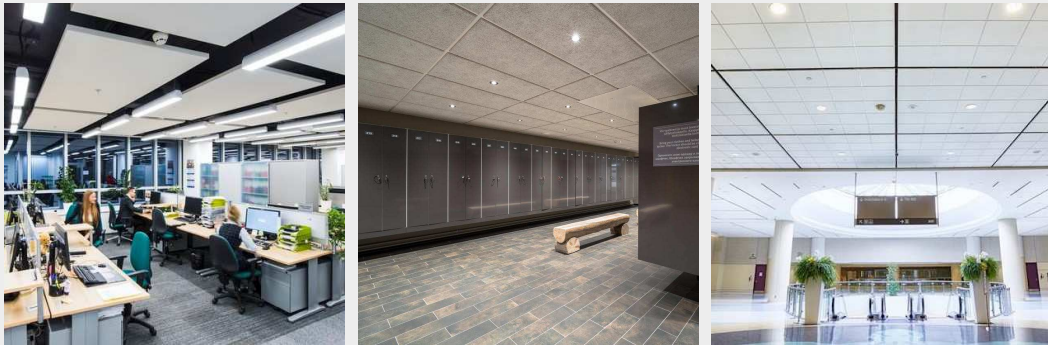
Eelnevalt analüüsitud akustiliste kabiinide kohta leitav info on koondatud tabelisse 3.3 peatükis 3.4.

#### 3.1.4 Paneelid seintele ja lakke

Antud kategooria sisaldab paneele, mida ei kasutata üldjuhul eraldiseisvana, vaid tellitakse vastavalt ruumile ning kaetakse terve sein või lagi. Järgnevate tootjate tooted on Eestis lihtsasti kättesaadavad ning akustikute seas sagedasti kasutatavad paneelid.

Eestis tegutseva ettevõtte Saint-Gobain Ehitustooted AS kaubamärk Ecophon tegeleb akustiliste lagede ja seinapaneelide tootmise ja müümisega. Samuti jagavad nad olulist infot, kuidas muuta nii kooli- kui ka töökeskkond akustiliselt mugavaks. Ecophoni tootevalikust leiab akustilised moodullaed, seinapaneelid, rippelemendid ja valgustuse. *Ecophon Solo™ Square* (vt joonis 3.7) tooteinfost leiab toote ülevaate (mõõdud, mass, materjal), pinnad ja värvid (poorid, puhastatavus), akustika

(helineeldumisteguri sõltuvus sagedusest), paigaldusjuhised ja tehnilised andmed (sertifikaat/märgis, ökoloogiline jalajälg, ringmajandus, tulekindlus, niiskuskindlus, valguspeegeldus, puhastatavus, avatavus, paigaldus, mehaanilised omadused, CE-märgis). Sama info on leitav ka teiste toodete puhul, kuid näiteks ökoloogilise jalajälje kohta puudub mõnel tootel info. Valgustuse *Ecophon Square 43™* tooteinfost leiab ülevaate, paigalduskeemi ja tehnilised andmed (valgusti valgusjaotuskõver, elektrilised andmed, ühendus, elektrilised heakskiidud (CE), valguspeegeldus, puhastamine, avatavus ja paigaldus). [86]



*Joonis 3.7 Ecophon Solo™ Square [86], CEWOOD [87], Rockfon® Koral™ [88] laepaneel*

CEWOOD on Läti ettevõtte, mis toodab puiduvillast akustilisi plaate. Puiduvillas on ühendatud puidukiud tsemendiga. Akustiliste paneelide tooteinfost leiab tabeli kujul puidukiud ja paneeli paksuse ning mõõdud, massi, kasutatud tsemendi liigi, kuumakindluse, tuleohutusklassi ja värvitoonid. Selleks, et saada akustilist infot, on vaja minna „Allalaadimine“ vahelehele, kust saab tehnilise spetsifikatsiooni (kasutusvaldkond, mõõdud, kaal, tihedus, kuumakindlus, paindetugevus, kloriidi sisaldus, tulekindlus) kõigi toodete kohta, ning akustika jaoks on eraldi fail, kust leiab toodete helisummutustegurid eri sagedustel ning helisummutusklassi. Samuti leiab eri kinnitusvõimalused ja puhastamisviisi. [87]

Rockfon on Põhja-Ameerika ettevõtte, mis toodab akustilisi kivivillast laeplaate. Tootevalikust leiab plaadid ja paneelid, lisaks metallist profiilid ja paneelid ning puidust paneelid. Puidust paneelide tooteinfo on võimalik kohe alla laadida. Tooteinfost leiab kõikide paneelide spetsifikatsioonitabeli, kus on joonis, puiduliik, mõõdud, perforeeritus, tulepüsivusklass, kemikaalide sisaldus, mass ja toodete arv pakis. Lisaks on lõpus välja toodud keskkonnasõbralikkus, puhastatavus ja jätkusuutlikkus. Helineeldeteguri kohta info puudub. Samuti ei ole täpselt märgitud, milline on perforeerituse tase. Kivivillast laeplaatide valik on mitmekesine. Jällegi on võimalus tooteinfo kohe alla laadida. Rockfon® *Koral™* tooteinfost leiab toote ülevaate (helineeldumistegur, tulekindlus, valguspeegeldus ja sobilikud ruumid), toote spetsifikatsiooni (liigendusklass, tulekindlus, valguspeegeldus, niiskuskindlus, puhastatavus, hügieen, kemikaalid, keskkonnamõju, kuumakindlus, materjal, standardi

klassifikatsioon ja garantii), värvitoonid ning erinevad kinnitusvõimalused. Lisaks on kättesaadavad dokumendid standarditele vastavuse ja tootja kohta. [88]

IWS (Indoor Wood Solutions) toodab Eestis täispuidust ripplagesid ja seinapaneele, mida on kasutatud ka Eesti Kunstiakadeemia interjööris. *Linear* seinapaneelidel on head tulepüsivus- ja akustilised omadused, kuid selle kohta ei leia täpsemat informatsiooni. Lisainfot on võimalik tootjalt otse küsida. [89]

Eelnevalt analüüsitud paneelide kohta leitav info on koondatud tabelisse 3.2 peatükis 3.4.

#### Kokkuvõtte akustiliste toodete leidmisest

Üldiselt on tootjad andnud kõigil oma toodetel samaväärse info, kuid tootjatel erineb info oluliselt. On veebilehti, kust on info lihtsasti leitav ning olemas on väga põhjalik informatsioon (Abstracta), ning on ka neid lehekülgi, kust on keeruline leida vajalikku informatsiooni või see hoopis puudub (SA Möbler, Standard). Caimi Brevetti veebilehelt on võimalik leida põhjalik informatsioon, kuid selle leidmine on aeganõudev. Enamasti leiab kõigi toodete kohta kirjelduse, disaineri ja materjali. Info helineeldeteguri väärtuse ning helineeldeklassi kohta puudub mitmel tootel, kuigi need on põhilised akustilised näitajad.

Edasimüüjad eelistavad enamasti kindlaid brände ning selleks, et saada ülevaade turul olevatest toodetest, on vaja uurida nii edasimüüjate veebilehti kui ka ise aktiivselt eri lahendusi otsida. Tihti peab suunduma tootja kodulehele, et vajalik informatsioon leida. Põhjaliku informatsiooniga tootja tundub usaldusväärsem, nad rõhuvad rohkem keskkonnasõbralikkusele ja jätkusuutlikkusele ning tihti on ka antud täpne materjali kiuline koostis ja teostatud on akustikute jaoks vajalik helineeldeteguri katse (ühik on *Sabin*).

## 3.2 Intervjuu tulemused

Autor viis läbi pool-struktureeritud intervjuu kirjaliku vestluse kaudu Kajaja Acoustics konsultant Margit Erraparti ja Arhitekt11 sisearhitekti Kaur Käärnaga. Kirjalik intervjuu on valitud uuringu ajal Eestis valitsenud eriolukorra tõttu. Seetõttu ei saanud analüüsida intervjuueeritava kehakeelt ning vastused on rohkem läbimõeldud ning võivad olla seetõttu kallutatud. Intervjuude käigus sooviti saada ülevaade avatud kontori ruumiakustika olemusest akustiku ja sisearhitekti vaatest ning helisummutava toote valiku protsessist. Intervjuudest saadi kinnitust teoreetilises osas olevale informatsioonile ja ka uut informatsiooni.

### 3.2.1 Avatud kontori ruumiakustika

Errapartiga tehtud intervjuust selgus, et ehitusakustika on seotud hoonekonstruktsiooni ja heliisolatsiooniga. Ruumiakustika eesmärk on luua ruumis akustiline mugavus, et kõne kostuks näiteks klassiruumis edasi või avatud kontoris oleks kõne piisavalt privaatne, mistõttu on oluline määrata ruumi funktsioon. [90] Seda on kirjeldatud ka antud magistritöö teoreetilises osas: hea ruumiakustika tagab piisavalt selge ja arusaadava kõne, nii et see ei segaks kaastöötajaid. Samuti aitab akustiline mugavus kaasa produktiivse ja rahuldust pakkuva keskkonna loomisele. [2] Akustikalahendused valitakse üldiselt tegevuse, inimeste ja ruumi aspektist. [40] Kõige olulisem ruumiakustikas on tagada üldine järelkõlakestus (avatud kontoris 0,8 s), millega hinnatakse ruumi kõla kvaliteeti. Selle saavutamiseks peavad helineelavad materjalid olema õigesti paigutatud. Näiteks kui valida õige sagedusparameetriga toode ruumi, võib seda koguseliselt vaja minna oluliselt vähem kui mõnda juhuslikult valitud toodet. [90] Lisaks on hea akustikaga ruumis oluline võimalikult ühtlane helitase ning puuduvad akustilised defektid ja liigne müra. [27] Isegi minimaalne mürataseme vähendamine muudab ruumi akustiliselt palju mugavamaks. [9]

Avatud kontori põhiline akustiline probleem on kaja, mida on lihtne parandada kahe risti asetseva seinaga katmisega helisummutava materjaliga. Helineelava materjali kogus valitakse ruumi kindlate reeglite alusel ning avatud kontorites paigutatakse tooted üldjuhul kogemuse või katseeksitusmeetodi abil. [90] Seega sai kinnitust praktilise kogemuse olulisus helineelava lahenduse valikul. Võimalus on abivahendina kasutada lõplike elementide analüüsi põhise tarkvara, kuid selle jaoks peavad olema piisavad teadmised, et olemasolev ruum ja müraallikad modelleerida [31]. Kajajas ei kasutata hetkel sellist programmi, kuna see on ajakulukas ning seetõttu on tellijal kulud suuremad. Piisavalt efektiivselt töötab järgnev protsess: esmalt arvutatakse teoreetiliselt materjali helineeldetegur eri sagedustel ning siis hakatakse eri materjali kogustega ruumi muutma, et saavutada ühtlane järelkõlakestus kogu sagedusalas. Peab arvestama, et ruumiakustikat hinnatakse subjektiivselt ning inimestel on väga erinev heli tajumine, mistõttu võib mõõtmistulemuste järgi olla ruum akustiliselt sobilik, kuid klient tajub

liigset müra. [90] Ka antud töö teoreetilises osas on välja toodud, et müra ja muude helide vahel ei ole kindlat piiri, sest iga inimene tajub heli erinevalt. [1]

Käärmaga läbiviidud intervjuust selgus, et tihtipeale sisearhitekt ei tunne piisavalt ruumiakustikat ja ei oska valida õiget toodet ruumi ning ei saa täpselt aru, mis andmeid on tootjad esitanud toodete kohta. Samuti ei pöörata avalikes büroodes tähelepanu helineelavatele lahendustele, vaid pigem rajatakse väikseid ruume, mis tagavad vajaliku isolatsiooni. [91]

### 3.2.2 Helineelava toote valiku kriteeriumid

Akustiku ülesanne on tegeleda möbleerimata ruumi akustikaga ning sisearhitekt lahendab sisustusega seotud küsimusi. Üldiselt nõustab akustik sisearhitekthe materjalide omaduste põhjal, näiteks määrab materjali koguse ruumis või soovib materjale. Lõpliku valiku teeb sisearhitekt. Akustikul on küll teadmised ruumist, kuid teda kaasatakse harva otsustusprotsessi. [90]

Tabelis 3.1 on kokkuvõtvalt intervjuude põhjal toodud sisearhitekti ja akustiku helineelava toote valikul olulised kriteeriumid.

Tabel 3.1 Helineelava toote valiku kriteeriumid sisearhitekti ja akustiku näitel [90] [91]

Kriteerium	Sisearhitekt	Akustik
Toote otsimine	Ecophon ja mööblikataloogi tootjad	Ecophon ja muud kergesti kättesaadavad materjalid/tooted
Otsuse langetamine	Disaini põhjal	Helineeldeteguri põhjal
Vajalik lisainfo	Funktsionaalsus ja hind	Helineeldeklass, laboritulemused ja katsemeetodid, täpsusklass, materjali kaugus seinast/laest, löögikindlus, kinnitusviisid
Muu	Lihtne ja arusaadav info tootelehel Asjatundja abi toote valikul tootjalt	Kliendi soovidega arvestamine

Nagu tabelist 3.1 on näha, erinevad akustiku ja sisearhitekti soovid märkimisväärselt. Sisearhitekti jaoks on kõige olulisem disain, mille põhjal ta teeb otsuse. Parameetritest on kõige olulisemad funktsionaalsus ja hind. Intervjuust selgus, et jätkusuutlikkus ja materjalide ohutus ei ole nii oluline, kuna eeldatakse, et turul olev toode on piisavalt ohutu. [91]

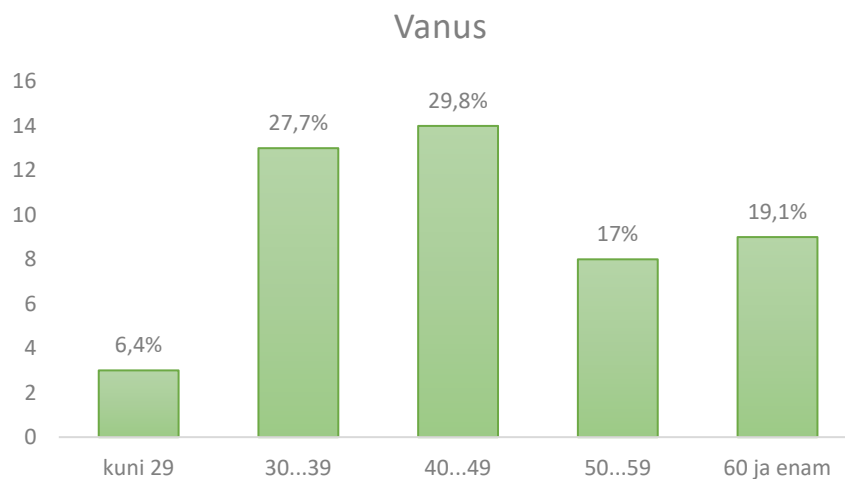
Akustik valib lihtsasti kättesaadavad materjalid ja tooted, mille põhikriteerium on helineeldetegur. Lisaks on oluline helineeldeklass, laboritulemused ja katsemeetodid, täpsusklass, materjali kaugus konstruktsioonist, löögikindlus (eriti oluline spordisaalide puhul) ja kinnitusviis. Akustik valib toote kliendi soovide järgi ehk kui on soovitud võimalikult keskkonnasõbralikku või jätkusuutlikku toodet, siis akustik pakub vastavalt kriteeriumitele toote. [90]



Nii sisearhitekt kui ka akustik valib toote põhiliselt Ecophoni tootevaliku seast, millel on olemas ka hinnakataloog, kust leiab materjalide hinnad m<sup>2</sup> kohta. Lisaks otsib sisearhitekt lahendusi kataloogimööbli tootjatelt. Sisearhitekti jaoks on oluline võimalikult lihtne tootekirjeldus, mida on täiendatud selgitavate illustatsioonidega akustika osas. Liigne info ei ole vajalik, vaid on oluline, et asjatundja teeb kriteeriumite järgi sobiva valiku. [91] Errapart tõi välja, et suurematel helisummutavate toodete tootjatel on oma meeskond, kes tegeleb ruumiakustika analüüsiga, mistõttu ei ole vaja eraldi akustikut protsessi kaasata [90]. Seega on Käärma poolt välja toodud probleemile lahendus olemas, kuid see ei ole veel nii laialt levinud.

### 3.3 Küsitluse tulemused ja analüüs

Magistritöö raames viidi vahemikus 22.04...28.04.2020 läbi sisearhitektidele suunatud küsitlus, mis koostati Google Forms'i keskkonnas ning mis saadeti kõigile Eesti Sisearhitekti Liidu liikmetele meili kaudu. Uuringus osales 47 sisearhitekti vanuses 28 kuni 82 aastat. 32% vastanutest olid mehed ning 68% naised. Nagu diagrammilt (joonis 3.8) on näha, oli kuni 29aastaseid vastajaid 6,4%, 30...39aastaseid 27,7%, 40...49aastaseid 29,8%, 50...59aastaseid 17% ning 60 ja enam aastaseid osalejaid 19,1%.



Joonis 3.8 Küsitluses osalenute jaotumine eri vanusegruppidesse

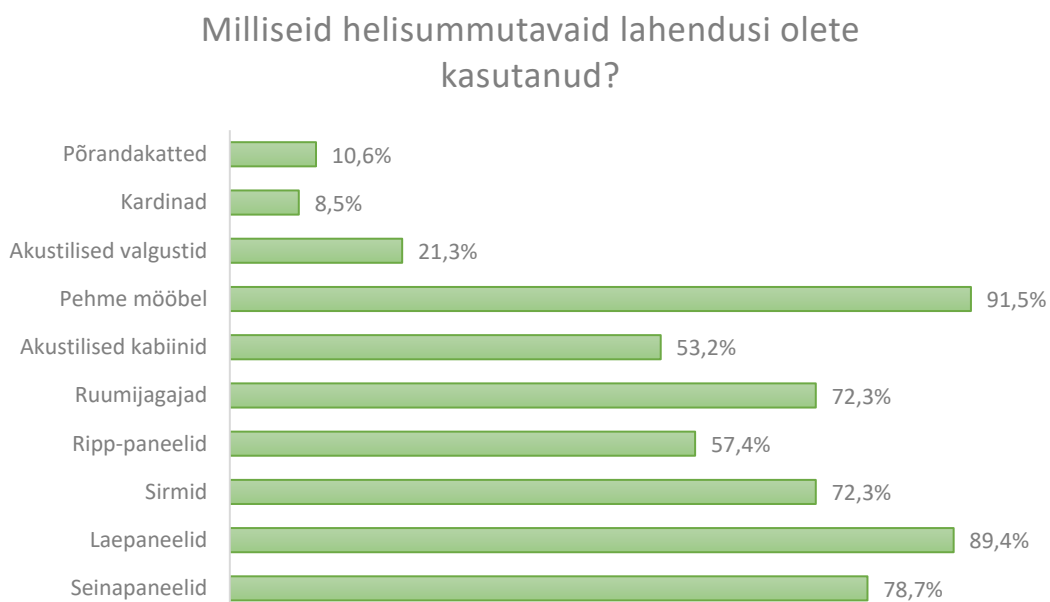


Uuringu põhieesmärk oli välja selgitada parameetrid, mille alusel langetavad sisearhitektid otsuse, millist helineelavat lahendust nad projektis kasutavad. Samuti sooviti teada, milline informatsioon peab kindlasti toote infolehel olema ning kas ja kuidas võrreldakse akustilisi lahendusi. Lisaks olid üldised küsimused helisummutavate lahenduste ja ruumiakustika kohta, et paremini aru saada, miks alati ei anna akustilised lahendused soovitud tulemust. Ankeedi lõpus oli võimalus lisada oma mõtteid antud teema kohta. Täpne küsitluse info on leitav Lisast 1.

### 3.3.1 Helineelavate lahenduste valiku kriteeriumid

Antud magistritöö teooriaosast tuli välja, et avatud kontoris on kõige suuremaks probleemiks müra, eriti suhtlusest tingitud müra. [5] [6] Sellele probleemile saadi kinnitust ka küsitluse tulemustest: 98% vastanutest peab müra avatud kontoris probleemiks. Ainult 1 vastaja meelest ei ole see probleem.

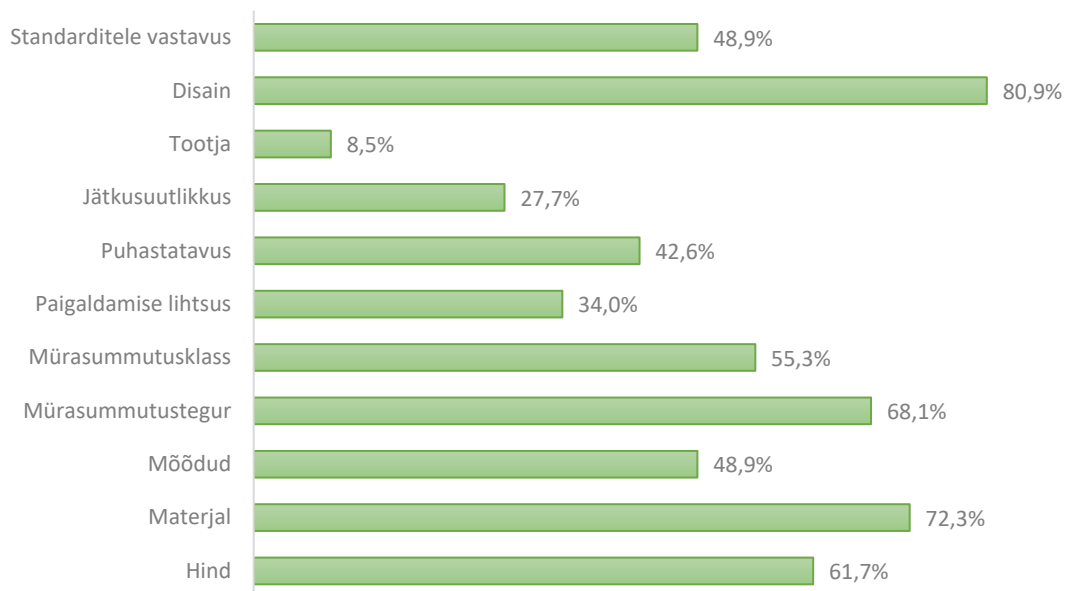
Selleks, et paremini aru saada, millised on kõige enam kasutatavad akustilised lahendused, sooviti teada, milliseid helineelavaid lahendusi on sisearhitektid kasutanud. Selle järgi on võimalus loodavas prototüübis järjestada tooteid ning neid klassifitseerida. Tulemused on näha joonise 3.9 diagrammil. Selgus, et enamasti on kasutatud pehmet mööblit (91,5%), laepaneele (89,4%), seinapaneele (78,7%), sirme (72,3%), ruumijagajaid (72,3%), ripp-paneele (57,4%) ja akustilisi kabiine (53,2%). Akustilisi valgusteid on kasutanud 21,3% vastanutest ning välja toodi lisaks antud vastusevariantidele akustilised kardinad (8,5%) ja põrandakatted (10,6%).



Joonis 3.9 Helisummutvate lahenduste kasutatavus

Järgmiste küsimustega jõuti küsitluse eesmärgini. Esiteks sooviti teada, milliste parameetrite alusel valivad sisearhitektid helisummutavad lahendused (vt joonis 3.10). Selgus, et kõige olulisem on disain (79,8%), millele järgneb materjal (72,3%), helineeldetegur (68,1%) ja hind (61,7%). Samuti on olulised helineeldeklass (55,3%), mõõdud (48,9%), standarditele vastavus (48,9%) ja puhastatavus (42,6%). Vähemolulised on paigaldamise lihtsus (34%), jätkusuutlikkus (27,7%) ja tootja (8,5%). Lisaks toodi välja, et oluline on sisekujundusega sobivus. Küsitluse lõpus on üks vastaja toonud välja, et iga objekt on erinev ja lahendused sõltuvad kujunduskontseptsioonist. Tihti katsetatakse eri toodetega või tehakse vajadusel ise akustilisi elemente.

### Milliste parameetrite alusel valite enamasti helisummutavad lahendused?

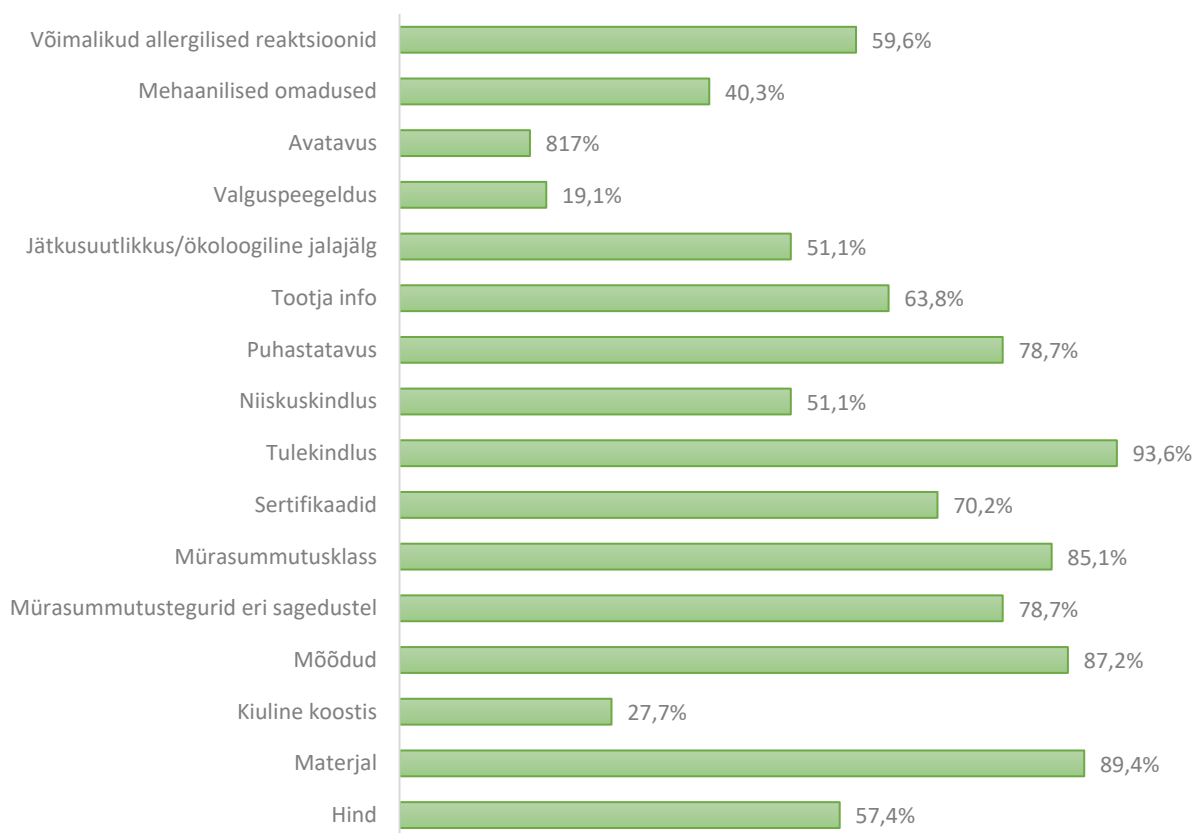


Joonis 3.10 Helisummutava lahenduse valiku parameetrid

Teiseks sooviti teada, millised parameetrid peavad kindlasti helineelava toote infolehel kirjas olema. Ankeedis kasutatud parameetrid valiti helisummutavate paneelide infolehtedelt, et valikus oleks võimalikult palju parameetreid, mida tootjad toodete kirjeldamisel kasutavad. Võimalikke allergilisi reaktsioone ei oldud välja toodud ühelgi tootel, kuid kuna antud teema on üha enam aktuaalne, lisati see valikuvariantidesse. Selleks, et saada kvaliteetset informatsiooni kõigi akustiliste lahenduste kohta, on vaja eraldi nende toodete parameetreid uurida ning teha vastav küsitlus. Antud küsitluses keskenduti paneelidele, kuna nende toodete valik on mitmekesine, tooted on lihtsasti võrreldavad ning leitav on piisava hulga informatsiooni.

Nagu joonise 3.11 diagrammilt on näha, peavad sisearhitektid kõige olulisemaks parameetriks tulekindlust (93,6%), millele järgnevad materjal (89,4%), mõõdud (87,2%), helineeldeklass (85,1%), helineeldegur eri sagedustel (78,7%), puhastatavus (78,7%). Samuti on olulised sertifikaadid (70,2%), tootja info (63,8%), võimalikud allergilised reaktsioonid (59,6%), hind (57,4%), jätkusuutlikkus/ökoloogiline jalajälg (51,1%), niiskuskindlus (51,1%) ja mehaanilised omadused (40,4%). Teistest oluliselt vähem oluline on märkida tootelehele kiuline koostis (27,7%), valguspeegeldus (19,1%) ja avatavus (17%).

### Millised parameetrid peavad kindlasti helisummutava toote infolehel kirjas olema?

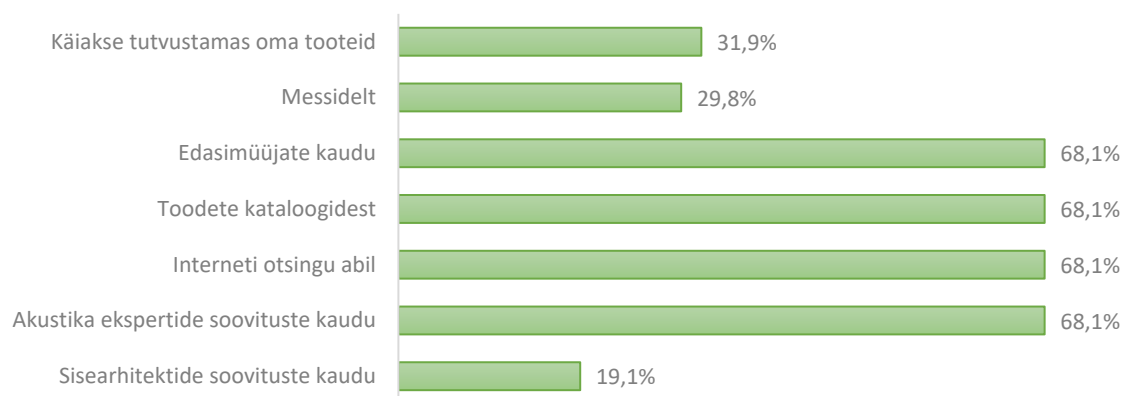


Joonis 3.11 Parameetrite olulisus toote infolehel

### 3.3.2 Helineelava lahenduseni jõudmine

Kuna magistritöö eesmärk on luua platvorm, siis on oluline teada, kuidas sisearhitektid jõuavad sobilike helisummutavate lahendusteni. Selgus, et võrdselt (68,1%) jõutakse toodeteni akustikaspetsialistide soovitusel kaudu, interneti otsingu abil, toodete kataloogidest ning edasimüüjate kaudu (vt joonis 3.12). Tunduvalt vähem leitakse lahendused tootja poolt toodete tutvustamise kaudu (31,9%), messidelt (29,8%) ja teiste sisearhitektide soovitusel kaudu (19,1%).

#### Kuidas jõuate sobilike helisummutavate lahendusteni?



Joonis 3.12 Helisummutavate lahendusteni jõudmise viisid

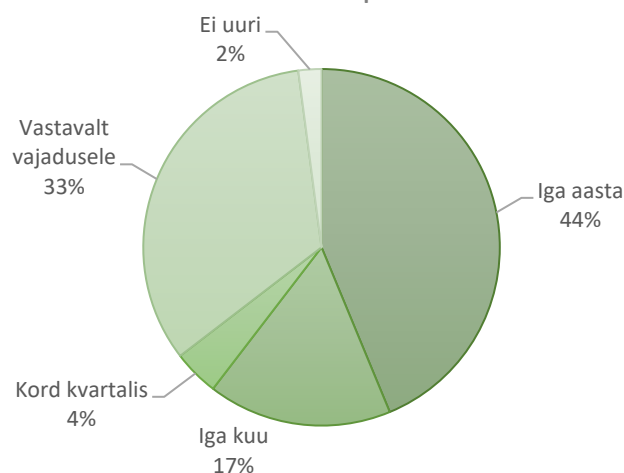
Magistritöö autori jaoks oli keeruline ja aeganõudev helineelava toote kohta vajaliku info leidmine selleks, et erinevaid tooteid omavahel võrrelda. Seetõttu sooviti teada, kui tihti leiavad uuringus osalejad vajaliku info pakutavate toodete kohta üles. Selgus, et alati leiab vajaliku info 12,8% vastanutest. Kuid siiski enamik (78,7%) vastajatest leiab tihti vajaliku info üles ning harva leiab vajaliku info 8,5% küsitluses osalejat.

Parima võimaliku akustilise lahenduse leidmiseks on oluline võrrelda erinevaid tooteid, et saada ülevaade turul olemasolevatest toodetest. Sellest lähtuvalt oli küsitluse üks eesmärk teada saada, kas ja kuidas võrdlevad sisearhitektid helineelavaid tooteid. Selgus, et enamasti kasutatakse edasimüüjate infot (59,6%), 21,3% vastanutest koondab info võrdlemiseks kokku, kuid 27,7% vastanutest ei võrdle üldse eri helineelavaid tooteid. Samuti selgus intervjuust, et Käärma võrdleb tooteid ainult disaini põhjal. Spetsiifilisi ja akustikaga seotud andmeid ei pea ta oluliseks võrrelda. [91]

Selleks, et saada ülevaade sisearhitektide teadmistest akustiliste lahenduste kohta, paluti hinnata eri helisummutavate lahendustega kursis olemist 5-pallisüsteemis. Ükski vastanu ei arvanud, et teab enamikke tooteid maailmaturul. Võrdsest 4,3% vastanutest ei ole üldse kursis või on vähesel määral kursis maailmaturul olevate toodetega. Enamik vastanutest (68,1%) on paigutanud end skaala keskele ning 23,4% skaala väärtusele „4“. Sellise tulemuse võib anda ka teadmine, et maailmaturul on väga palju eri tooteid ning toodete analüüsi tehes võib leida lõpmatult eri lahendusi ja materjale. Lisaks arendatakse iga päev uusi materjale ja tooteid, mistõttu on peaaegu võimatu olla kõigega kursis.

Eelmise küsimuse jätkuks sooviti teada, kui tihti uuritakse uusi turul pakutavaid tooteid (vt joonis 3.13). Enamik vastanutest (44,7%) uurib iga aasta uusi tooteid ning 17% vastanutest iga kuu. Kuna küsitluses oli antud väga laiad vahemikud, lisati juurde valikud „kord kvartalis“ (4,3%) ja „vastavalt vajadusele“ (34%). Lisaks selgus, et üks (2,1%) vastanu ei uuri üldse uusi lahendusi. Samuti tuli küsitlusest välja, et tihti valitakse varasemalt kasutatud ja usaldusväärseid tooteid, mistõttu ei ole vajadust uurida uusi lahendusi turul.

### Kui tihti uurite uusi turul pakutavaid tooteid?



Joonis 3.13 Uute turul olevate toodete uurimise sagedus

### 3.3.3 Helineelava lahenduse mittetoimimise põhjused

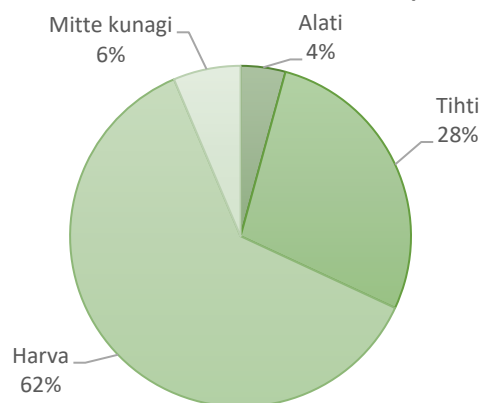
Lisaks otseselt loodava digiplatvormiga seotud küsimustele koguti infot ruumiakustikast üldisemalt. Järgnevad küsimused on seotud antud magistritöö uurimisküsimusega, aidates mõista, miks ei anna helisummutavad lahendused alati soovitud tulemusi. Selleks, et analüüsida helineelavate lahenduste mittetoimimise põhjusi, on oluline teada, mille järgi otsustatakse, milline helisummutav lahendus sobib teatud keskkonda. Errapartiga tehtud intervjuust selgus, et eelarve on peamine põhjus, miks lahendus ei toimi piisavalt efektiivselt. Samuti on ruumiakustika väga subjektiivne: iga inimene tajub seda erinevalt. Lisaks tõi Käärma välja, et avatud kontorites pööravad tellijad üldjuhul väga vähe tähelepanu heli summutamisele [91].

Avatud kontoris ei ole vajalik vajalik teha põhjalikku müraanalüüsi, sest seda ei reguleeri seadused. Kuid kuna soovitakse kulusid hoida võimalikult madalad, on oluline kaasata akustik, kes oskab valida õiged materjalid ja helineeldurite koguse ruumis. Lõpliku tootevaliku teeb üldiselt sisearhitekt. Samuti rõhutas Errapart, et avatud kontoris ei ole lõpuni oluline, et ruum on akustiliselt disainitud, kuna kontoris muudetakse tihti töökohti ümber. [90] Sellisel juhul ei ole nii oluline kaasata akustikut, kuna ruumiakustika tähendus on teine kui näiteks teatrites, kus akustika on kindlalt reguleeritud. [9] Lisaks selgus Käärnaga tehtud intervjuust, et akustikut kaasatakse ainult suurte (5000+ m<sup>2</sup>) ruumide puhul, mis on normeeritud: klassiruumid ja avalikud hooned. [91]

Üks küsitluses osalenutest jagas oma arvamust, et kontorites ei peeta taustamüra suureks probleemiks ning järelkõlkestuse vähendamiseks on kõige lihtsam kasutada vaipkatteid või pehmet mööblit. Teine vastaja rõhutas, et tänapäeva kontorites on loobutud klassikalistest ripplagedest ja vaheseintest. Samuti ei aita betoonpõrandad ja -seinad ning teised helipeegeldavad materjalid kaasa heli summutamisele. Pärast probleemi ilmumist täidetakse ruum igasuguste akustiliste toodetega, kuid see ei ole nii efektiivne. Kui hoone on ehituslikult hästi akustiliselt paigas, ei ole erilist vaja pingutada, et ruumi akustiliselt kujundada.

Nagu Errapartiga tehtud intervjuust selgus, kasutavad sisearhitektid akustiku abi avatud kontoris harva. Sellele infole sooviti küsitluses kinnitust leida (vt joonis 3.14). Selgus, et enamik küsitluses osalejatest kasutab akustiku abi harva (61,7%). Tihti kaasab akustiku 27,7% vastanutest ning 6,4% uuringus osalejatest ei kasuta üldse akustiku abi. Alati kaasab akustiku kõigest 4,3% vastanutest.

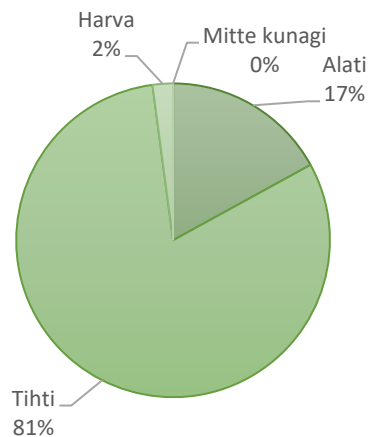
### Kui tihti kaasate akustiku ruumiakustikaga tegelemiseks ja sobivate lahenduste valimise protsessi?



Joonis 3.14 Akustiku kaasamine sisearhitekti töösse

Selleks, et leida vastust uurimisküsimusele „Miks ja kas paljud akustilised lahendused ei anna oodatavaid tulemusi?“, küsiti ankeedis, kui tihti annavad akustilised lahendused kontoris soovitud tulemuse (vt joonis 3.15). Selgus, et enamik (80,9%) vastanutest leiab, et akustilised lahendused annavad tihti oodatud tulemuse. Samuti arvab 17% vastanutest, et tulemus töötab alati. Kõigest 1 uuringus osaleja arvab, et soovitud tulemus saavutatakse harva.

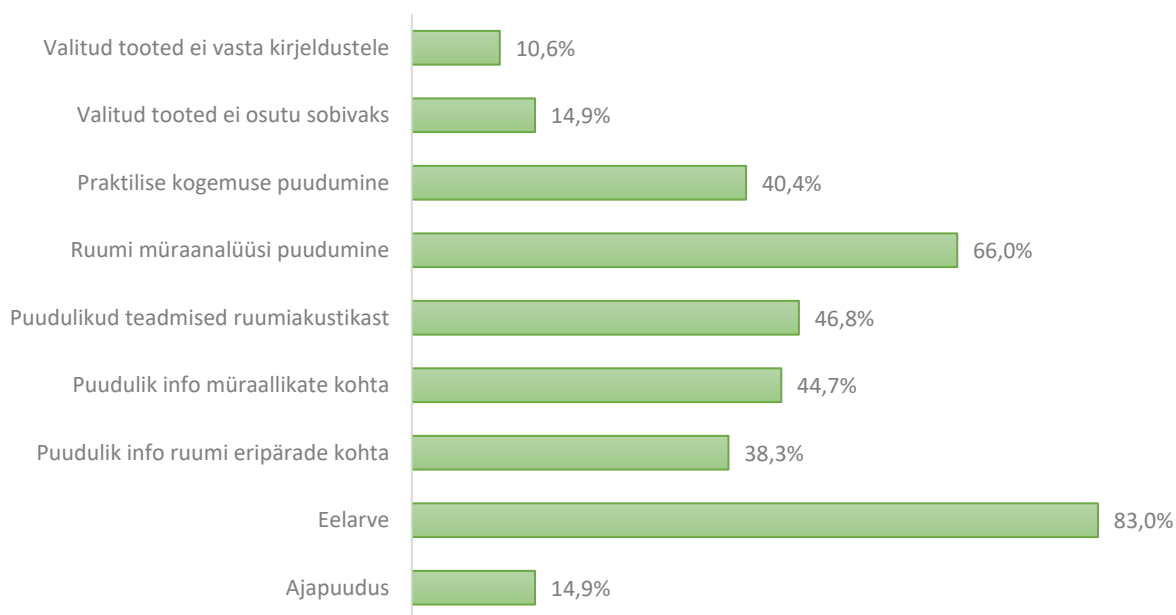
### Kui tihti annavad Teie meelest akustilised lahendused kontoris soovitud tulemuse?



Joonis 3.15 Akustiliste lahenduste soovitud tulemuste andmise sagedus

Lisaks toodi välja põhjused, miks helisummutavad lahendused ei anna alati soovitud tulemust. Uuringu tulemusest selgus (vt joonis 3.16 lk 50), et peamine põhjus on eelarve (83%), millele järgneb ruumi müraanalüüsi puudumine (66%). Samuti võib põhjuseks olla puudulikud teadmised ruumiakustikast (46,8%), puudulik info müraallikate kohta (44,7%), praktilise kogemuse puudumine (40,4%) ja/või puudulik info ruumi eripärade kohta (38,3%). Samuti toodi välja ajapuudus (14,9%) ning et valitud tooted ei osutu sobilikuks (14,9%) ja/või ei vasta kirjeldusele (10,6%). Lisaks tõi kaks vastajat välja, et tellija jaoks ei ole antud probleem piisavalt oluline. Samuti on küsitluse lõpus kaks vastajat öelnud, et tihtipeale ei teadvusta klient akustika olulisust.

## Mis võivad olla põhjusteks, et helisummutavad lahendused ei anna soovitud tulemust?

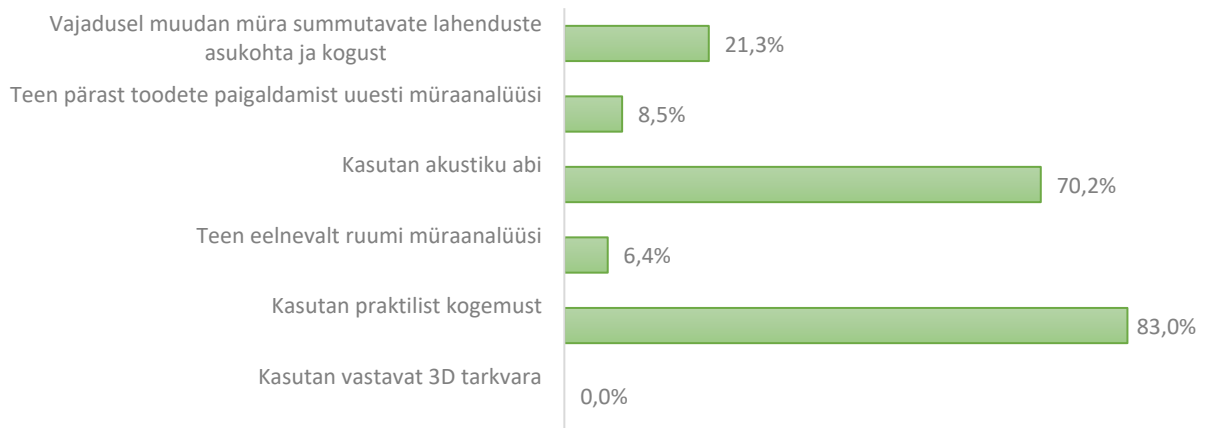


Joonis 3.16 Põhjused, miks helisummutavad lahendused ei anna soovitud tulemust

Probleemi põhjuse välja selgitamiseks on oluline teada, mille põhjal langetab sisearhitekt lahenduse valikul otsuse (vt joonis 3.17 lk 51). Selgus, et ükski vastanu ei kasuta 3D programmi ruumi müraanalüüsi teostamiseks. Samuti ettevõttes Kajaja ei kasutata hetkel 3D programmi, sest see on ajakulukas ning seetõttu on tellijal kulud suuremad [90]. Küsitluse tulemusena selgus, et enamasti hinnatakse helisummutava lahenduse efektiivsust praktilise kogemuse põhjal (83%), kuid kasutatakse ka akustiku abi (70,2%). Selleks, et veenduda lahenduse efektiivsuses, teeb 6,4% vastanutest eelnevalt ruumis müraanalüüsi, 8,5% teeb pärast toodete paigaldamist müraanalüüsi ning 21,3% muudab vajadusel helisummutavate lahenduste kogust ja paigutust.



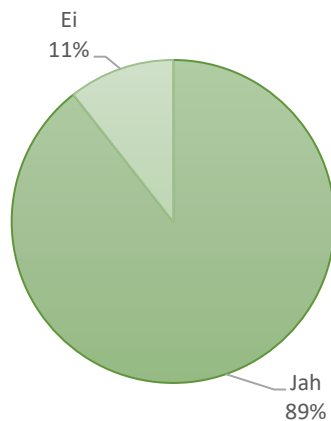
## Mille järgi otsustate, et helisummutav lahendus sobib just selles keskkonnas?



Joonis 3.17 Helisummutava lahenduse efektiivsuse tagamine

Lisaks sooviti teada, kui paljud uurivad hiljem, kas akustiline lahendus andis soovitud tulemuse (vt joonis 3.18). Selgus, et 89,4% vastanutest teeb seda, kuid 10,6% vastajatest ei pea seda oluliseks. Lisaks on 29,8% vastanutest pidanud akustilist lahendust hiljem muutma, kuna tellija ei ole olnud rahul, kuid enamik (70,2%) vastanutest ei ole pidanud seda tegema.

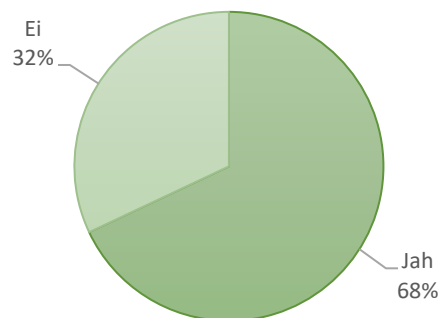
## Kas uurite hiljem, kas akustiline lahendus andis soovitud tulemuse?



Joonis 3.18 Akustilise lahenduse soovitud tulemuse kontrollimise osakaal

Lisaks on oluline teada, millised on sisearhitekti teadmised ruumiakustika valdkonnas, mistõttu küsiti ankeedis, kas on läbitud ruumiakustika koolitus või õpe (vt joonis 3.19). Selgus, et koolituse või õppe on läbinud 68,1% ning 31,9% vastanutest ei ole seda läbinud. Kaks vastanut avaldasid lõpus soovi, et sooviksid põhjalikku koolitust antud valdkonnas.

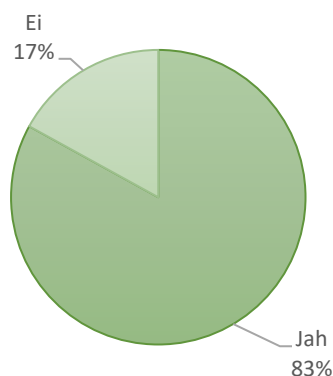
### Kas olete läbinud ruumiakustika koolituse või õppe?



Joonis 3.19 Ruumiakustika koolituse või õppe läbinud sisearhitektide osakaal

Lõpetuseks oli soov teada saada, kui paljud vastanutest ehk sihtgrupist kasutaksid magistritöös välja arendatavat platvormi, mis koondab kõik helisummutavad lahendused ühte kohta ning võimaldab otsida ja võrrelda tooteid samade parameetrite alusel. Vastanutest 83% kasutaksid antud platvormi, kuid 17% mitte (vt joonis 3.20).

### Kas kasutaksite platvormi, mis koondab helisummutavad lahendused ühte kohta ning võimaldab otsida ja võrrelda tooteid samade parameetrite alusel?



Joonis 3.20 Magistritöös arendatava digiplatvormi prototüübi kasutamise osakaal

Intervjuus osalenud Käärma ei pea vajalikuks sellist platvormi, mis koondab kokku kõik vajalikud tooted ja parameetrid. Vaja on hoopis tootjat, kes pakub tasuta ruumiakustikaalast konsultatsiooni ja selle kaudu õige lahenduse. Põhjuseks on see, et sisearhitektil on niigi vaja kursis olla tehniliste teadmistega eri valdkondadest ning see võtab suurema osa ajast, mistõttu ei jõuta piisavalt tegeleda sisulise kujundamisega. [91]

### 3.4 Küsitluse ja turu-uuringu võrdlus

Prototüübi lahenduse väljatöötamise jaoks võrreldakse järgnevalt sisearhitektide kriteeriumite vastavust eelnevalt kirjeldatud toodete infolehel leitud parameetritega.

#### Paneelid

Tabelisse 3.2 lk 54 on koondatud 15 sein-, lae ja lauapaneelide ning vaheseinte parameetrite info, mis on leitud tootja kodulehelt (märgitud „x“). Tabelis esitatud parameetrid on võetud ankeedi küsimuse: „Millised parameetrid peavad kindlasti helisummutava toote infolehel olema olema?“ tulemusest ja mida pidasid oluliseks vähemalt 40% vastanutest. Tabelisse on parameetrid lisatud tähtsuse järjekorras. Kõige tumedama taustaga on märgitud parameetrid, mis olid olulised vähemalt 80% vastanutele ning veidi heledama taustaga on märgitud parameetrid, mis olid olulised vähemalt 70% vastanutele. Ehk tegemist on parameetritega, mis eristusid oluliselt teistest. Kõige heledama rohelise taustaga on toodud parameetrid, mis on olulised 60% vastanutele.

Tabel 3.2 Eri paneelide parameetrite info tootja kodulehel (1...12 „klassikalised“ paneelid, 13...15 akustikute kasutatavad paneelid)

PARAMEETER	Abstracta Aircone	Johanson Beehive	Offecct Soundwave®	Zilenzio Fazett	Standard FE seinapaneelid	Okka paneel	Abstracta Scala	Actiu Link	SA Möbler Snitsa Screen	Standard FENCE	Sancal Tartana	Caimi Brevetti Mirisco	Ecophon Solo Square	CEWOOD paneel	Rockfon® Koral™
Tulekindlus	-	x	-	-	-	x	-	x	-	-	-	x	x	x	x
Materjal	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Möödud	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x
Helineeldeklass	-	x	-	-	-	x	-	-	-	-	x	x	-	x	-
Helineeldetegur	x	x	x	x	-	x	x	x	-	-	x	x	x	x	x
Puhastamisviis	x	-	x	-	-	-	x	x	-	-	x	x	x	x	x
Sertifikaadid	x	x	x	x	-	-	x	x	-	-	x	x	x	-	x
Allergilised reaktsioonid	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hind	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Niiskuskindlus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-	x
Jätkusuutlikkus/ ökoloogiline jalajälg	x	-	x	-	-	-	x	x	-	-	-	x	x	-	x
Mehaanilised omadused	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	x	x	x	-

Nagu tabelist on näha, varieerub info eri tootjatel suuresti ning puudu on märkimisväärne osa infost, mida pidasid sisearhitektid küsitluse tulemuste järgi oluliseks. Selgub, et kõigi toodete kohta on ühine parameeter ainult materjal. Hinda ja allergilisi reaktsioone ei ole märkinud ükski tootja, kuigi tegemist on sisearhitektidele olulise infoga. Hinna saamiseks on vaja küsida pakkumist. Lisaks materjalile ja möötutele on enamikel toodetel antud helineeldeteguri väärtus ning välja toodud sertifikaadid. Kusjuures sisearhitektid peavad helineeldeklassi olulisemaks kui helineeldeteguri väärtust, mis on välja toodud kõigest neljal tootel.

Tulekindlus, mis oli sisearhitektide meelest kõige olulisem parameeter, on välja toodud kõigest 7 tootel. Nendest 3 on tooted, mida kasutavad põhiliselt akustikud ning mis paigaldatakse üldiselt ehituse käigus. Nendest omakorda kahel tootel on märgitud niiskuskindlus, mida ei ole märkinud ükski „klassikaliste“ paneelide tootja. Avatud kontoris kasutatavate „klassikaliste“ paneelide puhul ei ole nii oluline märkida niiskuskindlust, kuna tegemist on kuiva ruumiga. Jätkusuutlikkust ja niiskuskindlust

peavad sisearhitektid võrdselt oluliseks (51%). Kuid kuna jätkusuutlikkus on üha aktuaalsem, on selle kohta info olemas 7 tootel. Helineeldeteguriga sama oluline on sisearhitektide jaoks info puhastamise kohta, mis on välja toodud 8 tootel. Mehaaniliste omaduste informatsioon on märgitud vaid kahel „klassikalisel“ tootel ning tegemist on parameetriga, mida pidas oluliseks 40% küsitluses osalenut.

Tabelist on selgelt näha, et kõige vähem informatsiooni leiab SA Möbler ja Standardi toodete kohta (materjal ja mõõdud) ning nende toodetel puuduvad ainsana akustilised andmed. Caimi Brevetti *Mitesco* toote kohta on antud klassikaliste paneelide seas kõige rohkem informatsiooni, kuid sellel tootel puuduvad ainsana mõõdud. Samuti on Abstracta *Aircorne* ja *Scala* ning Actiu *Link'i* toodete kohta antud võrreldes teiste toodetega rohkem parameetreid. Põhiliselt akustikutele mõeldud toodetel (viimased 3) on selgelt eristatav informatsiooni hulk võrreldes eelnevate toodetega ehk puudu on vaid mõni parameeter.

#### Akustilised kabiinid

Kuna küsitlus keskendus rohkem akustilistele paneelidele, ei saa akustiliste kabiinide kontekstis kasutada samu parameetreid. Seega on tabelisse 3.3 lk 56 koondatud kokku kõik eri parameetrid, mis on antud 5 kirjeldatud akustilise kabiini kohta. Kõige tumedama taustaga on märgitud kõige olulisem parameeter, mis on leitav kõikide toodete infolehel. Järgnevad järjest heledama taustaga parameetrid, mis on välja toodud vastavalt 4, 3 ja 2 tootel.

Tabel 3.3 Akustiliste kabiinide parameetrite info tootja kodulehel

PARAMEETER	Framery 2Q	Smartblock FA/HA	Abstracta Plenty Pod	Standard @OFFICE meeting	Silen SPACE
Materjalid	x	x	x	x	x
Möödud	x	x	x	x	x
Aksessuaarid	x	x	x	x	x
Lubatud inimeste arv	x	x	x	-	x
Elekter ja valgustus	x	x	x	-	x
Õhuliikuvus	x	x	x	-	x
Mass	x	x	-	-	x
Akustika (ISO)	x	-	x	-	x
Jätkusuutlikkus	x	-	x	-	x
Sertifikaadid	x	x	-	-	x
Paigaldusjuhised	x	-	x	-	x
Garantii	x	x	-	-	x
Materjalide ohutus	x	x	-	-	-
Rattad	-	x	-	-	x
Tulekindlus	x	x	-	-	-
Puhastatavus	x	-	-	-	x
Disainer	-	-	-	x	-

Nagu tabelist näha, on „klassikalistel“ kabiinidel väga sarnane info, kuid näiteks Standardi tootel on ainsana disainer ning ülejäänud infot on oluliselt vähem. Kõikidel analüüsitud „klassikalistel“ kabiinidel on märgitud materjalid, möödud ja aksessuaarid, mistõttu saab öelda, et see on kõige olulisem informatsioon. Lisaks on peale Standardi teised tootjad välja toonud info lubatud inimeste arvu, elektri, valgustuse ja õhuliikuvuse kohta. Samuti on oluline märkida kabiini mass, info akustika, jätkusuutlikkuse, sertifikaatide ja garantii kohta ning välja tuua paigaldusjuhised. Info tulekindluse, materjalide ohutuse, rataste olemasolu ja puhastatavuse kohta on välja toodud vaid paaril tootel. Puhastatavuse ja tulekindluse informatsioon oli oluline paneelide puhul, mistõttu võiksid need olla märgitud ka akustilistel kabiinidel.

### 3.5 Nõuded loodavale prototüübile

Eelnevast analüüsist selgus, et enamasti kasutavad sisearhitektid tootekatalooge, edasimüüjaid ning akustikaekspertide soovitusi valiku tegemisel. Helineelavate toodete kohta on keeruline vajalikku informatsiooni leida ja neid omavahel võrrelda. Samuti erineb toodete kohta antud info märkimisväärselt, mis selgus ka toodete analüüsi tehes.

Hind on sisearhitektide jaoks väga oluline kriteerium. Kuid kuna tootjad ei ole avaldanud hindasid, sest hind ei ole tihtipeale täpselt fikseeritud, peaks siiski toote pindala, helineeldeteguri ja hinna suhte välja tooma, et teha tooted selle alusel võrreldavaks. See aitaks sisearhitektil valikut lihtsustada. Samuti on tihti kogu projekti keskmes eelarve ning näiteks akustikuga läbirääkides võib selguda, et kallimat toodet kulub vähem, mis muudab kokkuvõttes hinna odavamaks.

Küsitluse ja intervjuu tulemustest selgus, et sisearhitektile on kõige olulisem disain, mille põhjal valik tehakse. Akustiku jaoks on kõige olulisem helineeldetegur ja muud spetsiifilised andmed akustilise analüüsi kohta. Helineeldeteguri jaoks on vaja valida ka sobiv sagedusala, sest helineelaval materjalil sõltub neeldetegur suuresti sagedusevahemikust, mistõttu on oluline teada, millist müra on vaja summutada ja vastavalt sellele valida lahendus.

Lisaks on prototüübi loomisel skoobis akustiline teadmistebaas ehk täiendav informatsioon tootevaliku ja akustika kohta, kuna akustiku abi kasutavad vähesed (peamiseks põhjuseks eelarve). Kuna sisearhitektil puuduvad piisavad teadmised ruumiakustikast, on võimalus, et akustiline lahendus ei tööta. Lisaks tuli eelnevast analüüsist välja, et sisearhitekt hindab võimalikult lihtsat ja arusaadavat info kirjeldust eelkõige akustiliste andmete kohta. Samuti on talle oluline, et olemas on illustreerivad näited ning et keegi aitab tal valida toote koguse vastavalt helineeldeklassile ilma eraldi akustikut kaasamata. Lisaks on oluline jagada akustikaalaseid materjale ning pakkuda sisearhitektidele koolitust.

Järgnevalt on toodud prototüübile esitatavad nõuded (N010...N062), mis on saadud intervjuude, uuringu analüüsi ja toodete kategoriseerimise tulemusena:

Tabel 3.4 Loodavale prototüübile esitatavad nõuded

ID	Nõue	Allikas: selgitus
N01X	Toodete valik	Milliseid tooteid on võimalik leida?
N010	Sisearhitektina tahan leida infot järgmiste tootekategooriate kohta: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Paneelid;</li> <li>2. Akustilised kabiinid.</li> </ol>	Küsitlus: enim vastanutest kasutab paneele ja akustilisi kabiine.
N011	Sisearhitektina soovin tootekategoorias „Paneelid“ vaadata tooteid järgmiste tooterühmade kaupa: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Laepaneelid;</li> <li>2. Seinapaneelid;</li> <li>3. Lauapaneelid;</li> <li>4. Ruumijagajad;</li> </ol>	Toodete kategoriseerimine: paneelid jagunevad peamiselt nelja tooterühma.
N02X	Toodete esitlemine – toodete nimekiri	Toodete nimekirjas toodete kuvamine
N020	Sisearhitektina soovin näha tootepilti, sest valiku tegemisel on minu jaoks oluline tootedisain.	Küsitlus: 81% vastanutest peavad oluliseks toote disaini.
N021	Sisearhitektina soovin näha toodete materjale.	Küsitlus: 72% vastanutest peavad oluliseks toodete materjale.
N022	Sisearhitektina soovin näha toodete helineeldetegurit.	Küsitlus: 68% vastanutest peavad oluliseks helineeldetegurit.
N023	Sisearhitektina soovin näha toodete hinda.	Küsitlus: 62% vastanutest peavad oluliseks toote hinda. Kui hinda ei ole antud, on esitatud ainult hinnaklass.
N024	Sisearhitektina soovin, et uued tooted oleksid märgistatud ja leitavad, sest soovin leida infot ja eristada uusi tooteid.	Küsitlus: 98% osalejatest uurib uusi tooteid.



N03X	Toodete otsimine ja filtreerimine	Toodete leidmine ja filtreerimine
N030	<p>Sisearhitektina soovin filtreerida tooteid järgmiste parameetrite alusel:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tulekindlus;</li> <li>2. Materjal;</li> <li>3. Mõõdud;</li> <li>4. Helineeldeklass;</li> <li>5. Helineeldetegur;</li> <li>6. Puhastamisviis;</li> <li>7. Sertifikaadid;</li> <li>8. Allergilised reaktsioonid;</li> <li>9. Hind;</li> <li>10. Niiskuskindlus;</li> <li>11. Jätkusuutlikkus;</li> <li>12. Mehaanilised omadused (löögikindlus).</li> </ol>	<p>Küsitlus: vähemalt 40% vastanutest pidasid oluliseks nõudes väljatoodud parameetreid.</p> <p>Intervjuu: helineeldeteguri juures on vaja lisada soovitud müra summutamise sageduspiirkond. Kui ei ole teada täpne vahemik, saab akustiku nõuandlast uurida erineva müra sagedusvahemikke ning valida sobivaim.</p> <p>Toodete uurimus: jätkusuutlikkus on kirjeldatud erinevalt, seega saab jätkusuutlikkuse alt valida sobivaima, näiteks taaskasutatavus, ökoloogiline jalajälg.</p>
N031	Sisearhitektina soovin, et enim kasutatavad filtrid oleksid kergesti valitavad.	Kasutusmugavuse printsiip, et enim kasutatavad filtrid on kõige esimesed.
N04X	Toodete võrdlemine	
N040	Sisearhitektina soovin, et saaksin tooteid võrrelda.	Küsitlus: 73% osalejatest võrdleb tooteid.
N05X	Toodete esitlemine – toote detailinfo	
N050	Sisearhitektina soovin näha toote detailset kirjeldust (detailises info kuvatakse kõiki neid parameetreid, mille alusel saab tooteid ka filtreerida).	<p>Küsitlus:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kasutatakse tootekatalooge, kus on toodete detailsemad kirjeldused.</li> <li>2. Parameetreid, mille alusel tooteid valitakse, on üle kümne.</li> </ol>
N051	Sisearhitektina soovin, et akustiliste parameetrite ja informatsiooni küljes oleks selgitav tekst ja näited.	Küsitlus ja intervjuu: akustilised teadmised sisearhitektide seas ei ole alati väga head.
N06X	Akustiline teadmistebaas	Akustiliste teadmiste ja info levitamine
N060	Sisearhitektina soovin, et ruumiakustikaalane info oleks kokku koondatud ja lahti kirjeldatud.	Intervjuu: akustikaalased teadmised ei ole nii tugevad, sest ei jõua kõigega kursis olla.
N061	Sisearhitektina soovin, et akustiku kaasamine oleks kiire ja efektiivne.	Intervjuu: akustiku kaasamine on kulukas ja aeganõudev.
N062	Sisearhitektina soovin, et akustiku soovitused oleksid leitavad.	Küsitlus: 68% vastanutest kasutab akustiku soovitusi.

## 4 Lahenduse kirjeldus

Akustilisi lahendusi koondav digiplatvorm on esmases lahenduses suunatud eelkõige sisearhitektidele, kes soovivad leida kiiresti erinevaid helineelavaid tooteid. Tulevikus on plaanis kaasata tootjaid, kes saavad vastavalt sisearhitekti soovidele täiendada oma toodete infolehti. Loodavas digiplatvormis on sisearhitektil võimalik soovitud parameetrite järgi filtreerida ja leida erinevaid helineelavaid tooteid. Kuna enamik akustiliste lahenduste tootjaid ei ole andnud hinda, on võimalik tooteid sorteerida hinnaklassi põhjal. Hinnaklass on saadud toote pindala, helineelude teguri ja keskmise hinna suhtena. Selleks, et erinevaid tooteid võrrelda, on võimalus märkida huvipakkuvad tooted ning seejärel võrdlustabelis võrrelda toodete parameetrite väärtuseid.

Need sisearhitektid, kes ei ole kursis ruumiakustika ja parameetrite tähendusega, saavad parameetri juures olevale infoikoonile vajutades näha parameetri lühiselgitust. Vajutades lingile „Rohkem informatsiooni“, suunab lehekülge edasi akustiku nõuandlasse, kus on võimalus otsida lisainfot ruumiakustika ja toodete valimise põhimõtete kohta. Akustilises teadmistebaasis kasutatakse ainult usaldusväärsetest allikatest saadud informatsiooni, kasutades viiteid. Lisaks kuvatakse all paremas nurgas vestluse ikoon, kuhu vajutades on võimalus suhelda akustikuga ja küsida abi tootevalikul.

Loodava platvormi eelised olemasolevate lahendustega võrreldes on järgnevad:

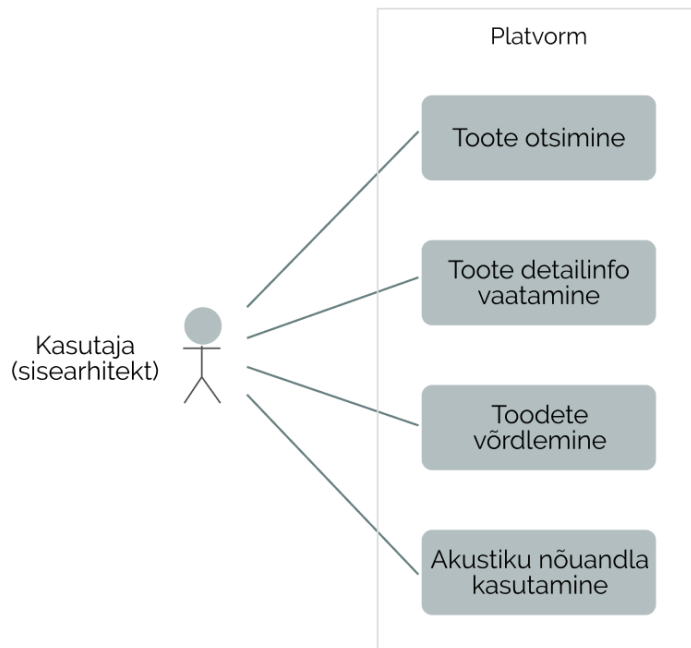
- Tooteid saab omavahel võrrelda;
- Tooteid saab parameetrite järgi filtreerida ja sortida;
- Toodete info on ühtne ja kokku koondatud;
- Parameetrite juures on infoikoon, mille peale vajutades näeb parameetri lühikirjeldust;
- Saab kasutada akustikaalaseid õppematerjale (akustiline teadmistebaas);
- Saab kasutada akustiku abi toote valikul.

Järgnevalt on esitatud ja kirjeldatud digiplatvormi erinevad kasutuslood ning prototüübi vaated.

## 4.1 Kasutuslood

Eelmises peatükis toodud nõuete järgi võib tuletada järgmised funktsionaalsused (vt joonis 4.1):

1. Toote otsimine (Nõuded N01X, N02X, N03X);
2. Toodete võrdlemine (Nõuded N04X);
3. Toote detailinfo vaatamine (Nõuded N05X);
4. Akustiku nõuandla kasutamine (Nõuded N06X).



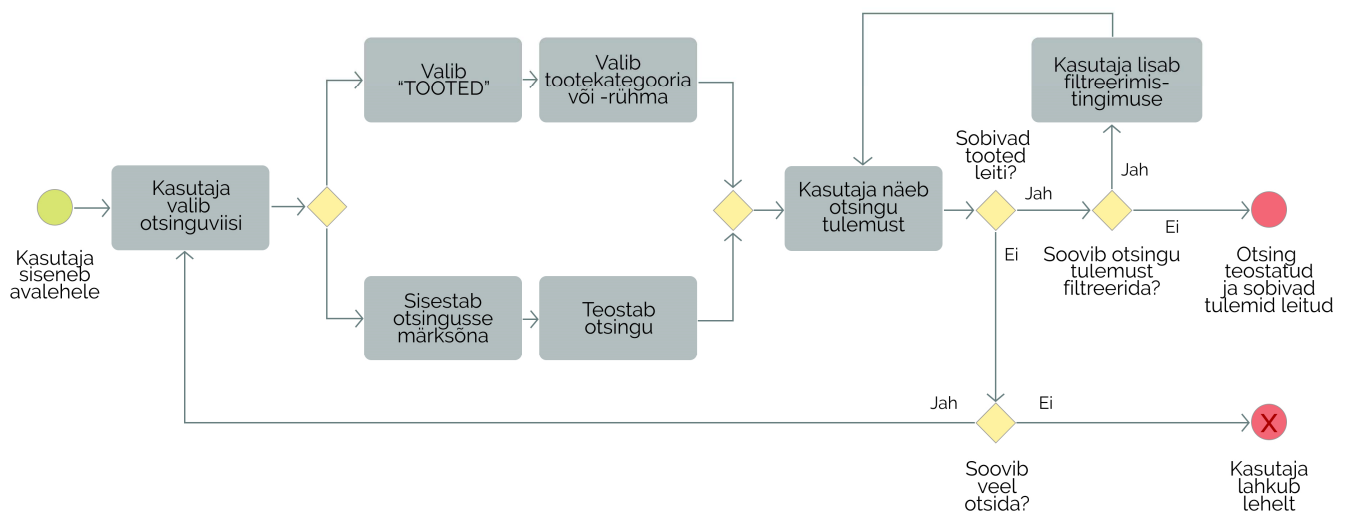
Joonis 4.1 Digiplatvormi kasutuslood

### 4.1.1 Toote otsimine

Sisearhitekt, kes on piisavalt teadlik erinevatest akustilistest lahendustest, suundub kohe toote otsimisse. Tal on olemas kindlad kriteeriumid, millele peab toode vastama.

Toote otsimiseks on 2 võimalust (toote otsimise stsenaarium on esitatud joonisel 4.2):

1. Valides tootekategooria või tooterühma;
2. Kasutades otsingut.



Joonis 4.2 Toote otsimise stsenaarium

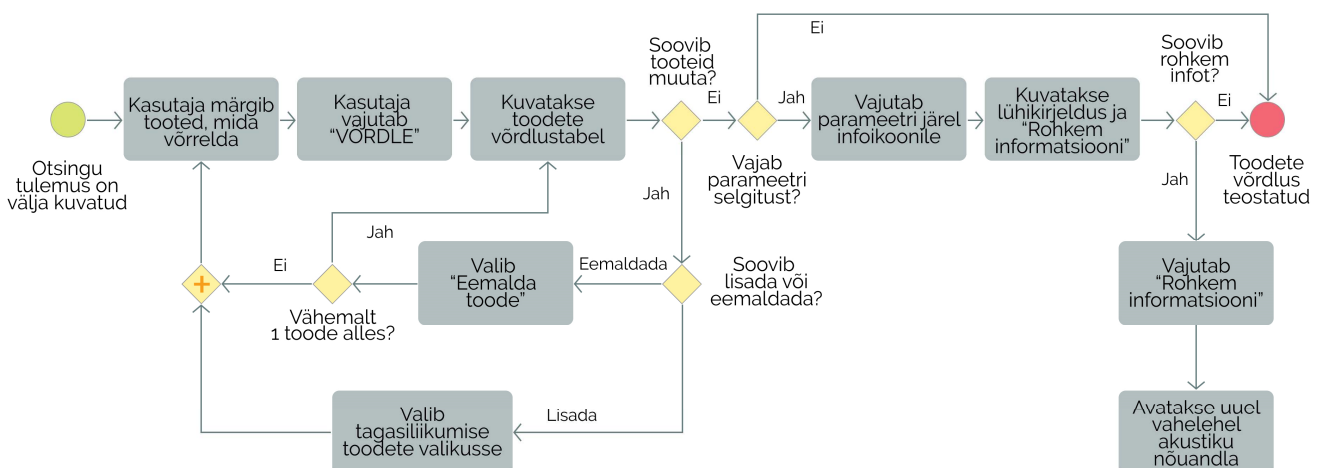
Selleks, et sisearhitekt näeks kohe põhilist informatsiooni toodete kohta, mille põhjal ta otsuse langetab, on toodete nimekirjas kasutatud järgnevaid lahendusi:

1. Uutel toodetel on märgistus „UUS“;
2. Akustiku soovitatud toodetel on märgistus „SOOVITAME“;
3. Iga toote kohta kuvatakse:
  - a. Pilt;
  - b. Hinnaklass.
4. Toote peale kursoriga liikudes kuvatakse:
  - a. Materjal;
  - b. Helineeldetegur (võimalus on sagedust muuta, et kuvada õige helineeldeteguri väärtus).

#### 4.1.2 Toodete võrdlemine

Toodete võrdlemine on oluline, et teha kõik akustilised tooted võrdselt konkureerivaks. Toodete võrdlemine aitab sisearhitektil saada ülevaade huvipakkuvaimatest lahenduste erinevustest ning teha selle põhjal sobivaim valik. Lisaks on iga parameetri juures infoikoon, millele klikkides näeb parameetri lühikirjeldust, mis aitab sisearhitektil saada kinnitust oma teadmiste ja ülevaate parameetritest ja nende rollist toote valimisel. Kui vajutada lingile „Rohkem informatsiooni“, suunatakse kasutaja akustiku nõuandlasse, kus on võimalik saada ülevaade ruumiakustikast ja soovitud sobiva toote valikul.

Toodete võrdlemise stsenaarium on kujutatud joonisel 4.3.



Joonis 4.3 Toodete võrdlemise stsenaarium

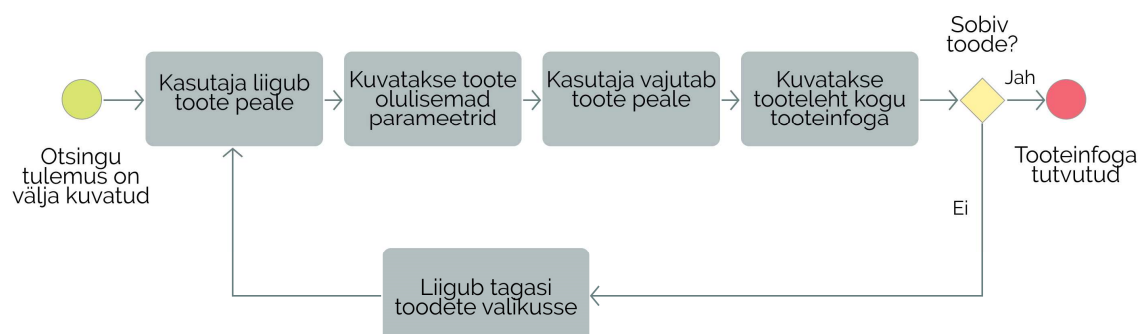
### 4.1.3 Toote detailinfo vaatamine

Toote detailinfo kuvatakse eesmärgiga saada võimalikult palju informatsiooni toote kohta. Toodete nimekirjas kuvatakse sisearhitektile kõige olulisemad parameetrid.

Toote detailinfo nägemiseks on 2 võimalust, mille stsenaariumid on kirjeldatud tabelis 4.1 ja joonisel 4.4.

Tabel 4.1 Toote detailinfo stsenaarium

Toodete nimekirjas kursoriga toote peale liikudes	Toodete nimekirjas kursoriga toote peale vajutades
Kuvatakse peamised parameetrid ja nende väärtused (uuringu tulemuste järgi).	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Kuvatakse peamised parameetrid ja nende väärtused:<ol style="list-style-type: none"><li>a. Parameetrite väärtused kuvatakse vastavalt olulisusele (uuringu tulemuste järgi);</li><li>b. Parameetrite küljes on infoikoon, millele vajutades kuvatakse lühikirjeldus ning vajutades „Rohkem informatsiooni“, suunatakse kasutaja akustiku nõuandlasse, kus selgitatakse parameetrite tähendust ja olulisust valiku tegemisel (sisaldab viiteid allikatele).</li></ol></li><li>2. Lisaks kuvatakse: toote kirjeldus ja tootja poolt antud tootelehed.</li><li>3. Võimalus vajutada „VÕRDLE“, mis näitab eelnevalt märgitud toodete võrdlustabelit uuel vahelehel.</li></ol>



Joonis 4.4 Toote detailinfo vaatamise stsenaarium

#### 4.1.4 Akustiku nõuandla kasutamine

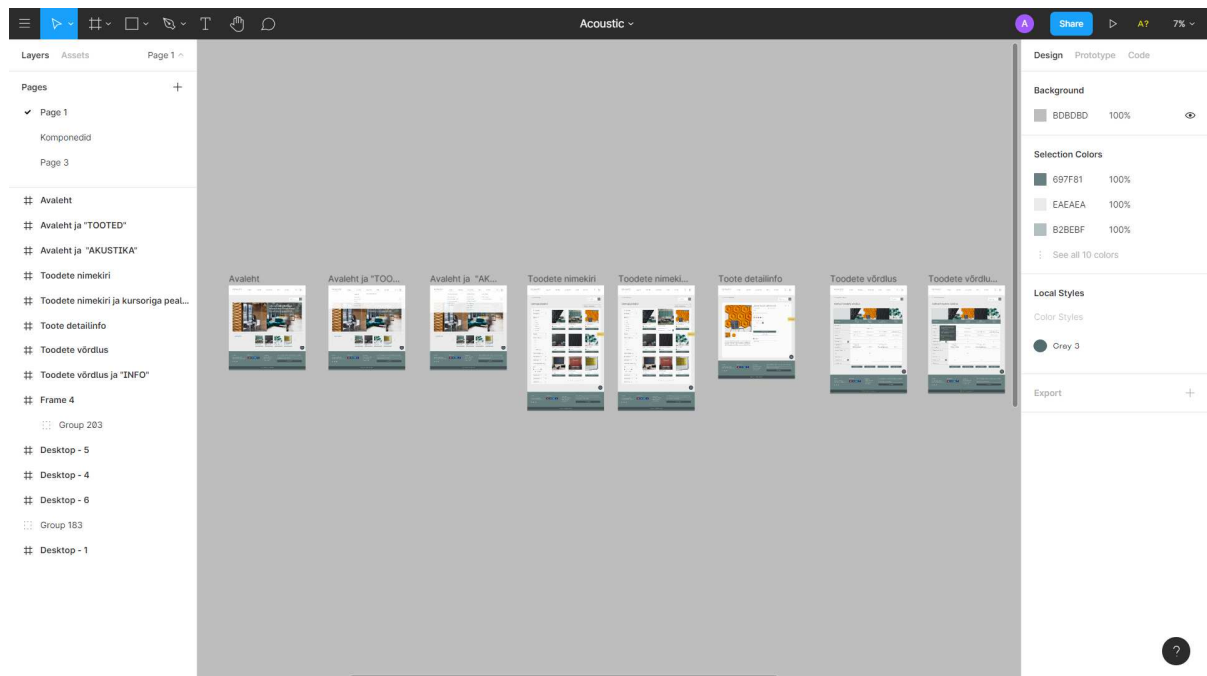
Akustiku nõuandla on mõeldud sisearhitektidele, kes ei tunne piisavalt hästi ruumiakustika valdkonda või soovivad oma teadmisi täiendada või kontrollida. Lisaks on näha toodete soovitusid ja nõuanded, kuidas valida sobivat toodet. Akustiku nõuandla lahenduseks on plaanitud 2 võimalust, mille stsenaariumid on kirjeldatud tabelis 4.2. Akustiku nõuandla vajab lisaks täiendavat uurimist, mistõttu ei ole selle prototüübi lahenduse osale magistritöös keskendutud.

Tabel 4.2 Akustiku nõuandla lahenduste stsenaariumid

Teadmistebaas	Vestlus akustikuga
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Kasutaja siseneb avalehele;</li><li>2. Kasutaja valib „AKUSTIKA“;</li><li>3. Kasutaja valib teema;</li><li>4. Kuvatakse vastavalt teemadele sisu ja soovitusi toodete kohta;</li><li>5. Kasutaja valib soovitud toote või koolituse;</li><li>6. Kasutaja suunatakse toodete lehele.</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Kasutaja valib suhtluse;</li><li>2. Kasutaja teeb valiku teemast, mis teda huvitab;</li><li>3. Kasutaja küsib küsimuse mingi toote kohta.</li></ol>

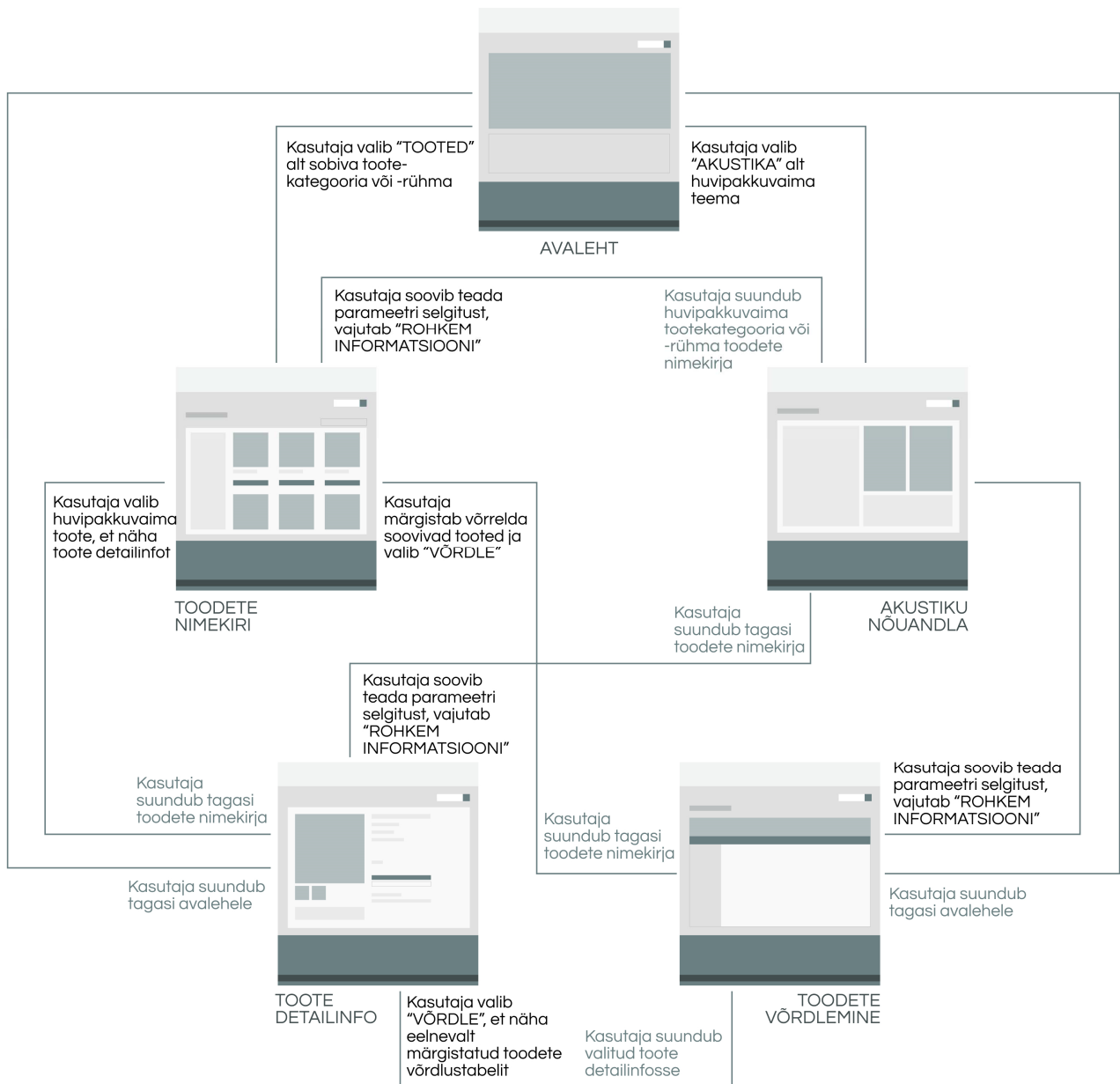
## 4.2 Prototüüp

Prototüüp valmis kasutades prototüüpimise töövahendit Figma (vt joonis 4.5).



Joonis 4.5 Figma kuvatõmmis

Joonisel 4.6 on välja toodud kasutaja teekond ja seosed järgmiste vaadete vahel: avaleht, toodete nimekiri, toote detailinfo, toodete võrdlus ja akustiku nõuandla.



Joonis 4.6 Kasutaja teekond kasutajaliideses

## 4.2.1 Avaleht

Avalehe eesmärk on tekitada platvormile jõudvates kasutajates edasine huvi jätkamiseks. Selleks on avalehel suurelt banner, mille eesmärk on tutvustada platvormi võimalusi ning ärgitada kasutajaid leidma akustilisi lahendusi kiirelt ja pingevabalt. Lisaks on huvi tekitamiseks ja sisearhitektide uute toodete kursis hoidmiseks välja kuvatud uued tooted. Samuti on võimalus teha omale konto, mille kaudu on lihtsam suhelda akustikuga, liituda mõne koolitusega või anda sisendit, millised on olulised kriteeriumid toodete valikul.


Põhilised kategooriad „TOOTED“ (toodete valik) ja „AKUSTIKA“ (akustiku nõuandla) on teistest eristuvad ning nende eesmärk on anda kasutajale selgelt märku, et just need on digiplatvormi juures kõige olulisemad. Toodete alt leiab põhilised ruumiakustika lahenduste kategooriad, mille tooterühmad on saadud käesoleva magistritöö analüüsi osas. Jooniselt 4.7 lk 67 on näha avalehe vaade ning kategooriate rühmad.

Avalehel ja ka teistel lehtedel kuvab paremal all nurgas vestluse ikooni, mille peale vajutades on võimalik saada nõu toodete valikul. Avalehel on vestluse ikooni kõrval tekst, mis julgustab abi küsima.

Akustiku nõuandla kohta ei ole tehtud piisavalt põhjalikku uurimust ütlema, milline info peab sealt kättesaadav olema, mistõttu ei ole prototüübis teostatud akustiku nõuandla vaadet. Nagu analüüsisist selgus, peavad sisearhitektid oluliseks koolituste võimalust, ruumiakustika põhilise info kättesaadavust ning et akustilised parameetrid on lihtsalt ja illustreerivalt kirjeldatud.




🔍



## Leia omale sobilikud lahendused kontorisse! Kiirelt ja pingevabalt.

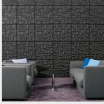
Vali huvipakkuvaimad tooted, märgista need ja võrdle!

Uued tooted




Johanson Romb

[Vaata lähemalt](#)




Offacet Soundwave Village

[Vaata lähemalt](#)



Zlenzio Fazett


[Vaata lähemalt](#)



Ydol Relax 060

[Vaata lähemalt](#)

Küsi julgelt abi toodete valimise protsessis!




Kontakt

tel: +372 56 666 6666  
info@acousticsolutions.com

📱 📷 📧

Makseviisid



Koolitused

Akustiku nõuandla

Meie soovitage

Uued tooted

Liitu uudiskirjaga, et olla kursis värskemate uudistega!

[Liitu nüüd!](#)

©2020 by Acoustic Solutions

<p>PEHME MÕÖBEL</p>	<p>PANEELID</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Laepaneelid</li> <li>Seinapaneelid</li> <li>Lauapaneelid</li> <li>Ruumijagajad</li> </ul>	<p>AKUSTILISED KABIINID</p>	<p>AKUSTILISED VALGUSTID</p>
---------------------	--	-----------------------------	------------------------------

🔍

<p>AKUSTIKU NÕUANDLA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Küsi akustikult abi</li> <li>Mille järgi valida toodet?</li> <li>Kuidas valida toodete kogust ruumis?</li> <li>Meie soovitage</li> </ul>	<p>TEADMISTEBAAS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ruumiakustika</li> <li>Akustilised tooted</li> <li>Akustilised materjalid</li> <li>Helineeldetegur</li> <li>Helineeldeklass</li> <li>Sertifikaadid</li> <li>Jätkusuutlikkus</li> </ul>	<p>KOOLITUSED</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ruumiakustika</li> <li>Akustilised materjalid</li> </ul>
--	--	---

🔍

Joonis 4.7 Avaleht ja toodete kategooriad ning akustiku nõuandla tooterühmad

## 4.2.2 Toodete nimekiri

Kui sisearhitekt on valinud omale huvipakkuvaima tooterühma või otsinud tooteid märksõna alusel, kuvatakse talle toodete nimekiri (vt joonis 4.8). Toodete nimekirjas on tooteid võimalik filtreerida erinevate parameetrite alusel, mis on järjestatud sisearhitektidele suunatud analüüsi tulemuste järgi. Iga parameetri juures on infoikoon, mille peale vajutades näeb parameetri lühikirjeldust ning vajutades lingile „Rohkem informatsiooni“, suunab see akustiku nõuandlasse. Samuti on võimalik tooteid sorteerida näiteks hinnaklassi järgi, mis reastab tooted hinna, pindala ja helineelduvusteguri suhte järgi. Toodete nimekirjas on suurelt kuvatud tootepilt, kuna sisearhitekt teeb valiku peamiselt toote disaini järgi. Samuti on kuvatud kursoriga peale liikudes sisearhitektile kõige olulisemad parameetrid (materjal ja helineeldetegur). Kui on soov näha täpsemat tooteinfot, peab klikkima toote peale. Selgelt on eristatavad tooted, mis on uued (märgitud „UUS“) ja mida soovitavad akustikud (märgitud „SOOVITAME“). Selleks, et tooteid omavahel võrrelda, saab märkida sobivaimad tooted ning kõrvale ilmub kollane nupp sisuga „VÖRDLE“, millele peale vajutades suunatakse toodete võrdlustabelisse.

The screenshot displays the 'acoustic SOLUTIONS' website interface. The main navigation bar includes 'Avaleht', 'TOOTED', 'AKUSTIKA', 'Meist', and 'Kontakt'. The page title is 'Seinapaneeleid'. A search bar is located at the top right. The left sidebar contains filters for 'FILTRID', 'Tulekindlus', 'Materjal', 'Mõeldud', 'Helineeldeklass', 'Helineeldetegur', 'Puhastamisviis', 'Sevitrakaadid', 'Allergilised reaktsioonid', 'Hind', 'Niiskuskindlus', 'Jätkuskindlus', and 'Loogikindlus'. The main content area shows a grid of product cards, each with a thumbnail image, product name, and 'Lis info' button. A detailed view of the 'Johanson Romb' panel is shown on the right, with a 'UUS!' badge. The detailed view includes the product name, material ('Materjal: kangaga kaetud vilt'), and absorption coefficient ('Helineeldetegur: 0,9'). A 'VÖRDLE' button is visible in the top right corner of the detailed view. The footer contains contact information, payment methods, and a newsletter sign-up form.

Joonis 4.8 Toodete nimekiri (II joonisel on kujutatud kursoriga peale liikumise vaade teisel tootel)

## 4.2.3 Toote detailinfo

Kui sisearhitekt on vajutanud toodete nimekirjas tootele, suunatakse ta toote detailinfo lehele, kus näeb tootekirjeldust ja põhilisi parameetreid, mille põhjal sisearhitekt otsuse langetab (vt joonis 4.9). Lisaks on võimalus „TOOTE INFO“ peale vajutades näha kogu toote kohta antud informatsiooni: parameetrite info, tootja poolt antud tooteleht ja muu oluline informatsioon. Kuna helineeldetegur sõltub heli sagedusest, saab helineeldeteguri juures valida sobiliku sageduse (seda saab valida lisaks nii toodete nimekirjas kui ka toodete võrdlustabelis). Kui sisearhitekt ei oska valida sobilikku sagedust, saab vajutada infoikoonile (näeb lühikirjeldust), ning vajutades lingile „Rohkem informatsiooni“, suunatakse kasutaja akustiku nõuandlasse, kus kirjeldatakse erinevaid müra sagedusi. Lisaks on võimalus tootelehel minna võrdlemistabelisse, kuna endiselt kuvatakse kastikest sisuga „VÖRDLE“, mis sisaldab eelnevalt märgitud tooteid.

The screenshot displays the product detail page for 'JOHANSON BEEHIVE' on the Acoustic Solutions website. The page features a navigation bar at the top with the company logo and menu items: 'Avalaht', 'TOOTED', 'AKUSTIKA', 'Meist', and 'Kontakt'. A search bar is located in the top right corner.

The main content area includes a product image of the 'JOHANSON BEEHIVE' acoustic panel, which is a honeycomb-shaped panel in orange. A blue chair is positioned in front of the panel. The product name 'JOHANSON BEEHIVE' is prominently displayed, along with its product code '002' and price '90 €'. The material is listed as 'kangaga kaetud vill' (wool covered with fabric) and the color is 'oranž' (orange). The absorption coefficient is '0.9' at '1000 Hz'. The quantity is set to '1'. There are buttons for 'Lisa ostukorvi' (Add to cart) and 'Osta kohe' (Buy now). A 'VÖRDLE (4)' button is also visible.

The 'TOOTE INFO' section provides a detailed description: 'Seinale kinnitav akustiline paneel, mis summutab ruumis heli. Inspireeritud looduses esinevast hiigavalt tugevast kujundist - küsnurgast. Meeslane ehitab oma mesitarusid selle mustri järgi üksnes seetõttu, et selle tugev struktuur nõuab minimaalselt materjali. Magnetkinnitusega on seda lihtne seinale kinnitada.' Below this, there are social media icons for Facebook, Instagram, and Pinterest.

The footer contains contact information: 'Kontakt' with phone number '+372 66 666 6666' and email 'info@acousticsolutions.com'. It also lists payment methods (MasterCard, Visa, PayPal) and provides a sign-up form for a newsletter: 'Liitu uudiskirjaga, et olla kursis värskimate uudistega!' with a field for 'Sisesta oma e-maili aadress' and a 'Liitu nüüd!' button. The footer also includes the copyright notice '©2020 by Acoustic Solutions'.

Joonis 4.9 Toote detailinfo

## 4.2.4 Toodete võrdlemine

Eelnevalt märgitud toodete kohta kuvatakse toodete võrdlustabel, kus on olemas kõik sisearhitektile vajalikud parameetrid toodete kohta. Joonisel 4.10 on näidatud, kuidas kuvatakse infokoonile vajutades parameetri lühikirjeldus. Kui vajutada lingile „Rohkem informatsiooni“, suunatakse kasutaja akustiku nõuandlasse, kus on põhjalikumalt kirjeldatud antud parameetrit ning seoseid ruumiakustika ja toote valiku protsessiga. Helineeldeteguri peab valima soovitud heli sageduse, et kuvada õige helineeldeteguri väärtus. Samuti on jätkusuutlikuse puhul vaja valida sobivaim kriteerium, näiteks taaskasutus, sest jätkusuutlikkust on kirjeldanud tootjad erinevalt.

The screenshot displays the 'Valitud toodete võrdlus' (Selected product comparison) page on the Acoustic Solutions website. It features a table comparing four acoustic panels: Abstracta Aircone, Johnson Beehive, Offerl Soundwave Botanic, and Zilenzio Fozzett. A tooltip is shown over the 'Helineeldetegur' (Sound absorption coefficient) row, explaining that the value is based on the material's absorption and is relative to a standard EN ISO 354. The table includes various technical specifications such as price class, material type, dimensions, and sustainability features like 'taaskasutus' (recycling).

Parameeter	Abstracta Aircone	Johnson Beehive	Offerl Soundwave Botanic	Zilenzio Fozzett
Hinnaklass	5	5	5	4
Tulekindlus	-	EN ISO 11925-2	-	-
Materjal	Kangaga kaetud vill	Kangaga kaetud vill	Võrnitud polüesterkiud	Perforeeritud MDF kangaga kaetud mineraalvill
Möödud	495 x 495 x 83 mm	550 x 475 x 75 mm	585 x 585 x 62 mm	700 x 400 x 53 mm
Helineeldeklass	-	C	-	-
Helineeldetegur 1000 Hz	0,9	0,9	1,0	0,7
Puhastamisviis	Vaakumpuhastus, pehme lapp	-	Vaakumpuhastus, pehme hari	-
Sertifikaadid	Möbelfakta, FTI, ISO 9001, ISO 14001, ISO 18001	EN ISO 11925-2	Möbelfakta, The Nordic Swan, FUL, Frolabel, Cradle to Cradle	Möbelfakta
Allergilised reaktsioonid	-	-	-	-
Hind	-	99 €	-	-
Niiskuskindlus	-	-	-	-
Jätkusuutlikkus taaskasutus	3%	-	30%	-
Löögikindlus	-	-	-	-





**Helineeldetegur  $\alpha$  iseloomustab materjali helineelamisomadusi ja sõltub sagedusest.**  
 $\alpha$  väärtus võib muutuda vahemikus 0 (täielik peegeldumine) kuni 1,00 (täielik neeldumine).  
 Selle määramisel lähtutakse rahvusvahelisest standardist EN ISO 354.  
[Rohkem informatsiooni](#)

Joonis 4.10 Toodete võrdlemine (II joonisel on näha parameetri lühikirjelduse kuva infokoonile peale vajutades)

### 4.3 Nõutele vastavus

Nõuetele vastavust testitakse nii, et võrreldakse analüüsi osas püstitatud nõudeid lahenduses pakutava digiplatvormi funktsionaalsustega. Loodud prototüübiga lahendati kõik analüüsi osas püstitatud nõuded. Täpsemalt selgitab nõuete täitmist tabel 4.3.

Tabel 4.3 Digiprototüübi nõuetele vastavus

<p>N010 N011</p>	<p>Tootekategooriad</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid #ccc; padding-bottom: 5px;"> <span>Avaleht</span> <span style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px;">TOOTED</span> <span>AKUSTIKA</span> <span>Meist</span> <span>Kontakt</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; padding: 5px 0;"> <div style="width: 20%;"> <p>PEHME MÖÖBEL</p> </div> <div style="width: 40%;"> <p>PANEELID</p> <p>Laepaneelid</p> <p>Seinapaneelid</p> <p>Lauapaneelid</p> <p>Ruumijagajad</p> </div> <div style="width: 20%;"> <p>AKUSTILISED KABIINID</p> </div> <div style="width: 20%;"> <p>AKUSTILISED VALGUSTID</p> </div> </div>
<p>N020 N023 N024</p>	<p>Tootepilt ja disain</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="width: 30%; text-align: center;">  <p>Abstracta Aircone</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Võrdle    Hinnaklass: 5</p> <p style="background-color: #4a7c59; color: white; padding: 5px; border-radius: 5px;">Lisa ostukorvi</p> </div> <div style="width: 30%; text-align: center;">  <p>Johanson Romb</p> <p><input type="checkbox"/> Võrdle    Hinnaklass: 5</p> <p style="background-color: #4a7c59; color: white; padding: 5px; border-radius: 5px;">Lisa ostukorvi</p> </div> <div style="width: 30%; text-align: center;">  <p>Johanson Beehive</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Võrdle    Hinnaklass: 5</p> <p style="background-color: #4a7c59; color: white; padding: 5px; border-radius: 5px;">Lisa ostukorvi</p> </div> </div>
<p>N021 N022</p>	<div style="text-align: center;">  <p>Johanson Romb</p> <p>Materjal: kangaga kaetud vill</p> <p>Helineetdetegur: 0,9    1000 Hz    ▼</p> </div>

N030  
N031

Filtreerimine

## FILTRID

Tulekindlus ⓘ +

Materjal ⓘ —

- Vilt
- Kivivill
- Mineraalvill
- Puidukiud
- Polüesterkiud
- Kookoskiud

Möödud +

Helineeldeklass ⓘ —

- A
- B
- C
- D
- E
- Klassifitseerimata

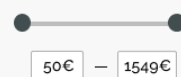
Helineeldetegur ⓘ +

Puhastamisviis ⓘ +

Sertifikaadid ⓘ +

Allergilised reaktsioonid ⓘ +

Hind —



Niiskuskindlus ⓘ +

Jätkusuutlikus ⓘ +

Löögikindlus ⓘ +

N040

Võrdlemine



Offecct Soundwave Botanic

Võrdle Hinnaklass: 5

Lisa ostukorvi



Zilenzio Fazett

Võrdle Hinnaklass: 4

Lisa ostukorvi

VÕRDLE (4)

N050  
N051

Toote detailinfo



## JOHANSON BEEHIVE

Tootekood: 002 Hinnaklass: 5

90 €

ⓘ Materjal: kangaga kaetud vilt

Värv: oranž



ⓘ Helineeldetegur: 0,9

1000 Hz

Kogus

1

Lisa ostukorvi

Osta kohe

Võrdle

TOOTE INFO

Seinale kinnitav akustiline paneel, mis summutab ruumis heli. Inspireeritud looduses esinevast hiigavalt tugevast

VÕRDLE (4)

No60  
No61  
No62

Akustiku nõuandla

Avaleht

TOOTED

AKUSTIKA

Meist

Kontakt

AKUSTIKU NÕUANDLA

TEADMISTEBAAS

KOOLITUSED

Küsi akustikult abi

Ruumiakustika

Ruumiakustika

Mille järgi valida toodet?

Akustilised tooted

Akustilised materjalid

Kuidas valida toodete

Akustilised materjalid

kogust ruumis?

Helineeldetegur

Meie soovitame

Helineeldeklass

Sertifikaadid

Jätkusuutlikkus

Küsi julgelt abi  
toodete valimise  
protsessis!





## 5 Tuleviku arendustegevused

Kuna lõputöö maht ja aeg on piiratud, siis on järgnevalt kirjeldatud tegevused, millega plaanitakse jätkata.

### 5.1 Kasutajatestimise läbiviimine loodud prototüübi peal

Lõputöö käigus teostati kasutajate uuring küsitluse ja intervjuu vormis, mille tulemusi analüüsid pandi kirja prototüübile esitatavad nõuded, mille põhjal loodi digiplatvormi disain ja prototüüp. Järgmiseks sammuks on vaja prototüüpi lõppkasutajate peal testida ning selle põhjal teha täiendusi ja parandusi.

### 5.2 Toodete lisamise võimaluste analüüs

Küsitluse ja intervjuude tulemustest selgus, et sisearhitektide jaoks loodud lahendus on oluline ja lahendab reaalselt probleemi. Järgmiseks on vaja läbi viia turuanalüüs, et selgitada välja, kui palju on tootjaid ja kui suur huvi on neil uute müügivõimaluste vastu. Samuti tuleb viia läbi uuring, et selgitada välja, kas platvormile lisavad tooteid tootjad või tegeleb platvormi haldaja ise toodete lisamisega. Vastavalt sellele on vaja kirjeldada nõuded, toodete lisamise protsess ja disainida vaated. Samuti on oluline hinnaklassi parameetri täpsem analüüs ja selle välja töötamine.

### 5.3 Teiste sihtrühmade analüüs

Lõputöö keskendus sisearhitektide vajaduste kaardistamisele ja nende probleemi lahendava lahenduse väljatöötamisele. Selleks, et platvormi kasutatavust suurendada, on vaja täpsemalt tuvastada teised sihtrühmad ning uurida nende vajadusi. Üheks näiteks on akustikud, kelle esindajaga viidi magistritöö raames läbi intervjuu, millest selgus, et akustikute vajadused erinevad oluliselt sisearhitektide vajadustest.

### 5.4 Akustiku nõuandla täpsem analüüs ja disain

Akustiku nõuandla loomiseks on vaja selgitada, kuidas ja kui palju informatsiooni on vaja lisada, et see oleks piisav ja arusaadav sisearhitekti jaoks, kes ei oma ruumiakustika valdkonnas spetsiifilisi teadmisi. Selleks on vaja välja töötada vajalikud õppematerjalid. Samuti on vaja täpsemalt uurida koolituse võimalusi ning selgitada välja sisearhitektide võimalused akustikuga koostööks.



## Kokkuvõte

Avatud kontori akustilise kujundamise jaoks on vaja tunda ruumiakustika põhimõtteid ning see nõuab praktilist kogemust [9]. Oluline on teada, kuidas mõjutavad helikvaliteeti ruumi akustilised omadused. Magistritöös toodi välja põhilised ruumiakustika mõisted ja valemid, mis aitavad mõista helineeldumise protsessi ruumis. Põhiliselt kasutatakse avatud kontoris helineelavaid laepaneele ning vaheseinu. Akustilistes lahendustes kasutatavad materjalid peavad vastama standarditele ISO 354 ja ISO 11654, millega määratakse katseliselt materjali helineeldetegur. Oluline on mõista, et efektiivne on avatud kontor vaid siis, kui on arvestatud töötajate vajadustega, tehtud müraanalüüs ning paigutatud töötajad nii, et nad saaksid teha koostööd ning samas ei segaks üksteist.

Antud magistritöö eesmärk oli luua sisearhitektile helineelavate materjalide valikut lihtsustava digiplatvormi prototüüp, kus on esitatud vajalik info akustiliste toodete kohta ning neid on võimalik võrrelda. Sisearhitekt hindab võimalikult lihtsat ja arusaadavat info kirjeldust eelkõige akustiliste andmete kohta. Samuti on talle oluline, et olemas on illustreerivad näited ning et keegi aitab tal valida toote koguse vastavalt helineeldeklassile ilma eraldi akustikut kaasamata. Samuti on talle olulised akustikaalased materjalid ning koolitusvõimalused. Seetõttu on digiplatvormis eraldi akustiku nõuandla, kust leiab vajalikud õppematerjalid, ja vestluse kaudu on toote valikul võimalus akustiku käest nõu küsida.

Lisaks leiti, kas ja miks paljud akustilised lahendused ei anna oodatavaid tulemusi. Selgus, et enamasti annavad akustilised lahendused soovitud tulemuse. Peamine akustilise lahenduse mittetoimimise põhjus on eelarve, millele järgneb ruumi müraanalüüsi puudumine. Veel võivad põhjusteks olla puudulikud teadmised ruumiakustikast, puudulik info müraallikate kohta, praktilise kogemuse puudumine ja/või puudulik info ruumi eripärade kohta. Samuti on ruumiakustika väga subjektiivne ehk iga inimene tajub seda erinevalt.

Sisearhitekti vajaduste väljaselgitamiseks ja analüüsimiseks kasutati kvantitatiivseid ja kvalitatiivseid meetodeid. Kvantitatiivse meetodina kasutati küsitlust, milles osales 47 Eesti Sisearhitektide Liidu liiget. Kvalitatiivse meetodina kasutati intervjuud akustiku ning sisearhitektiga. Uuringu põhieesmärk oli välja selgitada parameetrid, mille alusel langetavad sisearhitektid otsuse, millist helineelavat lahendust nad kasutavad. Samuti sooviti teada, milline informatsioon peab kindlasti toote infolehel olema ning kas ja kuidas võrreldakse akustilisi lahendusi. Selgus, et sisearhitektide jaoks on kõige

olulisem disain, millele järgnes materjal, helineeldetegur ja hind. Samuti olid olulised helineeldeklass, mõõdud, standarditele vastavus ja puhastatavus. Sisearhitektid pidasid kõige olulisemaks parameetriks akustilise toote infolehel tulekindlust, millele järgnesid materjal, mõõdud, helineeldeklass, helineeldetegur eri sagedustel ja puhastatavus. Samuti olid olulised sertifikaadid, tootja info, võimalikud allergilised reaktsioonid, hind, jätkusuutlikkus, niiskuskindlus ja mehaanilised omadused.

Magistritöö käigus uuriti, analüüsiti ja kategoriseeriti erinevaid Eestis kättesaadavaid lahendusi müra-tingitud probleemide lahendamiseks, mis olid sisendiks prototüübi loomisele. Töös kirjeldati eri toodete info olemasolu ning leidmise lihtsust nii edasimüüja kui ka tootja kodulehel. Prototüübi lahenduse väljatöötamise jaoks võrreldi sisearhitektide kriteeriumite vastavust toodete infolehel leitud parameetritega. Analüüsi tulemusena selgus, et info varieerus eri tootjatel suuresti ning puudu oli märkimisväärne osa infost, mida pidasid sisearhitektid küsitluse tulemuste järgi oluliseks. Samuti selgus, et kõigi toodete kohta oli ühine parameeter ainult materjal. Hinda ja allergilisi reaktsioone ei olnud märkinud ükski tootja, kuigi tegemist oli sisearhitektide jaoks olulise infoga. Lisaks materjalile ja mõõtudele oli enamikel toodetel antud helineelduvusteguri väärtus ning välja toodud sertifikaadid. Kuid kuna tootjad ei ole avaldanud hindasid, sest hind ei ole tihtipeale täpselt fikseeritud, tuuakse prototüübis toote pindala, helineeldeteguri ja hinna suhe välja hinnaklassina, et teha tooted selle alusel võrreldavaks. See aitab sisearhitektil valikut lihtsustada.

Magistritöö tulemusena loodi prototüüpimiskeskkonnas Figma digiplatvormi prototüüp, mis vastas analüüsis välja toodud loodava prototüübi nõuetele. Digiplatvormi prototüübis on võimalus:

1. Otsida erinevaid akustilisi lahendusi ning neid omavahel võrrelda;
2. Filtreerida tooteid vajalike parameetrite järgi;
3. Sortida tooteid vastavalt hinnaklassile;
4. Näha toodete nimekirjas põhilisi parameetreid (mille põhjal langetab sisearhitekt otsuse);
5. Toote peale vajutades näha toote detailinfot;
6. Infoikooni peale vajutades näha parameetri kirjeldust;
7. Leida õppematerjale ruumiakustikast ja akustiliste toodete valiku põhimõtetest;
8. Kasutada toodete valikul akustiku abi (vestlus).

## Summary

Acoustic design of an open plan office requires knowledge of the principles of room acoustics which in turn requires practical experience [9]. It is important to know how the acoustic properties of a room affect sound quality. This master's thesis outlined the basic concepts and formulas of spatial acoustics that help to understand the process of sound absorption in space. Sound-absorbing ceiling panels and partitions are mainly used in an open plan office. Materials used in acoustic solutions must comply with ISO 354 and ISO 11654 standards, which experimentally determine the sound absorption coefficient of a material. It is important to understand that an open plan office is only effective if the needs of employees are taken into account, noise analysis is carried out and employees are positioned so that they can work together without disturbing each other.

The aim of this master's thesis was to create a prototype digital platform that simplifies the selection of sound-absorbing materials for interior designers and where the necessary information about acoustic products is presented so that they can be compared. The interior architect appreciates as simple and comprehensible information description as possible, especially about acoustic data. It is also important for the interior architect that there are illustrative examples and that someone helps to choose the quantity of the product according to the sound absorption class without involving a separate acoustic. Acoustic materials and training opportunities are also important to the architect, which was also expressed in the survey. Therefore, the digital platform has a separate acoustic counselling centre, where you can find the necessary study materials, and through the chat, it is possible to ask the acoustic counsellor for product selection

In addition, a reason was found as to whether and why many acoustic solutions do not bring the expected results. It turned out that in most cases, acoustic solutions give the desired result. The main reason for the failure of the acoustic solution is the budget, followed by the lack of noise analysis of the room. Other reasons may be insufficient knowledge of spatial acoustics, insufficient information on noise sources, lack of practical experience and/or insufficient information on the specifics of the room. Spatial acoustics are also very subjective, i.e. everyone perceives it differently.

Quantitative and qualitative methods were used to identify and analyze the needs of the interior architect. As a quantitative method, a survey was used in which 47 members of the Estonian Association of Interior Architects participated. Interviews with acoustician and interior architect were used as qualitative methods. The main goal of the study was to find out the parameters based on which interior architects decide which sound-absorbing solution they will use. Author also wanted to know what information must be included in the product leaflet and whether and how the different acoustic solutions are compared. It turned out that the most important thing for interior architects is design, followed by material, sound absorption factor and price. Sound absorption class, dimensions, compliance with standards and cleanability were also important. When looking at the acoustic product leaflet, sound architects considered the fire resistance of the acoustic product, followed by the material, dimensions, sound absorption class, sound absorption coefficient at different frequencies and cleanability as the most important parameters. Certificates, manufacturer information, possible allergic reactions, price, sustainability, moisture resistance and mechanical properties were also important.

In the course of this master's thesis, various solutions available in Estonia for solving noise-related problems, which were input for the creation of a prototype, were studied, analyzed and categorized. In the thesis, the existence and ease of finding information about different products on the website of both the reseller and the manufacturer were described. For the development of the prototype solution, the criteria of the interior architects were compared with the parameters found in the product information sheet. As a result of the analysis, it became clear that the information varied greatly from one manufacturer to another, and a significant part of the information that the interior architects considered important according to the results of the survey was missing. It also turned out that only the material was a common parameter for all products. Price and allergic reactions were not reported by any manufacturer, although this was important information for interior designers. In addition to the material and dimensions, most products had information about the sound absorption coefficient value and certificates. However, as manufacturers have not published prices, as the price is often not precisely fixed, the prototype presents the ratio of the product area, sound absorption coefficient and price as a price class to make products comparable on this basis. This will help to simplify choices for the interior designer.

As a result of this master's thesis, a digital platform prototype was created in the Figma prototyping environment, which met the requirements of the prototype created in the analysis. The digital platform prototype enables to:

1. Look for different acoustic solutions and compare them with each other;
2. Filter products according to the required parameters;
3. Sort products by price range;
4. See the main parameters in the list of products (based on which the interior architect makes the decision);
5. Click on the product to see detailed product information;
6. Click on the information icon to see the description of the parameter;
7. Find study materials on spatial acoustics and acoustic product selection principles;
8. Use the help of an acoustic consultant (chat) when choosing products.

## Kasutatud allikad

- [1] H. Kuttruff, *Acoustics. An introduction*, London: Taylor & Francis, 2007, pp. 2, 4-5, 257.
- [2] S. Vellenga-Persoon ja T. Höngens, „Acoustic measurements in retrofit buildings lead to a sustainable design of a (semi-) open plan office,“ *Energy Procedia*, kd. 78, pp. 1641-1646, 2015.
- [3] P. Sörqvist, N. Halin ja S. Hygge, „Individual Differences in Susceptibility to the Effects of Speech on Reading Comprehension,“ *Applied Cognitive Psychology*, kd. 24, nr 1, pp. 67-76, 2010.
- [4] H. Jahncke, S. Hygge, N. Halin, A. M. Green ja K. Dimberg, „Open-plan office noise: Cognitive performance and restoration,“ *Journal of Environmental Psychology*, kd. 31, nr 4, pp. 373-382, 2011.
- [5] L. Lenne, P. Chevret ja J. Marchand, „Long-term effects of the use of a sound masking system in open-plan offices: A field study,“ *Applied Acoustics*, kd. 158, nr 107049, 2020.
- [6] N. Perrin Jegen ja P. Chevret, „Effect of noise on comfort in open-plan offices: application of an assessment questionnaire,“ *Ergonomics*, kd. 60, nr 1, pp. 6-17, 2016.
- [7] E. Bernstein ja S. Turban, „The Impact of the 'Open' Workspace on Human Collaboration.,“ kd. 373, nr 1753, 19 08 2018.
- [8] H. Rudi, „Uus trend: avatud kontorite aeg on möödas, elagu kabinetivaikus!,“ 12 01 2019. [Võrgumaterjal]. Available: <https://tarbija24.postimees.ee/6497013/uus-trend-avatud-kontorite-aeg-on-moodas-elagu-kabinetivaikus>. [Kasutatud 29 01 2020].
- [9] H. Kuttruff, *Room Acoustics*, Abingdon: Spon Press, 2009, pp. 27, 30, 109, 127, 160-186, 252, 294-295, 311, 315.
- [10] „User Centered Design,“ Interaction Design Foundation, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.interaction-design.org/literature/topics/user-centered-design>. [Kasutatud 26 04 2020].
- [11] „open-plan,“ 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/open-plan>. [Kasutatud 27 02 2020].
- [12] „Open Plan,“ 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.businessdictionary.com/definition/open-plan.html>. [Kasutatud 27 02 2020].

- [13] A. Brennan, J. S. Chugh ja T. Kline, „Traditional versus Open Office Design: A Longitudinal Field Study,” *Environment and Behavior*, kd. 34, nr 3, pp. 279-299, 2002.
- [14] A. Hedge, „The Open-Plan Office: A Systematic Investigation of Employee Reactions to Their Work Environment,” *Environment and Behavior*, kd. 14, pp. 519-542, 1982.
- [15] A. Richardson, J. Potter, M. Paterson, T. Harding, G. Tyler-Merrick, R. Kirk, K. Reid ja J. McChesney, „Office design and health: a systematic review,” *New Zealand Medical Journal*, kd. 130, nr 1467, 2017.
- [16] „Kas avatud kontor soosib koostööd või pärsib efektiivsust?,” AS Äripäev, 18 03 2019. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.personaliuudised.ee/uudised/2019/03/18/kas-avatud-kontor-soosib-koostood-voi-parsib-efektiivsust>. [Kasutatud 25 02 2020].
- [17] L. D. Parker, „From scientific to activity based office management: a mirage of change,” *Journal of Accounting & Organizational Change*, kd. 12, nr 2, pp. 177-202, 2016.
- [18] V. G. Oommen, M. Knowles ja I. Zhao, „Should Health Service Managers Embrace Open Plan Work Environments? A Review,” *Asia Pacific Journal*, kd. 3, pp. 37-43, 2008.
- [19] M. Rashid ja C. Zimrig, „A Review of the Empirical Literature on the Relationships Between Indoor Environment and Stress in Health Care and Office Settings: Problems and Prospects of Sharing Evidence,” *Environment and Behavior*, kd. 40, nr 2, pp. 151-190, 2008.
- [20] E. Bernstein ja B. Waber, „The Truth About Open Offices,” 12 2019. [Võrgumaterjal]. Available: <https://hbr.org/2019/11/the-truth-about-open-offices>. [Kasutatud 23 02 2020].
- [21] R. Nikolaeva ja S. D. Russo, „Office Design and Dignity at Work in the Knowledge Economy,” %1 *Dignity and the organization*, London, Palgrave MacMillan, 2016, p. 197–220.
- [22] B. P. Haynes, „Office productivity: A shift from cost reduction to human contribution,” *Facilities*, kd. 25, nr 11/12, pp. 452-462, 2007.
- [23] R. L. Morrison ja R. K. Smollan, „Open plan office space? If you're going to do it, do it right: A fourteen-month longitudinal case study,” *Applied Ergonomics*, kd. 82, 2020.
- [24] A. Haapakangas, D. M. Hallman, S. E. Mathiassen ja H. Jahncke, „The effects of moving into an activity-based office on communication, social relations and work demands – A controlled intervention with repeated follow-up,” *Journal of Environmental Psychology*, kd. 66, nr 101341, 2019.
- [25] R. Appel-Meulenbroek, P. Groenen ja I. Janssen, „An end-user’s perspective on activity-based office concepts,” *Journal of Corporate Real Estate*, kd. 13, nr 2, p. 122–135, 2011.
- [26] M. B. Chafi, M. Harder ja C. B. Danielsson, „Workspace preferences and non-preferences in Activity-based Flexible Offices: Two case studies,” *Applied Ergonomics*, kd. 83, nr 102971, 2020.
- [27] I. Eiskop ja A. Sillart, *Akustika ja helitehnika*, Tallinn: Valgus, 1988, pp. 7, 64-78, 87-89.

- [28] B. Steege, D. Novak ja M. Sakakeeny, *Keywords in sound*, D. Novak ja M. Sakakeeny, Toim-d, London: Duke University Press, 2015, pp. 3, 22-23, 125-130.
- [29] B. Kosko, *Noise*, New York: Viking Penguin, 2006.
- [30] „CadnaR software,“ ACOEM group, 2019. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.01db.com/our-solutions/our-products/noise-prediction/indoor-noise-prediction-software/>. [Kasutatud 14 03 2020].
- [31] „Overview,“ i-Simpa, [Võrgumaterjal]. Available: <https://i-simpa.ifsttar.fr/presentation/presentation/>. [Kasutatud 14 03 2020].
- [32] X. Sagartzazu, L. Hervella-Nieto ja J. M. Pagalday, „Review in Sound Absorbing Materials,“ *Archives of Computational Methods in Engineering*, kd. 15, nr 3, pp. 311-342, 2008.
- [33] S. Fengshan, L. Lijun, G. Xianyue, J. Xuejian ja D. Xiangjun, „Equivalent model of spatial random array vibration system on sound-absorbing computing for porous material,“ *Applied Acoustics*, kd. 165, nr 107299, 2020.
- [34] A. J. Angwin, W. J. Wilson, W. L. Arnott, A. Signorini, R. J. Barry ja D. A. Copland, „White noise enhances new-word learning in healthy adults,“ *Scientific Reports*, kd. 7, nr 13045, 2017.
- [35] A. J. Angwin, W. J. Wilson, P. Ripollés, A. Rodriguez-Fornells, W. L. Arnott, R. J. Barry, B. B. Cheng, K. Garden ja D. A. Copland, „White noise facilitates new-word learning from context,“ *Brain and Language*, kd. 199, nr 104699, 2019.
- [36] E. Othman, A. N. Yusoff, M. Mohamad, H. A. Manan, V. Giampietro, A. I. A. Hamid, M. A. Dzulkifli, S. S. Osman ja W. I. D. Wan Burhanuddin, „Low intensity white noise improves performance in auditory workingmemory task: An fMRI study,“ *Heliyon*, kd. 5, nr 9, 2019.
- [37] V. H. Rausch, E. M. Bauch ja N. Bunzeck, „White Noise Improves Learning by Modulating Activity in Dopaminergic Midbrain Regions and Right Superior Temporal Sulcus,“ *Journal of Cognitive Neuroscience*, kd. 26, nr 7, pp. 1469-1480, 2014.
- [38] N. A. Herweg ja N. Bunzeck, „Differential effects of white noise in cognitive and perceptual tasks,“ kd. 6, nr 1639, 03 11 2015.
- [39] G. B. Söderlund, S. Sikström, J. M. Loftesnes ja E. J. Sonuga-Barke, „The effects of background white noise on memory performance in inattentive school children,“ *Behavioral and Brain Functions*, kd. 6, nr 55, 2010.
- [40] V. Hongisto, J. Varjo, H. Leppämäki, D. Oliva ja J. Hyönä, „Work performance in private office rooms: The effects of sound insulation and sound masking,“ *Building and Environment*, kd. 104, pp. 263-274, 2016.
- [41] „Kuidas summutada kontoris müra?,“ Äripäev, 29 11 2018. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.aripaev.ee/sisuturundus/2018/11/29/kuidas-summutada-kontoris-mura>. [Kasutatud 10 03 2020].



- [42] „10 näpunäidet meeldivama helikeskkonna saavutamiseks tööruumides,“ Aj Tooted, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.ajtooted.ee/aj-blogi/meeldiv-helikeskkond/30857477.wf>. [Kasutatud 10 03 2020].
- [43] Ecophon, „Töökoha parendamine tegevuspõhiste akustikalahenduste abil,“ 2014. [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.ecophon.com/globalassets/media/pdf-and-documents/et/ee\\_7776\\_office\\_app\\_140709\\_low\\_2.pdf](https://www.ecophon.com/globalassets/media/pdf-and-documents/et/ee_7776_office_app_140709_low_2.pdf). [Kasutatud 14 03 2020].
- [44] „Vertikaalsed helineeldurid parema akustilise tulemuse saavutamiseks,“ Ecophon , [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.ecophon.com/et/knowledge/acoustic-knowledge/how-to-create-good-room-acoustics/vertikaalne-akustika/>. [Kasutatud 12 03 2020].
- [45] „HUSH,“ 2017. [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.tool.ee/images/products/catalog/Hush\\_kataloog.pdf](https://www.tool.ee/images/products/catalog/Hush_kataloog.pdf). [Kasutatud 12 03 2020].
- [46] „Milline on trendikas 21. sajandi kontor?,“ Äripäev, 27 02 2019. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.finantsuudised.ee/sisuturundus/2019/02/27/milline-on-trendikas-21-sajandi-kontor>. [Kasutatud 15 03 2020].
- [47] F. Asdrubali, S. Schiavoni ja K. Horoshenkov, „A Review of Sustainable Materials for Acoustic Applications,“ *Building Acoustics*, kd. 19, nr 4, p. 283–311, 2012.
- [48] „What is the Circular Economy?,“ Ellen Macarthur Foundation, 2017. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/what-is-the-circular-economy>. [Kasutatud 07 03 2020].
- [49] „Ringmajandus,“ Ragn Sells, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.ragnsells.ee/keskkond/ringmajandus/>. [Kasutatud 07 03 2020].
- [50] L. Cao, Q. Fu, Y. Si, B. Ding ja J. Yu, „Porous materials for sound absorption,“ *Composites Communications*, kd. 10, pp. 25-35, 2018.
- [51] F. Mbailassem, E. Gourdon, Q. Leclère, E. Redon ja T. Cambonie, „Sound absorption prediction of linear damped acoustic resonators using a lightweight hybrid model,“ *Applied Acoustics*, kd. 150, pp. 12-26, 2019.
- [52] F. Suvari, Y. Ulcay ja B. Pourdeyhimi, „Sound absorption analysis of thermally bonded high-loft nonwovens,“ *Textile Research Journal*, kd. 86, pp. 837-847, 2015.
- [53] Y. Si, J. Yu, X. Tang, J. Ge ja B. Ding, „Ultralight nanofibre-assembled cellular aerogels with superelasticity and multifunctionality,“ *Nature Communications*, kd. 5, nr 5802, 2014.
- [54] G. Sung, S. K. Kim, J. W. Kim ja J. H. Kim, „Effect of isocyanate molecular structures in fabricating flexible polyurethane foams on sound absorption behavior,“ *Polymer Testing*, kd. 53, pp. 156-164, 2016.
- [55] H. Ke, Y. Donghui, H. Siyuan ja H. Deping, „Acoustic absorption properties of open-cell Al alloy foams with graded pore size,“ *Applied Physics*, kd. 44, nr 36, 2011.

- [56] F. Asdrubali, „Survey on The Acoustical Properties of New Sustainable Materials for Noise Control,” %1 *Euronoise*, Tampere, 2006.
- [57] S. V. Joshi, L. T. Drzal, A. K. Mohanty ja S. Arora, „Are natural fiber composites environmentally superior to glass fiber reinforced composites?,” *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, kd. 35, nr 3, pp. 371-376, 2004.
- [58] M. Pervaiz ja M. M. Sain, „Carbon storage potential in natural fiber composites,” *Resources, Conservation and Recycling*, kd. 39, nr 4, pp. 325-340, 2003.
- [59] F. Asdrubali, „Green and sustainable materials for noise control in buildings,” %1 *19th International Congress on Acoustics*, Madrid, 2007.
- [60] L. Bouazizi, H. Trabelsi, C. Othmani, M. Taktak, M. Chaabane ja M. Haddar, „Uncertainty and sensitivity analysis of porous materials acoustic behavior,” *Applied Acoustics*, kd. 144, pp. 64-70, 2019.
- [61] S. M. Batouli, Y. Zhu, M. Nar ja N. A. D'Souza, „Environmental performance of kenaf-fiber reinforced polyurethane: a life cycle assessment approach,” *Journal of Cleaner Production*, kd. 66, pp. 164-174, 2014.
- [62] R. Del Rey, J. A. Fernandez, B. Laura ja V. S. Ricó, „Absorbent acoustic materials based in natural fibers,” %1 *Proceedings of Forum Acusticum*, Aalborg, 2011.
- [63] T. Okuzono ja K. Sakagami, „A frequency domain finite element solver for acoustic simulations of 3D rooms with microperforated panel absorbers,” *Applied Acoustics*, kd. 129, pp. 1-12, 2018.
- [64] P. Cobo, C. de la Colina, E. Roibás-Millán, M. Chimeno ja F. Simón, „A wideband triple-layer microperforated panel sound absorber,” *Composite Structures*, kd. 226, nr 111226, 2019.
- [65] F. Bucciarelli, G. P. Malfense Fierro ja M. Meo, „A multilayer microperforated panel prototype for broadband sound absorption at low frequencies,” *Applied Acoustics*, kd. 146, pp. 134-144, 2019.
- [66] C. Cai ja C. M. Mak, „Acoustic performance of different Helmholtz resonator array configurations,” *Applied Acoustics*, kd. 130, p. 204.209, 2018.
- [67] A. Sanada ja N. Tanaka, „Extension of the frequency range of resonant sound absorbers using two-degree-of-freedom Helmholtz-based resonators with a flexible panel,” *Applied Acoustics*, kd. 74, nr 4, pp. 509-516, 2013.
- [68] „Müra normtasemed elu- ja puhkealal, elamutes ning ühiskasutusega hoonetes ja mürataseme mõõtmise meetodid,” Riigi Teataja, 11 02 2017. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/108022017004>. [Kasutatud 04 02 2020].
- [69] „Kontor,” Elke Mööbel, [Võrgumaterjal]. Available: <https://elkemoobel.ee/tooted/kontor/>. [Kasutatud 15 04 2020].

- [70] „Akustika,“ Standard, [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.standard.ee/tooted/?fwp\\_product\\_cat=akustika](https://www.standard.ee/tooted/?fwp_product_cat=akustika). [Kasutatud 22 04 2020].
- [71] „Akustika,“ Thulema, [Võrgumaterjal]. Available: <https://thulema.ee/kontorimoobel-tooted/#.ruumielemendid.akustika>. [Kasutatud 22 04 2020].
- [72] „Aircone,“ Abstracta, [Võrgumaterjal]. Available: <https://abstracta.se/product/aircone-partition/>. [Kasutatud 15 04 2020].
- [73] „Beehive,“ Johanson, [Võrgumaterjal]. Available: <https://johansondesign.com/products/bee hive>. [Kasutatud 15 04 2020].
- [74] „Soundwave,“ Offecct, 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.offecct.com/product/soundwavebotanic-acoustic-panel/#>. [Kasutatud 15 04 2020].
- [75] „Okka akustilised paneelid,“ Okka, [Võrgumaterjal]. Available: <https://okka.eu/product/akustilised-paneelid/>. [Kasutatud 05 04 2020].
- [76] „Scala Wall,“ Abstracta, 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://abstracta.se/product/scala-wall/>. [Kasutatud 15 04 2020].
- [77] „Snitsa,“ SA Möbler, 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.samobler.se/en/products/screens/snitsa/>. [Kasutatud 15 04 2020].
- [78] „Tartana,“ Sancal, 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://sancal.com/en/acoustic-tartana/>. [Kasutatud 15 04 2020].
- [79] „Download Catalog,“ Caimi, 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.caimi.com/snowsound/en/catalogo/>. [Kasutatud 15 04 2020].
- [80] „Soundwave®,“ Offecct, 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.offecct.com/product/soundwavestripes-acoustic-panel/>. [Kasutatud 21 04 2020].
- [81] „Actiwall,“ SA Möbler, 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.samobler.se/en/products/actiwall/receptions/>. [Kasutatud 21 04 2020].
- [82] „Framery 2Q,“ Framery, 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.frameryacoustics.com/en/products/framery-2q/tech-specs/>. [Kasutatud 17 04 2020].
- [83] Smartblock, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.smartblock.fi/product-picker/>. [Kasutatud 15 04 2020].
- [84] „Plenty Pod,“ Abstracta, 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://abstracta.se/product/plenty-pod-quiet-room/>. [Kasutatud 20 04 2020].
- [85] Silen Space, 2018. [Võrgumaterjal]. Available: <https://silenspace.com/>. [Kasutatud 15 03 2020].

- [86] Ecophon, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.ecophon.com/et/>. [Kasutatud 19 04 2020].
- [87] CEWOOD, 2018. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.cewood.com/>. [Kasutatud 15 04 2020].
- [88] Rockfon, 2017. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.rockfon.com/>. [Kasutatud 15 04 2020].
- [89] IWS, [Võrgumaterjal]. Available: <https://iws.ee/>. [Kasutatud 15 04 2020].
- [90] M. Errapart, Interviewee, [Intervjuu]. 20 04 2020.
- [91] K. Käärma, Interviewee, [Intervjuu]. 06 05 2020.
- [92] J. Radun, V. Hongisto, H. Maula, V. Rajala, D. Al-Ramahi ja M. Scheinin, „Physiological, psychological, and performance effects of office noise,“ %1 *PROCEEDINGS of the 23rd International Congress on Acoustics*, Aachen, 2019.
- [93] „Euroopa mööblitöösturid: ringmajandusele üleminek on vältimatu,“ Keskkonnaministeerium, 28 06 2017. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.envir.ee/et/uudised/euroopa-mooblitoosturid-ringmajandusele-uleminek-valtimatu>. [Kasutatud 06 03 2020].
- [94] „Hush Office,“ 2018. [Võrgumaterjal]. Available: [https://hushoffice.com/wp-content/uploads/2019/06/hush\\_WORK\\_EN\\_02.18\\_.pdf](https://hushoffice.com/wp-content/uploads/2019/06/hush_WORK_EN_02.18_.pdf). [Kasutatud 15 03 2020].
- [95] „MOSSwall,“ Verde Profilio, 2017. [Võrgumaterjal]. Available: <https://verdeprofilo.com/en/mosswall>. [Kasutatud 05 04 2020].
- [96] „Acoustic Reed Elements,“ Material District, 2018. [Võrgumaterjal]. Available: <https://materialdistrict.com/material/acoustic-reed-elements/>. [Kasutatud 05 04 2020].
- [97] „Sound Absorbing Furniture Systems,“ Archi Tonic, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.architonic.com/en/products/sound-absorbing-furniture-systems/0/3239477/1>. [Kasutatud 06 04 2020].
- [98] „High Absorption Perforated Wood Acoustic Panels Wood Fiber Acoustic Board,“ Partition Walls, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.partitions-walls.com/sale-10295250-high-absorption-perforated-wood-acoustic-panels-wood-fiber-acoustic-board.html>. [Kasutatud 07 04 2020].
- [99] „Design Centre,“ BCL Timber Projects, [Võrgumaterjal]. Available: <https://bcltimberprojects.co.uk/bcl-timber-projects-design-centre>. [Kasutatud 07 04 2020].
- [100] „Products,“ Buzzi Space, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.buzzi.space/products>. [Kasutatud 06 04 2020].

## Lisa 1 Ankeet „Akustilised mürasummutavad lahendused avatud kontoris“

1. Kas peate müra avatud kontoris probleemiks?
  - a. Jah
  - b. Ei
2. Milliseid helisummutavaid lahendusi olete kasutanud?
  - a. Seinapaneelid
  - b. Laepaneelid
  - c. Sirmid
  - d. Ripp-paneelid
  - e. Ruumijagajad
  - f. Akustilised kabiinid
  - g. Pehme mööbel
  - h. Akustilised valgustid
  - i. Muu
3. Milliste parameetrite alusel valite enamasti helisummutavad lahendused?
  - a. Hind
  - b. Materjal
  - c. Mõõdud
  - d. Mürasummutustegur
  - e. Mürsasummutusklass
  - f. Paigaldamise lihtsus
  - g. Puhastatavus
  - h. Jätkusuutlikkus
  - i. Tootja
  - j. Disain
  - k. Standarditele vastavus
  - l. Muu

4. Millised parameetrid peavad kindlasti helisummutava toote infolehel kirjas olema?
  - a. Hind
  - b. Materjal
  - c. Kiuline koostis
  - d. Mõõdud
  - e. Mürasummutustegurid eri sagedustel
  - f. Mürasummutusklass
  - g. Sertifikaadid
  - h. Tulekindlus
  - i. Niiskuskindlus
  - j. Puhastatavus
  - k. Tootja info
  - l. Jätkusuutlikkus/ökoloogiline jalajälg
  - m. Valguspeegeldus
  - n. Avatavus
  - o. Mehaanilised omadused
  - p. Võimalikud allergilised reaktsioonid
  - q. Muu
5. Kui tihti leiata vajaliku info pakutavate toodete kohta?
  - a. Alati
  - b. Tihti
  - c. Harva
  - d. Mitte kunagi
6. Kuidas jõuate sobilike helisummutavate lahendusteni?
  - a. Sisearhitektide soovitude kaudu
  - b. Akustika ekspertide soovitude kaudu
  - c. Interneti otsingu abil
  - d. Toodete kataloogidest
  - e. Edasimüüjate kaudu
  - f. Messidelt
  - g. Käiakse tutvustamas oma tooteid
  - h. Muu
7. Kuidas hindate, kui palju olete kursis eri helisummutavate lahendustega maailmaturul?
  - a. Lineaarne skaala 1 (Ei ole üldse kursis) kuni 5 (Olen enamikuga kursis)

8. Kui tihti uurite uusi turul pakutavaid tooteid?
- Iga päev
  - Iga nädal
  - Iga kuu
  - Iga aasta
  - Muu
9. Kuidas võrdlete helisummutavaid tooteid?
- Teen Excelis tabeli
  - Koondan kogu info kokku
  - Kasutan edasimüüjate infot
  - Ei võrdle
  - Muu
10. Kui tihti kaasate akustiku ruumiakustikaga tegelemiseks ja sobivate lahenduste valimise protsessi?
- Alati
  - Tihti
  - Harva
  - Mitte kunagi
11. Kui tihti annavad Teie meelest akustilised lahendused kontoris soovitud tulemust?
- Alati
  - Tihti
  - Harva
  - Mitte kunagi
12. Mis võivad olla põhjusteks, et helisummutavad lahendused ei anna soovitud tulemust?
- Ajapuudus
  - Eelarve
  - Puudulik info ruumi eripärade kohta
  - Puudulik info müraallikate kohta
  - Puudulikud teadmised ruumiakustikast
  - Ruumi müraanalüüsi puudumine
  - Praktilise kogemuse puudumine
  - Valitud tooted/lahendused ei osutu sobivaks
  - Valitud tooted/lahendused ei vasta kirjeldustele
  - Muu

13. Mille järgi otsustate, et helisummutav lahendus sobib just selles keskkonnas?
- a. Kasutan vastavat 3D tarkvara
  - b. Kasutan praktilist kogemust
  - c. Teen eelnevalt ruumi müraanalüüsi
  - d. Kasutan akustiku abi
  - e. Teen pärast toodete paigaldamist uuesti müraanalüüsi
  - f. Vajadusel muudan müra summutavate lahenduste asukohta ja kogust
  - g. Muu
14. Kas uurite hiljem, kas akustiline lahendus andis soovitud tulemuse?
- a. Jah
  - b. Ei
15. Kas olete pidanud akustilist lahendust muutma, kuna klient ei ole rahul?
- a. Jah
  - b. Ei
16. Kas olete läbinud ruumiakustika koolituse või õppe?
- a. Jah
  - b. Ei
17. Kas kasutaksite platvormi, mis koondab helisummutavad lahendused ühte kohta ning võimaldab otsida ja võrrelda tooteid samade parameetrite alusel?
- a. Jah
  - b. Ei
18. Teil on võimalus veel lisada mõtteid helisummutavate lahenduste teemal.
- a. Pikk vastuse tekst
19. Sugu
- a. Naine
  - b. Mees
20. Vanus
- a. Lühike vastuse tekst