

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU  
Rakennustekniikan koulutusohjelma / rakennetekniikka

Lasse Saikkonen

MODUULIRAKENTEISEN KOTITEATTERIHUONEEN SUUNNITTELU JA  
MELUNHALLINTA

Opinnäytetyö 2012

## TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

SAIKKONEN, LASSE

MODUULIRAKENTEISEN KOTITEATTERIHUONEEN  
SUUNNITTELU JA MELUNHALLINTA

Opinnäytetyö

36 sivua + 6 liitesivua

Työn ohjaaja

lehtori Ilkka Paajanen, yliopettaja Tarmo Kontro

Toimeksiantaja

Jarkko Moijanen

Huhtikuu 2012

Avainsanat

kotiteatterit, tilaelementit, melunhallinta, moduulit, valmistalot, ääneneristys, akustiikka

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia mahdollisuutta suunnitella ja valmistaa moduulirakenteinen kotiteatterihuone tilaelementtinä valmistalotuotantoon. Lisäksi pohditaan rakenteiden vaikutusta melunhallinnassa. Tarkoitus on tehdä pohjatyötä lisätutkimuksia varten.

Suomalaisten vapaa-ajan harrastuksiin käyttämät resurssit ovat lisääntyneet viime vuosina ja moniin uusiin pientaloihin on rakennettu varsinaiseen asumiskäyttöön kuuluvien tilojen lisäksi kotiteatterihuoneita. Talovalmistajat eivät ole kuitenkaan huomioineet tätä uutta kuluttajaryhmää omissa talomallisuunnitelmissaan juuri lainkaan. Talot tehdään edelleen vanhan tavan mukaisesti varsin huonosti ääntä eristäviksi, joten opinnäytetyön tarkoituksena on kartoittaa uusien harrastetoimintojen mukanaan tuomia haasteita. Kartoituksen avuksi on suunniteltu esimerkkimalli tilaelementistä, joka vastaa useimpien kotiteatteriharrastajien vaatimusta melunhallinnan suhteen.

Työtä varten tehty tilaelementtimalli on ylimitoitettu tavalliselle kuluttajalle, eikä sitä voitu tuotantotilojen puutteessa valmistaa mittauksia varten. Se voi toimia tulevien elementtiratkaisujen pohjana, kun tutkitaan materiaali- ja valmistusresurssien optimointia. Suomen kaltaisessa alhaisen väkiluvun maassa on vaikea valmistaa sarjatuotantona taloudellisesti kannattavaa kotiteatterimoduulia ilman usean talovalmistajan yhteistä standardoitua ratkaisua.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Bachelor's Degree of Technique / Construction

SAIKKONEN, LASSE

Design and Noise Management of a Modular Home Theater Room

Bachelor's Thesis

36 pages + 6 pages of appendices

Supervisor

Ilkka Paajanen, Senior Lecturer,  
Tarmo Kontro, Principal Lecturer

Commissioned by

Mr. Jarkko Moijanen

April 2012

Keywords

home theater, room element, noise management, module, prefabricated house, soundproofing, acoustics

The purpose of this thesis work was to examine the possibility of designing and manufacturing a modular home theater as a room element for prefabricated houses. In addition, the effects of structures on noise management were also examined. The motivation was to do initial groundwork for future research.

The resources used for free-time activities have increased steadily in Finland in recent years and, in addition to the regular living spaces, many new builds also include a home theater room. House manufacturers have barely acknowledged this new group of consumers in their prefabricated house designs. Houses are still built in conventional ways and are rather badly soundproofed so the purpose of this thesis was to map out the challenges presented by these new free-time activities. A structural design example which reflects the noise management requirements of most home theater enthusiasts was drawn to help with the process.

The resulting room module was overdesigned for the regular consumer and it could not be built for noise measurements due to the lack of suitable manufacturing facilities. It can be used as a starting point for future designs for their examination of material and production resource optimization. In a low population density country like Finland, it is difficult to mass produce a home theater module profitably without a common standardized solution from several prefabricated house manufacturers.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO	6
2	ÄÄNEN PERUSKÄSITTEITÄ	7
	2.1 Ilmaäännet, runkoäännet ja tärinä	8
	2.2 Äänenpaine	9
	2.3 Aallonpituus	10
	2.4 Ominaisvärähtelytaajuus	10
	2.5 Äänen eteneminen	11
	2.5.1 Äänen heijastuminen	11
	2.5.2 Äänen taipuminen	12
	2.6 Kaiku	13
3	KOTITEATTERIN SUUNNITTELUN PERIAATTEITA	13
	3.1 Huoneakustiikka	15
	3.1.1 Jälkikaiunta-aika	15
	3.1.2 Huonevaste	16
	3.1.3 Taajuuskorostukset	17
	3.1.4 Heijastukset	17
	3.2 Melunhallinta	19
	3.2.1 Lattia	19
	3.2.2 Seinät	20
	3.2.3 Katto	21
	3.2.4 Ovet	22
	3.2.5 Ilmanvaihto	22
	3.2.6 Ikkunat	23
	3.2.7 Muut huomioitavat seikat	23
4	MODUULIN TOTEUTUS	24
	4.1 Tilaelementti	24

4.2 Rakenne	25
4.2.1 Lattia	26
4.2.2 Seinä	27
4.2.3 Katto	28
4.2.4 Nurkkaliitokset	29
4.3 Liitynnät ja kaapeloinnit	30
4.3.1 Sähkö ja tietoliikenne	30
4.3.2 Ilmastointi	31
4.4 Kuljetus	31
4.5 Asennus	32
4.6 Mahdolliset ongelmat	32
4.6.1 Rakenteen jäykkyys	32
4.6.2 Paino	33
4.6.3 Tiiviys	33
4.6.4 Valmistuksen toteutus	33
4.6.5 Hinta	33
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	34

## LIITTEET

- Liite 1. Miellekartta
- Liite 2. Teatterihuone
- Liite 3. Lattiarakenne
- Liite 4. Seinärakenne
- Liite 5. Kattorakenne
- Liite 6. Nurkkaliitosrakenne

## 1 JOHDANTO

Suomessa on perinteisesti rakennettu pientaloja, jotka energiataloudellisten seikkojen vuoksi ovat yleensä olleet pienikokoisia. Viime vuosina on kuitenkin keskivertotalouksissa lisätty vapaa-ajan viettoon käytettäviä resursseja, ja tämä näkyy myös rakennuskannassa niin, että yhä useampaan uudisrakennukseen tehdään kotiteatteri- tai muu harrastetila, jolla ei ole varsinaista asuinkäyttöä. Asumisviihtyvyyden kannalta on olennaista, että nämä virkistyskäyttöön tarkoitettut tilat eivät häiritse muuta asumista, eivätkä niissä käytetyt rakenteet myöskään vaikeuta niihin suunniteltujen toimintojen hyödyntämistä. Kotiteatterihuoneet asettavat erityisiä vaatimuksia tilan suhteen monien erilaisten yhtäaikaisten toimintojen vuoksi.

Elokuva on audiovisuaalinen media ja sen luonteen vuoksi sekä äänen että valaistuksen hallintaan täytyy kiinnittää erityistä huomiota. Normaaleissa asuinhuoneissa kookkaat ikkunat ovat suurin yksittäinen ongelman lähde. Ikkunat ovat yhtenäisiä heijastavia pintoja, joita ei voi helposti peittää akustisesti vaimentavalla materiaalilla. Lisäksi niiden kautta tuleva valo on vaikeasti hallittavaa. Raskaat ja paksut verhot voivat helpottaa tilannetta ikkunoiden osalta jonkin verran, mutta niiden käyttö ei esteettiseltä ja käytännölliseltä kannalta ole monelle mieluista. Yleisesti ajatellen ikkunalliset huoneet eivät ole ihanteellisia kotiteattereiksi, ja ikkunoiden aiheuttamien ylimääräisten haasteiden vuoksi oletetaan tässä työssä käytettävä huone ikkunattomaksi tai tulevan rakenteen peittävän olemassa olevan ikkunan.

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, miten olisi mahdollista toteuttaa moduulirakenteinen kotiteatterihuone rakennusvaiheessa. Lopputuloksena tulisi olla tuotanto- ja suunnitteluresurssien minimointiin tähtäävä valmis tuote, joka olisi asiakkaan kannalta helppo ja edullinen, jotta sille voitaisiin luoda mahdollisimman suuri kysyntä kuluttajamarkkinoilla.

Työssä keskitytään akustiikan, äänieristyksen ja melunhallinnan soveltamiseen rakenteita määrittävinä parametreina. Tarkoitus on suunnitella toimiva ja kustannustehokas ratkaisu, jossa rakenteellisten kompromissien määrä on pyritty minimoimaan. Tutkimuksessa käytetään apuna lähdeoteoksia, tietokonemalleja ja rakennedetaljeja. Työn toimeksiantaja on yksityishenkilö, mutta tarkoituksena on pohtia ratkaisujen soveltuvuutta esimerkiksi valmistalotuotantoon.

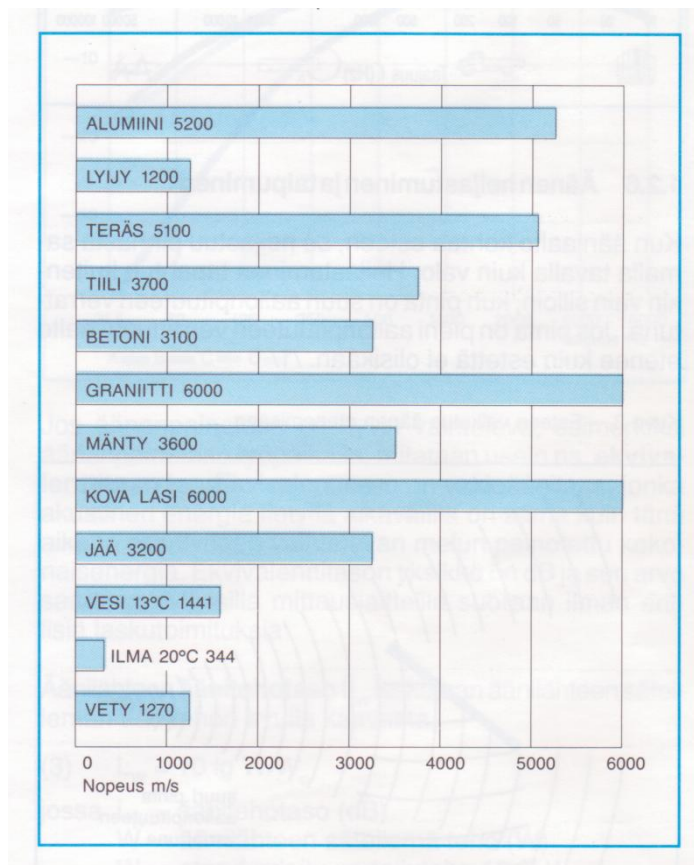
## 2 ÄÄNEN PERUSKÄSITTEITÄ

Ääni on mekaanista värähtelyä kimmoisassa väliaineessa. Se aiheuttaa paineenvaihtelua ja muutoksia molekyyli liikkeen suunnassa. Värähtelyn etenemistä väliaineessa kutsutaan ääniaalloksi. Äänit voidaan jaotella seuraavasti:

- ilmaäänit, jotka etenevät ilman välityksellä
- runkoäänit, jotka etenevät kiinteässä aineessa
- värinä, joka on keholla aistittavaa värähtelyä kiinteässä aineessa

Ääniaallot pystyvät siirtymään ilmasta kiinteään aineeseen ja takaisin. Väliaineen tiheys vaikuttaa ääniaallon etenemisnopeuteen ja sen seurauksena myös taajuuteen.

(1,10.)



Kuva 1. Äänen etenemisnopeus eri väliaineissa (1, 9)

Ääniaallon taajuutta kuvataan yksiköllä hertsi (Hz). Se kertoo, kuinka monta kertaa ääniaalto värähtelee koko pituudeltaan sekunnin aikana (1/s). Ihmisen kuuloalue sijoittuu normaalisti välille 16...16000 Hz. 16:ta hertsiä matalampia taajuuksia kutsutaan infraääniksi ja ne havaitaan lähes aina tuntoaistin avulla. Ne voivat aiheuttaa joillekin ihmisille mm. pahoinvointia. Yli 16 kHz:n ääniä kutsutaan ultraääniksi, ja niitä ei normaali ihmiskorva kykene yleensä havaitsemaan.(1,9.)

## 2.1 Ilmäänet, runkoäänet ja tärinä

Ilmäänellä tarkoitetaan normaalia ilman välityksellä etenevää ääniaaltoa. Kaikki ilmanpaineen nopeita muutoksia aiheuttavat ilmamolekyylejä liikuttavat toiminnot tai ilmiöt aikaansaavat ilmaääntä. Se voi syntyä suoraan esimerkiksi ukkosesta tai pillin vihellyksestä tai epäsuoraan runkoäänestä, kuten poraamisesta.(1,9.)

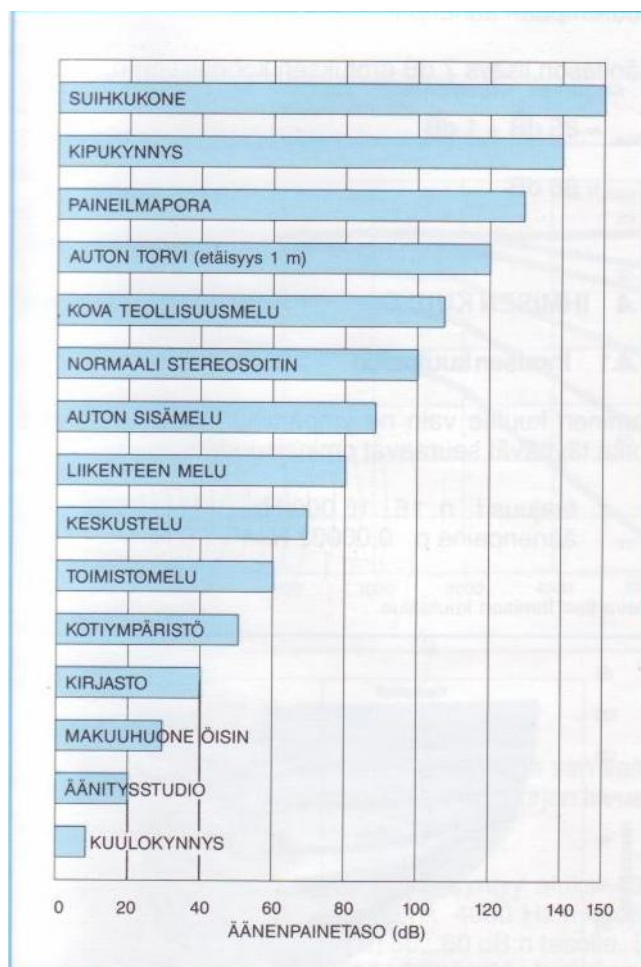
Runkoääni syntyy, kun kiinteä aine saadaan värähtelemään joko mekaanisen iskun tai ilmaäänien avulla. Runkoääni voi johtua mekaanisesti kilometrienkin päähän esimerkiksi teräspalkin välityksellä ja ollessaan riittävän voimakas se ilmenee tuntoaistin havaitsemana tärinä. Se voi muuttua ilmaääniksi esimerkiksi rakenteen pinnassa olevan levyn värähtelyn seurauksena.(1,9.)

Voimakas tärinä aiheuttaa aineessa siirtymiä ja muodonmuutoksia ja voi johtaa rakenteen murtumiseen tai jopa sortumiseen. Ohuissa rakenteissa, esim. silloissa, liikenteen aiheuttama tärinä voi aiheuttaa materiaalin väsymistä ja siitä johtuvaa lujisuuden vähenemistä.



## 2.2 Äänenpaine

Kulkiessaan ilmassa ääniaalto aiheuttaa painevaihteluita. Tätä kutsutaan äänenpaineeksi, jonka suure on  $p$  ja yksikkö Newtonia neliömetrillä ( $N/m^2$ ). Ääniaistimuksen syntymiseen tarvittavaa painetta kutsutaan kuulokynnykseksi ja alinta kipua aiheuttavaa painetta kipukynnykseksi. Koska äänenpaine on eksponentiaalinen suure, muutetaan se yleensä ihmiskorvan kuuloalueella logaritmiseksi suureeksi, jota kutsutaan äänenpainetasoksi  $L_p$  ja jonka yksikkö on desibeli (dB). (1,11.)



Kuva 2. Äänenpainetasoja eri äänilähteistä (1,11)

### 2.3 Aallonpituus

Aallonpituudella tarkoitetaan yhden kokonaisen ääniaallon pituutta, esimerkiksi sini-aallolla kahden huipun välistä etäisyyttä. Aallonpituuden yksikkö on metri (m) ja sen suure on  $\lambda$  (lambda).(1,10.)

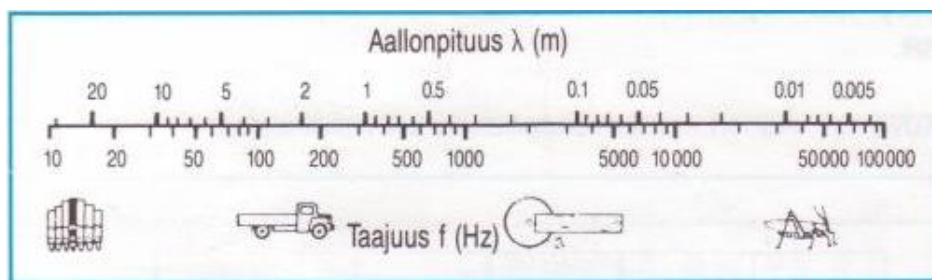
Aallonpituus voidaan esittää yhtälönä muodossa

$$\lambda = c/f \quad (1)$$

jossa  $\lambda$  = aallonpituus (m)

$c$  = äänen nopeus väliaineessa (m/s), ilmassa normaalipaineessa ja +20 °C:n lämpötilassa 344 m/s

$f$  = taajuus (1/s)



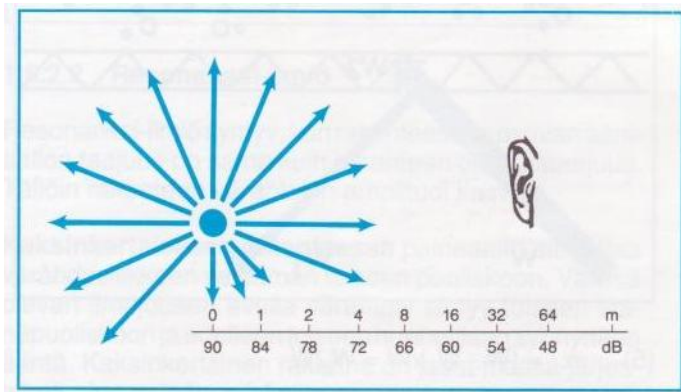
Kuva 3. Aallonpituuden ja taajuuden suhde ilmassa +20 °C lämpötilassa (1,10)

### 2.4 Ominaisvärähtelytaajuus

Tilan tai rakenteen mitat vaikuttavat sen herkkyyteen voimistaa jollakin tietyllä taajuudella tapahtuvaa värähtelyä. Tällöin rakenteeseen muodostuu nk. seisova aalto, jossa ääniaallon tihentymät ja harventumat osuvat samaan kohtaan kasvattaen näin ääniaallon vaikutusta voimakkaasti. Tätä taajuutta kutsutaan rakenteen ominaisvärähtelytaajuudeksi eli resonanssitaajuudeksi. Esimerkiksi ikkunan resonanssitaajuus sijoittuu usein kohtalaisen matalalle taajuudelle, minkä voi monesti todeta ikkunalasin voimakkaana värähtelynä vaikkapa kuorma-auton ajaessa ikkunan ohi. Riittävän voimakkaan resonanssin aiheuttamat muodonmuutokset voivat aiheuttaa jopa rakenteen sortumisen.

## 2.5 Äänen eteneminen

Pistemäisessä äänilähteessä ääni leviää säteittäin tasaisesti lähteen ympärille. Kun tällainen ympärisäteilevä ääniaalto pääsee etenemään esteettömästi, kutsutaan sitä vapaaksi äänikentäksi. Vapaassa äänikentässä äänitaso laskee neljäsosaan (-6 dB), kun etäisyys kaksinkertaistuu. (1,13.)



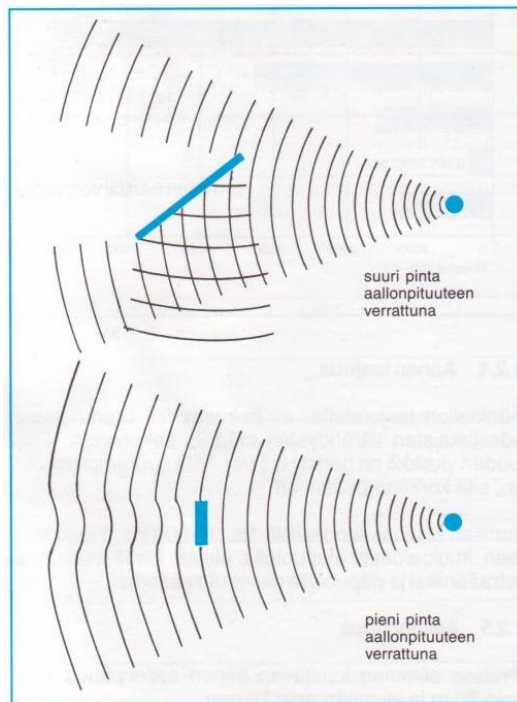
Kuva 4. Äänitason voimakkuus etäisyyden mukaan (1,13)

Äänilähde voidaan myös kohdistaa suuntaamalla se esim. kartiomaisen torven läpi, jolloin kartion keilan ulkopuolelle jäävä äänenpaine pienenee ja edessä oleva äänikenttä voimistuu. Kovaäänisen ja megafonin toiminta perustuu äänikentän kaventamiseen ja suuntaamiseen.

Suljetussa tilassa äänikenttä ei pääse laajenemaan rajattomasti, joten ääni osittain heijastuu kohdatusta pinnasta ja imeytyy siihen. Imeytyvä osa äänestä muuttuu lämpöenergiaksi.(2,149.)

### 2.5.1 Äänen heijastuminen

Ääniaalto heijastuu muiden aaltojen tapaan siten, että sen osuessa tasaiseen pintaan tulo- ja heijastumiskulmat ovat samoja. Heijastuminen riippuu pinnan alan ja aallonpituuden keskinäisestä suhteesta. Korkeat taajuudet heijastuvat helpommin lyhyemmän aallonpituuden vuoksi.(2,162.)

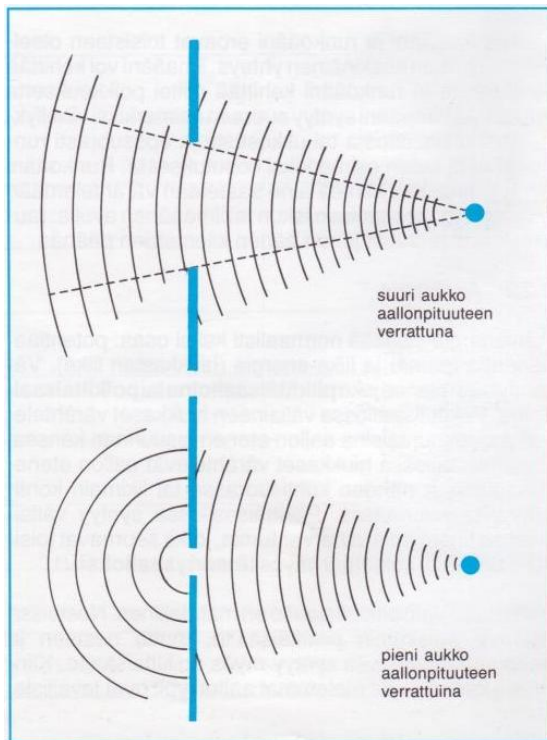


Kuva 5. Ääniaallon heijastuminen (1,10)

Edellä oleva on täysin tosi vain ideaalitapauksessa. Normaalitilanteessa heijastavan pinnan epätasaisuudet saavat useita eri aallonpituuksia sisältävän ääniaallon hajaantumaan epätasaisuuksien suuruudesta riippuen. Tätä ilmiötä kutsutaan diffuusioksi ja sitä käytetään hyväksi akustisessa suunnittelussa, josta kerrotaan enemmän luvussa 3.1.(2,163.)

### 2.5.2 Äänen taipuminen

Ääniaallon kohdatessa esteen, jossa on aukko, se taipuu aallonpituuden ja aukon koon keskinäisen suhteen mukaan. Tätä taipumista kutsutaan myös diffraktioksi. Jos aukko on suuri, ääniaalto etenee lähes samanlaisena ja leviää hieman enemmän aukon jälkeen. Jos taas aukko on pieni, ääni käyttäytyy kuin pistemäisen äänilähteen synnyttämä. Matalat äänet taipuvat enemmän ja korkeat pyrkivät etenemään kuin valo.(1,10.)



Kuva 6. Aukon koon vaikutus ääniaaltoon (1,10)

## 2.6 Kaiku

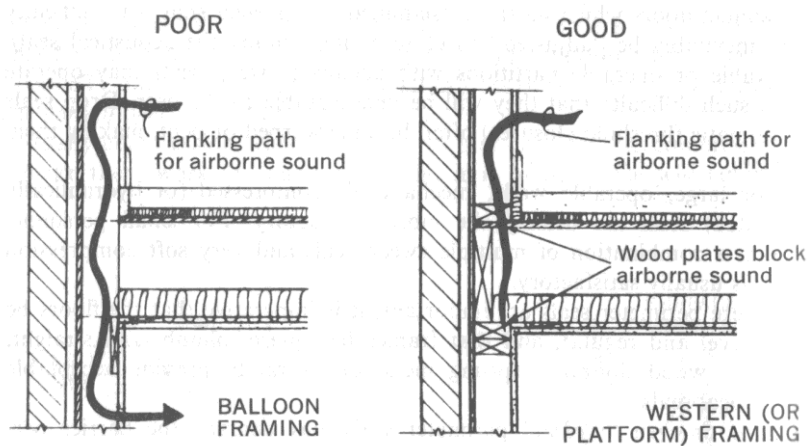
Kaiku syntyy, kun ääniaalto kohtaa esteen ja heijastuu takaisin. Jos äänilähteen, esteen ja havaitsijan välillä on riittävä etäisyys, kuullaan kaiku erillisenä äänenä, kun taas lyhyellä etäisyydellä kaiku havaitaan äänen pidentyneenä vaimenemisena eli ns. jälkikaikuna.(2,160.)

## 3 KOTITEATTERIN SUUNNITTELUN PERIAATTEITA

Käyttäjän tarpeet määrittelevät käytettävän tilan käyttötarkoituksen, ja akustisella suunnittelulla pyritään toteuttamaan tämä mahdollisimman hyvin. Osatekijät, jotka vaikuttavat tilan akustiseen suunnitteluun, voidaan jaotella seuraavasti:

- tilan muoto ja koko
- huoneakustiikan vaatimukset
- tarve ääneneristykselle
- pintamateriaalit
- tilassa sijaitsevien laitteistojen äänitaso
- vaatimukseltaan erilaisten tilojen keskinäinen sijainti. (2,158.)

Akustisen suunnittelun perustana on, kuinka ääni vaikuttaa ihmiseen. Se voi olla rauhoittava tai häiritsevä elementti ja vaikuttaa olennaisesti asumisviihtyvyyteen. Eitovottu ääni määritellään meluksi. *Ääni on melua, jos se häiritsee ihmisen käynnissä olevaa toimintaa tai on muutoin tarpeettoman tai haitallisen voimakasta* (2, 10). Melulla voi olla välittömiä fysiologisia seurauksia, kuten kuulovaurio, tai se voi aiheuttaa psykologisia seuraamuksia pidemmän ajan kuluessa. Tämän vuoksi on tärkeää hallita melua ja rajoittaa sen esiintymistä muualla kuin käyttötarkoitukseen suunnitelluissa tiloissa. Tämä voidaan toteuttaa estämällä runkoäänien johtuminen rakenteita pitkin ja ilmaäänien kulkeutuminen putkistojen, ilmastointihormien ja ilmareikien kautta muualle rakennukseen.



Kuva 7. Tyypillinen ilmaäänien johtumisreitti (3, 126)

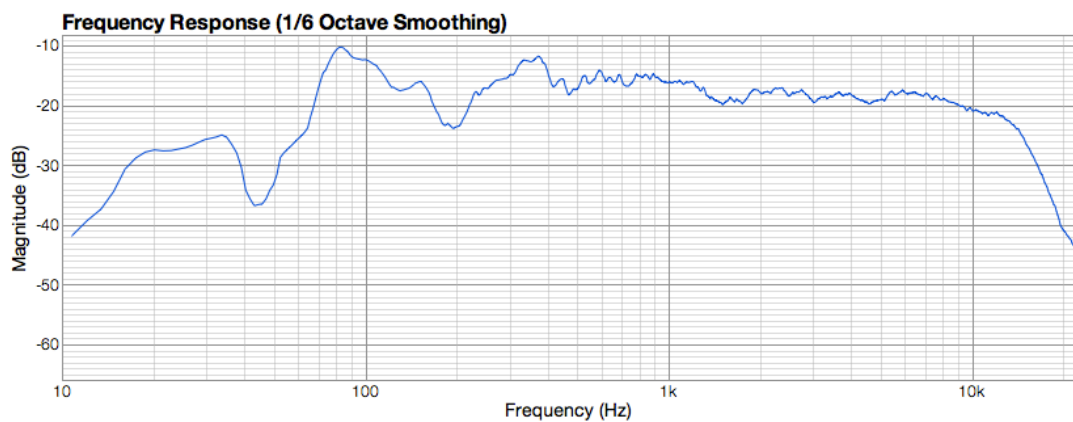
Suunnittelun apuvälineinä voidaan käyttää erilaisia huonesimulaatio-ohjelmia tai laskentamalleja. Alustavassa suunnittelussa voidaan käyttää hyödyksi myös esimerkiksi miellekarttaa (liite 1) eri riippuvuussuhteiden kartoittamiseen.



Eräs helppo ja käytännöllinen tapa tehdä havainnot huoneen jälkikaiusta on yksinkertainen taputustesti, jossa eri puolilla huonetta käsiä taputtamalla voidaan todeta siihen pisteeseen palaavat kaiut. Tällä tavalla voidaan karkeasti arvioida vaimennuksen tarve tilassa.

### 3.1.2 Huonevaste

Huoneen muodon ja mittojen aiheuttamia taajuuskorostuksia ja –vaimennuksia kuuloalueella kutsutaan huonevasteeksi. Huonevaste pyritään saamaan mahdollisimman taiseksi koko taajuusalueella, jolloin vääristymien vaikutus on minimoitu. Aikaisemmin huonevaste mitattiin tekemällä äänigeneraattorilla taajuuspyyhkäisy, joka vahvistetun äänilähteen avulla sitten muutettiin spektrianalysaattoriin kytketyllä mittamikrofonilla piirturin avulla taajuusvastekuvaajaksi. Nykyisin se tutkitaan tietokoneavusteisesti, jolloin tietokoneeseen ladattu ohjelmisto lähettää sekä mittaukseen käytetyn signaalin että myös tallentaa huonevastekuvaajan. Näiden lisäksi tarvitaan kalibroitu mittamikrofoni ja kaiuttimet.



Kuva 9. Huonevastekuvaaja (4)

Kuvaajassa taajuus on vaaka-akselilla ja äänenpaineen voimakkuus on pystyakselilla. Ideaalitapauksessa taajuusvaste olisi vaakasuora viiva koko kuuloalueella. Huonevasteeseen voidaan vaikuttaa huonemittojen lisäksi rakennusmateriaaleilla ja erilaisilla akustisilla elementeillä, kuten resonaattoreilla. Taajuusvaimentumat eivät ole kuuntelelämlykselle yhtä häiritseviä kuin korostukset, joten niiden korjaukseen voidaan hahuttaessa käyttää taajuuskorjainta eli ekvalisaattoria, kunhan sen käyttö ei aiheuta korostuksia muille taajuuksille. Ekvalisaattoria ei missään nimessä voi suositella ensisijaiseksi huonevasteen korjaajaksi.



### 3.1.3 Taajuuskorostukset

Huoneen muoto ja koko vaikuttavat paljon akustiseen käyttäytymiseen. Yleensä tulisi välttää suorakulmaisia suunnikkaita, joissa eri suuntien mitat ovat toistensa monikerroja, koska seisovien aaltojen aiheuttamat taajuuskorostukset ovat silloin kaikkein voimakkaimpia ja siten vaikeasti hallittavia.

Suorakulmaisen suunnikkaan muotoisen huoneen vastakkaisten seinien väliin syntyvät taajuuskorostukset voidaan laskea kaavalla:

$$f = \frac{c}{2} \times \sqrt{\left(\frac{p}{L}\right)^2} \quad (2)$$

jossa            c= äänen nopeus (344 m/s, normaalipaine, +20 °C)  
                   p= taajuuskerrannaisen eli moodin numero (1=perustaajuus)  
                   L= vastakkaisten seinien välinen etäisyys

Huoneen mittoja valittaessa tulisi ottaa huomioon se, etteivät eri dimensioiden pituudet korosta samoja taajuuksia. Korostusten tulisi levitä mahdollisimman tasaisesti laajalle taajuusalueelle ja mieluiten kuuloalueen ulkopuolelle. Huonedimensioissa kultaisen leikkauksen suhde (1,618:1) on hyväksi havaittu minimoimaan taajuuskorostuksia. Tällöin huonemitat voisivat olla suhteessa 1 x 1,6 x 2,6 (K x L x P).

Jos huoneeseen muodostuu häiritseviä korostuksia tietyille taajuusalueille, voidaan niitä vaimentaa resonaattoreilla. Ne voidaan jakaa toimintaperiaatteiltaan reikä-, rako-, Helmholtz- sekä levyresonaattoreihin.

Koska mikään äänentoistolaitteisto ei pysty tuottamaan täysin ideaalista (vaakasuoraa) taajuusvastetta, täytyy kuuntelutila käytännössä aina ”virittää” kulloinkin käytössä olevan äänentoistolaitteiston mukaan. Tällöin on erityisen tärkeää, että mittamikrofoni on kalibroitu huolellisesti.

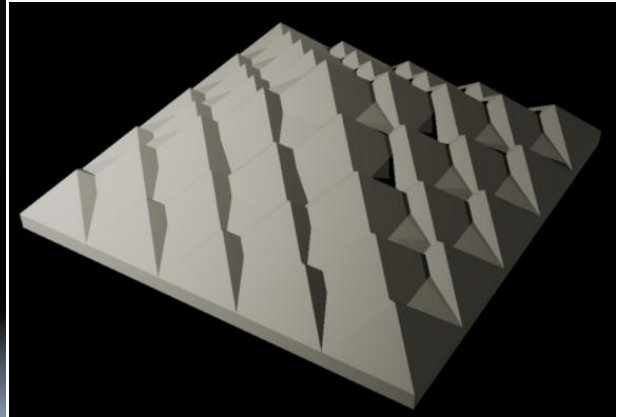
### 3.1.4 Heijastukset

Suurille tasaisille pinnoille voidaan sijoittaa diffuusorilevyjä, jotka on suunniteltu muuttamaan ääniaallon heijastuskulmaa. Tällä pyritään vähentämään seisovien aalto-

jen muodostumista tilassa. Diffuusorit toimivat tehokkaasti vain korkeilla taajuuksilla niiden suhteellisesti matalien profiilien vuoksi. Riittävän paksut (n. 150 mm) elementit toimivat myös matalampien taajuuksien vaimentajina.

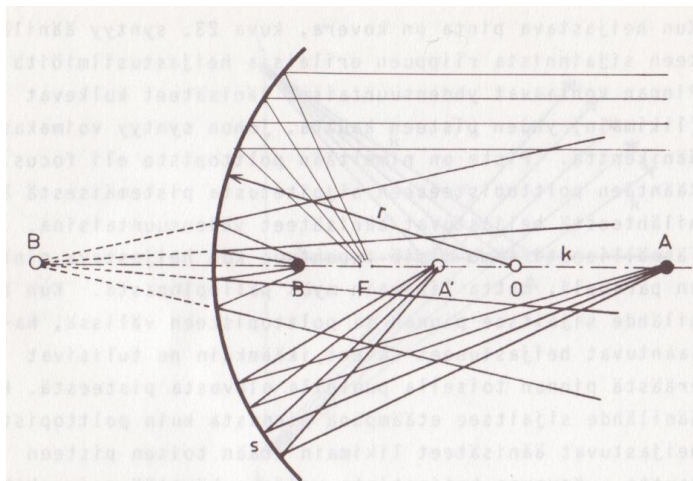


Kuva 9. Skyline-diffusori (5)



Kuva 10. Diffusori (6)

Pyöreät huoneet ja sisäänpäin kaartuvat seinät eivät ole suositeltuja rakenteita, koska ne keräävät heijastuksia suurelta alueelta ja kohdistavat ne hyvin pienelle alueelle. Parabolisen antennin toimintaperiaate perustuu juuri tämän kaltaiseen rakenteeseen.



Kuva 11. Koveran pinnan heijastukset (7, 44)

Suosittelava muoto huoneelle on vinokattoinen, pituussuuntaan symmetrinen, muttei yhdensuuntainen, ja takaseinältään epäsäännöllinen tila. Jos tällaista tilaa ei ole mahdollista rakentaa, epäsymmetriaa voidaan korjata asentamalla vaimentavaa materiaalia tarvittaviin kohtiin.

## 3.2 Melunhallinta

Elokuvien katselun aikaiset äänenvoimakkuudet ovat yleensä selvästi tavanomaista asumisääntä korkeampia, joten melun hallinta on ensisijaisen tärkeää yleisen viihtyvyyden kannalta. Voimakkaat aläänet johtuvat rakenteita pitkin hyvinkin kauas, ja siksi katselutila tulisi mekaanisesti erottaa ympäröivistä rakenteista. Jos huone on erillään asumistiloista, riittää joskus, että lattialaatta on fyysisesti irti muista rakenteista ja tilojen välillä on mielellään kaksi ääneneristysovea sekä huonetilaan liitetyissä ilmastointikanavissa äänenvaimentimet. Etenkään vanhoissa rakennuksissa tätä ei ole usein mahdollista toteuttaa käytännössä, joten tällöin kelluva rakenne on lähes ainoa vaihtoehto päästä lähelle ihanteellista ratkaisua.

Kelluvan rakenteen toteuttaminen ei kuitenkaan ole yksinkertaista. Se pienentää huoneen tilavuutta ja vähentää käytännöllisyyttä. Tilassa tarvittavien kaapelointien suunnitteluun kannattaa perehtyä varausten teon helpottamiseksi. Lisäksi elektronisten laitteiden ja ihmisten tuottaman hukkalämmön johtaminen tilan ulkopuolelle sekä riittävän korvausilman tuominen asettaa omia vaatimuksia ilmastoinnille.

### 3.2.1 Lattia

Kelluvassa rakenteessa lattia on ensiarvoisen tärkeä runkoäänien eristäjänä. Paras mahdollinen vaihtoehto olisi solukumikaistoin seinistä erotettu betoninen pintavalaatta, jonka alla on joustava rakenne. Tällainen voi olla esimerkiksi joko paksu solukumimatto tai peräti mekaaninen jousirakenne. Jousirakenteita suositellaan vain erityisen vaativissa kohteissa, joita ovat yleensä julkisten laitosten tarkkuusmittauksiin suunnitellut tilat. Kotitalouksien käyttöön ne ovat ylimitoitettuja ja liian kalliita.

Jos kotiteatterihuonetta ei ole otettu jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa huomioon, yleensä pintalaatan äänieristys on riittämätön. Tällöin voi olla tarpeen rakentaa uusi kelluva lattiarakenne vanhan päälle. Tämä on nykyään jo erittäin yleistä, koska esimerkiksi normaalien asuintilojen lattiat ovat lähes poikkeuksetta kelluvia. Normaalin lattiapäällysteen alla on lähes aina solumuovinen askeläänieriste, jonka toiminta on periaatteellisella tasolla täysin sama, vaikkakin pienimuotoisemmin, kuin vaativampaan käyttöön tarkoitetussa rakenteessa.

Lattia voi olla rakenteeltaan itsenäinen platform-tekniikalla toteutettu elementti tai se voi olla osa yhtenäistä elementtikehikkoa. Platform-rakenteena lattia on itsenäinen osa, jossa seinäelementit asennetaan joko asennuskiskoille tai alaohjauspuiden päälle. Lattiarakenne voidaan tehdä joko puusta tai metallista ja ristiinkoolauksella saadaan maksimoitua äänenvaimentajina toimivien villalevyjen vaikutus. Alempien koolausten alapintaan liimataan solukumikaistat.

Tällaiseen lattiarakenteeseen on kohtuullisen helppo tehdä kaapelointivaruuksia ja kaapeleiden koteloinnit voidaan tehdä uppoasennuksina lattialevyn tasolle. Käyttämättömät liitântäkotelot voidaan piilottaa lattiapäällystekansien alle. Tällaisessa ratkaisussa on ensiarvoisen tärkeää, että koteloiden reunat ja kaikki läpiviennit on tiivistetty erityisen huolellisesti.

### 3.2.2 Seinät

Massiivirakenteisessa (kiviseinä) teatterihuoneessa voi usein riittää, että seiiniin kiinnitetään kevyempi ääntä absorboiva rakenne estämään matalataajuisten ilmaäänien muuntuminen runkoääneksi. Jos melua ei ole mahdollista vaimentaa tällä tavoin riittävästi, saatetaan joutua rakentamaan uusi seinärakenne, joka on mekaanisesti erotettu ole-massa olevasta seinästä ilmaraolla ja kiinnitetty kelluvaan lattiarakenteeseen joko ala-ohjauspuulla tai metallikiskolla. Jos seinä koostuu useista puisista penelementeistä, täytyy elementtien väliin jättää pieni liikuntasäily lämpötilan ja ilmankosteuden muutoksia varten. Tällaisessa tilanteessa täytyy varmistua siitä, että uusi seinä on ehdottoman tiivis, jottei ääni pääse rakenteen ulkopuolelle liitossaumojen kautta. Tiivistäjinä voidaan käyttää joko kumista tiivistenauhaa, joustavaa saumamassaa tai molempia samanaikaisesti.

Paikalla rakennettaessa on johtoputkitusten teko kohtalaisen helppoa, mutta elementteistä kootussa seinärakenteessa putkitusten teko vaatii suurta tarkkuutta ja elementtien oikea kohdistus on ensiarvoisen tärkeää. Voikin olla rakentamisen kannalta helpompaa viedä kaapeloinnit joko katon tai lattian kautta tai tehdä ne jälkikäteen pintasennuksena.

Seinärakenteessa on myös otettava huomioon se, että se on riittävän tukeva, koska usein seinään kiinnitetään hyllyjä ja tasoja. Hyvä rakenne olisi kaksoislevytetty seinä, jossa villoitetun rungon ja joustavasti kiinnitetyn sisäverhouslevyn välissä olisi pieni

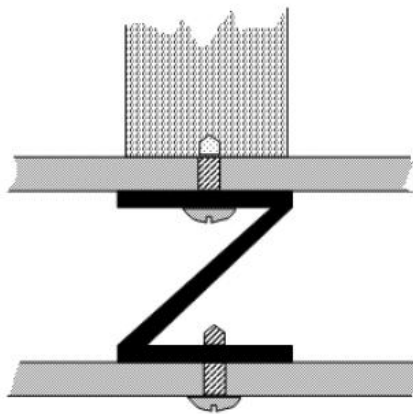
ilmarako. Tällainen rakenne on vaikea toteuttaa, etenkin jos seinältä vaaditaan kuor-  
mankanto-ominaisuuksia.

Seinäpinnoitteen materiaaliksi ei suositella kovaa ääntä heijastavaa materiaalia, vaan esimerkiksi joustavaa kankaalla päällystettyä solumuovia. Tämän kaltainen toteutus on nähtävissä monien elokuvateattereiden katsomoiden seinustoilla.

### 3.2.3 Katto

Suosittelavin kattoratkaisu teatterihuoneessa on alas laskettu ja ripustettu katto, jossa levyin suljetusta tukikehikosta ripustetaan koukullisia tankoja, joihin ripustetaan metallisia T-profiilin mallisia asennuskiskoja ylösalaisin. Kunkin kiskoparin väliin laite-  
taan kangasverhoiltuja akustiikkalevyjä ja niiden päälle raskaampia kivivillalevyjä vä-  
hintään n. 200 mm. Tällä tavoin saadaan korkeussuuntaiset seisovat aallot lähes elimi-  
noitua. Haittapuolena on huoneen huomattava madaltuminen, eikä alas laskettua ole  
mielekästä käyttää alle 2700 mm huonekorkeuksilla.

Jos kattorakenne joudutaan tekemään ohuemmaksi, täytyy sen olla riittävän massiivi-  
nen. Esimerkiksi paksusta vanerista tehty katto sopii tarkoitukseen. Vanerien kiinni-  
tykseen voidaan käyttää teräskannattimia, jotka on taivutettu z-muotoon. Tämä antaa  
kiinnitykselle riittävästi joustavuutta, jotta kattorakenne voi värähdellä vapaasti. Täl-  
löin katto olisi suositeltavaa ripustaa pituussuunnassa kaltevaksi ja varmuuden  
vuoksi pinnoittaa kangasverhoilluilla akustiikkalevyillä. Näillä keinoin pyritään vä-  
hentämään heijastumista aiheutuvien seisovien aaltojen syntyä.



Kuva 12. Katon Z-kannatin (8)

Poisto- ja korvausilmahormien ja kattovalaisimien sijainnit tulee mitata tarkasti ja mahdolliset läpiviennit täytyy tiivistää erityisen huolellisesti. Myös seinien ja katon kaikki saumat tulee tiivistää elastisella saumaussmassalla.

### 3.2.4 Ovet

Normaaleissa asuintiloissa väliovet ovat usein se rakenne, johon kiinnitetään vähiten huomiota. Ovet ovat yleensä kevytrakenteisia, huonosti tiivistettyjä ja usein alasaumastaan avoimia. Huonosti tiivistetyn oven äänenvaimennus on harvoin yli 25 dB ja kynnyksettömän 22 dB (2,94). Tällaiset ovet ovat täysin sopimattomia kotiteatterihuoneisiin. Näihin tiloihin vaaditaan erityiset ääneneristysovet karmeineen, joilla saadaan äänenpainetasoa alennettua jopa 35 dB. Vaativissa kohteissa niitä saatetaan tarvita jopa kaksi kappaletta jokaista kulkuaukkoa varten.

### 3.2.5 Ilmanvaihto

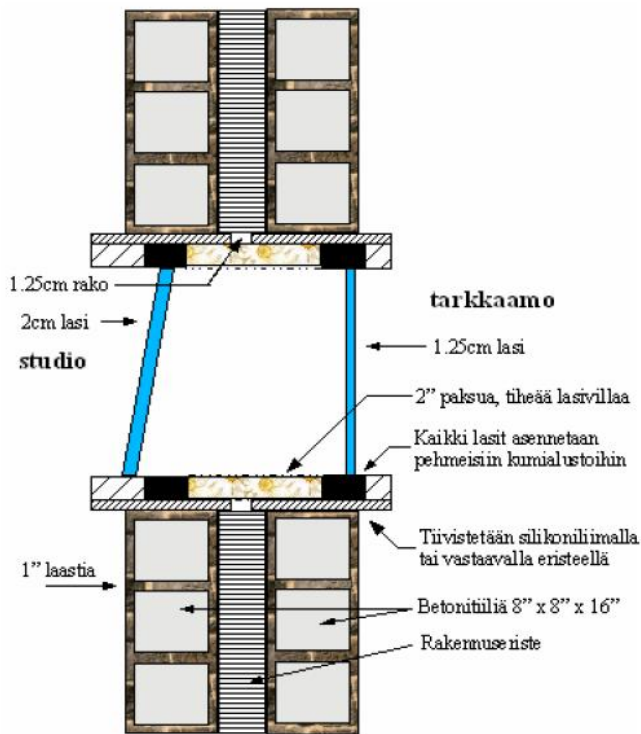
Ilmanvaihdon tehtävä on huolehtia käytetyn ilman poistosta ja riittävän tuloilman saannista ilmaa vaihtamalla (9,3). Lisäksi ilmanvaihto huolehtii hukkalämmön kuljetamisesta pois huonetilasta. Keskiwerto ihminen tuottaa n. 125 watin hehkulampun verran lämpöä (10,20), joten useampi tilassa oleskeleva henkilö tuottaa helposti keskitasoa suurempaa viihdelaitetta vastaavan lämpökuorman huoneilmaan. Viihde-elektroniikkalaitteiden lämmöntuotto voi olla jopa yli puolet kokonaistehonkulutuksesta, joten lämmönpoiston täytyy toimia tehokkaasti. Tuuletusjärjestelmään kytketty laitekaappi voi olla suositeltava ratkaisu viihtyvyyden kannalta.

Tavallinen ilmanvaihtokanava on oivallinen reitti ilmaäänelle levitä ympäristöön, ja sen vuoksi olisi suositeltavaa asentaa molempaan ilmanvaihtohormiin vähintään yhden äänenvaimentimet hormistomelun ehkäisemiseksi. Myös IV-koneen yhteyteen tekniseen tilaan olisi mahdollisuuksien mukaan suositeltavaa asentaa toiset vaimentimet, koska elokuvaa katsoessa käytön aikaiset äänenpaineet ovat selvästi normaalia voimakkaampia ja voivat levitä IV-koneen kautta muualle järjestelmään.

Optimaalinen, mutta usein epäkäytännöllinen ratkaisu olisi käyttää erillistä ilmanvaihtoa kotiteatterissa. Näin voitaisiin varmistaa, ettei ilmanvaihtokanavien kautta siirtyvä ilmaääni leviä muihin asuintiloihin. Tässäkin tapauksessa yhden äänenvaimentimen käyttö kanavaa kohden olisi suositeltavaa.

### 3.2.6 Ikkunat

Vaikka tässä työssä oletetaan käytettävän tilan olevan ikkunaton, täytyy normaali-tapauksessa myös ikkunat ottaa huomioon. Ne ovat erityisen haastavia rakenteita akustiikan kannalta. Ne ovat yhtenäisiä ja tasaisia pintoja, jotka ovat heijastumien lisäksi myös ikkunalasien ohuuden vuoksi usein herkkiä muodostamaan resonansseja kuuloalueelle. Tämä vuoksi akustisesti vaativissa tiloissa ikkunalasien tulisi olla selvästi normaalia paksumpia niiden massan lisäämiseksi ja siten myös resonointiherkkyyden minimoimiseksi. Lisäksi jos ikkuna tulee kahden akustisten vaatimusten suhteen täysin erilaisen tilan väliin, kuten esimerkiksi äänitysstudioissa tarkkaamo ja studiotila, täytyy lasien olla lisäksi erisuuntaisesti asennettu ikkunalasien väliin muodostuvien seisovien aaltojen ehkäisemiseksi.



Kuva 13. Studion ja tarkkaamon välinen ikkuna (8)

### 3.2.7 Muut huomioitavat seikat

Kaikkien edellä mainittujen kohtien lisäksi sähkölaitteistojen tehontarve kannattaa ottaa huomioon tilan mitoituksessa. Huipputasoisesti varustellun kotiteatterin tehontarve saattaa olla jopa tuhansia watteja, joten 16 ampeerin sulakeliityntä voi olla tarpeellinen. Sähköjärjestelmä tulisi suunnitella siten, että se on helppo liittää asuintalon jär-

jestelmään. Teatterihuoneeseen voi harkita oman sekundäärisen sähkötaulun asentamista vikavirtasuojineen.

Huoneessa tulisi olla riittävästi pistorasioita, jotta tarvittavat laitteet saataisiin samaan silmukkaan, ja maadoituksen tulisi olla samassa potentiaalitasossa antenniverkon kanssa maadoitushäiriöiden aiheuttaman 50 Hz:n verkkohurinan välttämiseksi.

## 4 MODUULIN TOTEUTUS

Suomessa on rakennettu elementeistä kymmeniä vuosia, ja siksi olisi nykyajan muuttuvia vapaa-ajanviettotarpeita ajatellen luontevaa soveltaa elementtirakentamisen periaatteita myös tällaisiin vapaa-ajan tiloihin. Uudisrakennuksissa rakenteet voivat tulla joko tilamoduuleina tai suurelementtinä valmiina talopakettitehtaalta tai erikseen tilatuna joltakin ulkopuoliselta valmistajalta. Vanhemmassa talossa moduulien käyttö on lähes mahdotonta rakenteita purkamatta, joten vaihtoehtona niissä voi käyttää pienen elementtejä, jotka voidaan siirtää olemassa olevien kulkuaukkojen kautta rakennuksen sisälle.

### 4.1 Tilaelementti

Jo 1960-luvulta lähtien on elementtirakenteisissa kerrostaloissa käytetty erillistä kylpyhuone-elementtiä, joka on valmistettu valvotuissa olosuhteissa sarjatuotantona. Tätä samaa periaatetta voitaisiin soveltaa kotiteatteri- tai muun ääneneristetyn huoneen valmistuksessa. Kun ollaan rakentamassa uutta pientaloa, voivat talopakettin myyjä tai mittatilaustalon suunnittelija tiedustella asiakkaan tarvetta erilliselle kotiteatterille. Jos asiakas on sellaisen valmis hankkimaan, voi hän suunnitteluvaiheessa päättää, minne tila sijoitetaan. Tilaelementti voidaan sitten valmistaa mittojen mukaan paikalleen sopivaksi.

Valmistalotuotannossa yhdellä valmistajallakin voi olla jopa kymmeniä pohjaratkaisuiltaan toisistaan poikkeavia talomalleja, joten aivan perinteisen kerrostalorakentamisen vakiintuneisiin moduuliratkaisuihin tuskin on mahdollista päästä, mutta talotehdas voi uusia talomalleja suunnitellessaan pyrkiä standardoimaan pohjaratkaisuja joiltakin osin siten, että haluttu moduuli on siihen mahdollista sijoittaa. Tämä tietenkin rajoittaa

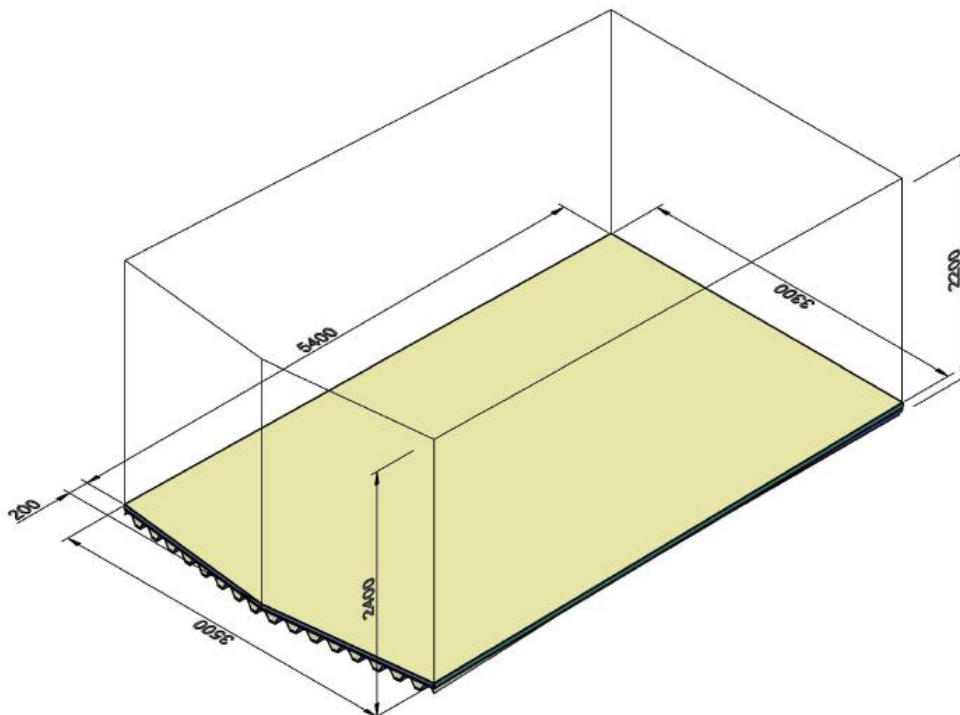


asiakkaan kannalta ratkaisujen monimuotoisuutta, mutta vastaavasti myös laskee tällaisen erillismoduulin valmistuskustannuksia ja helpottaa toimivien ratkaisujen toteuttamista.

Kotiteatteri vaatii huomattavasti enemmän tilaa kuin kylpyhuone, joten se täytyy ottaa huomioon tilaa ja tilantarvetta tarkasteltaessa. Huoneessa olevat laitteet ja kalusteet vaativat useita neliömetrejä ja lisäksi täytyy ottaa huomioon arvioitu yleisömäärä, joten voitaneen olettaa, että huoneen pinta-alan tulisi olla 12...20 m<sup>2</sup>. Tätä suurempia huonemoduuleja voi olla käytännössä jo hyvin vaikea realistisesti toteuttaa, joten tässä keskitytään noin 20 m<sup>2</sup>:n kokoiseen moduuliin. Tässä työssä oletetaan, että kotiteatterihuone sijoitetaan taloon rakennusvaiheessa sille varattuun paikkaan valmiin lattiarakenteen päälle ennen vesikattorakenteiden asennusta.

## 4.2 Rakenne

Esimerkkihuvoneena käytetään tilaelementtiä, jonka keskimääräiset sisämitat peruspinoilla ovat 5,5 m x 3,4 m x 2,3 m (18,7 m<sup>2</sup>, 43,0 m<sup>3</sup>). Huone on pituussuunnassa keskiakselinsa suhteen symmetrinen, mutta kaikki tasot ovat erisuuntaisia vastakkaisen tason suhteen. Moduulin ulkomitat ovat 6,0 m x 3,8 m x 2,7 m.



Kuva 14. Teatterihuone (liite 2)

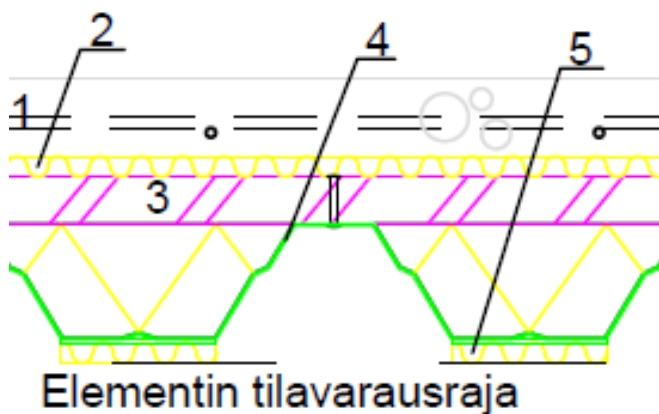
Tilaelementin kokonaispainoksi tulee noin neljä tonnia. Asiakas valitsee haluamansa verhoilumateriaalit tilausvaiheessa, ja ne asennetaan valmiiksi valmistuksessa.

#### 4.2.1 Lattia

Lattian kantavana rakenteena toimii poimulevy, jonka yläpuoliset ontelot on täytetty polyuretaanilla. Huoneen pituussuunnassa 250 mm reunasta ja lyhyessä suunnassa kaksi reunimmaista onteloa on valettu betonilla, jossa on 2 kpl 8 mm:n harjaterästä kussakin ontelossa. Levyn päätyihin on hitsattu, niitattu tai pultattu L-profiililista 60x40x3/S235JR ja pitkiin kylkiin 60x60x3/S235JR. Poimulevyn lattian vastaisiin pintoihin on liimattu 8 mm:n ja L-profiilin alle 5 mm:n paksuiset solukumikaistat. Kuunteluhuoneen lattian kohdalle on levyyn niitattu 12 mm:n paksuinen OSB -levy, jonka päälle on liimattu 8 mm:n solukumilevy. Tämän päälle on valettu 30 mm paksu betoninen pintalaatta, joka on vahvistettu 4 mm:n teräsverkolla, jonka silmäkoko on 150 mm.

Lattian materiaalikerrokset ylhäältä alaspäin ovat seuraavat:

1. 30 mm pintavalulaatta C25/30-2, teräsverkko 4 mm, 150 mm silmäkoko. Reunoilla 4 mm solukumikaistat.
2. Etra Novibra 8 mm tärinäeristematto
3. 18 mm havuvaneri, laatuluokka III
4. Poimulevy Ruukki T45-30L-905, ainepaksuus 1 mm, ontelot täytetty polyuretaanilla. Reuna-alueet betonitäytöllä.
5. Etra Novibra 8 mm tärinäeristemattokaistat



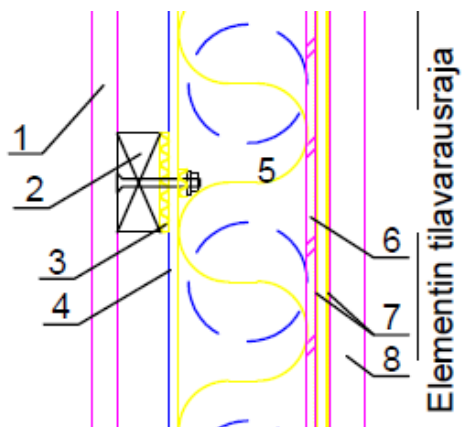
Kuva 15. Lattiarakenne (liite 3)

#### 4.2.2 Seinä

Lattialaatan ja seinän välissä on 4 mm:n solukuminen erotuskaista, joka ulottuu lattian kumieristeeseen asti. Peruspintalevynä toimii erikoiskova kipsilevy, joka on ruuvattu koolaukseen. Koolaus on vaakatasossa k300-jaolla ja kiinnitetty IPE80-pilareihin upotetulla ruuvikiinnityksellä. Ruuvien metallisten aluslevyjen alla on lisäksi kuminen 4 mm paksu aluslevy. Pilarin ja koolauksen väliin on liimattu 4 mm:n Etra Novibra solukumikaistat. Pilarien väleissä on äänieristeenä 66 mm Isover KL AKU -levyä, jonka taustalla on 4 mm:n vanerilevy ja 1 mm:n kumieristekaistat laippaan kiinnitettyinä. Vanerin ja pilarin uuman väli on täytetty joustavalla saumamassalla. Pilarin ulkopuolella on 18 mm:n havuvanerilevy 1 mm:n kumieristeellä. Ääneneristysovi Desipo Rw 41 LVI 0491/90 asennetaan pitkän sivun takaosaan, johon on tehty riittävä vahvistus ja kiinnityspisteet oven karmille.

Materiaalikerrokset sisältä ulos:

1. Erikoiskova kipsilevy 13 mm ruuvikiinnitys koolaukseen
2. Vaakarimoitus 22x50 mm k300, upotettu ruuvikiinnitys 4x40/8.8, metallisen aluslevyn alla kuminen aluslevy
3. Ääneneristysmattokaista Etra Novibra 4 mm
4. IPE80-pilari, kevennetty.
5. Pilarin laippavälissä ääneneristyslevy Isover KL AKU 66 mm
6. Ääneneristeen ulkopuolella 4 mm:n vanerilevy
7. Kumikaista, 1 mm
8. Havuvaneri , laatuluokka III, 18 mm



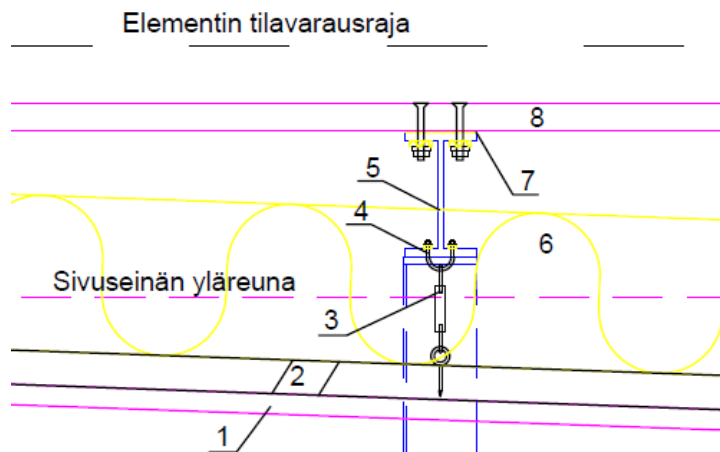
Kuva 16. Seinärakenne (liite 4)

## 4.2.3 Katto

Katon pääkannattimet asennetaan lyhyen seinän suuntaisesti. Pilarit ovat joka seinällä saman korkuiset, ja alas lasketun katon kaltevuus tehdään säädettävillä vanttiruuveilla. I-palkin alalaipan läpi viedään läpimitaltaan 2 mm U-silmukka kierteillä. Silmukka kiinnitetään mutterilla, jonka alla on 1 mm:n aluslevy ja 2 mm:n kumialuslevy. Katotomateriaalina toimii 13 mm:n kipsilevy, joka on ruuvattu 22x50 mm koolausrimaan, jonka k-väli on 300 mm. Rimaan on kiinnitetty silmukkaruuvi 2x20 mm. Silmukoiden välissä käytetään säädettäviä vanttiruuveja tai muuta vastaavaa. Kaikki seinien ja katon väliset saumat tulee tiivistää joustavalla tiivistysmassalla erityisen huolellisesti, kuten myös kaikki läpiviennit sekä valaisinkoteloiden saumat. Mahdollisen videoprojektorin kiinnitys tehdään koolauksiin kiinnitettyyn vahvikelevyyn.

Materiaalikerrokset sisältä ulos:

1. Erikoiskova kipsilevy 13 mm, ruuvikiinnitys koolaukseen
2. Koolausrima 22x50 mm k300, silmukkaruuvikiinnitys 2x20/8.8
3. Säädettävä vanttiruuvi tai muu vastaava
4. U-silmukka päätykierteillä, mutterikiinnitys, aluslevyn alla 2 mm kumialuslevy
5. IPE80-palkki, kevennetty
6. Ääneneristyslevy Isover KL AKU 100 mm
7. Kumikaista 1 mm
8. Havuvaneri, laatuluokka III, 18 mm, upotettu ruuvikiinnitys 4x35/8.8, metallisen aluslevyn alla kuminen aluslevy.

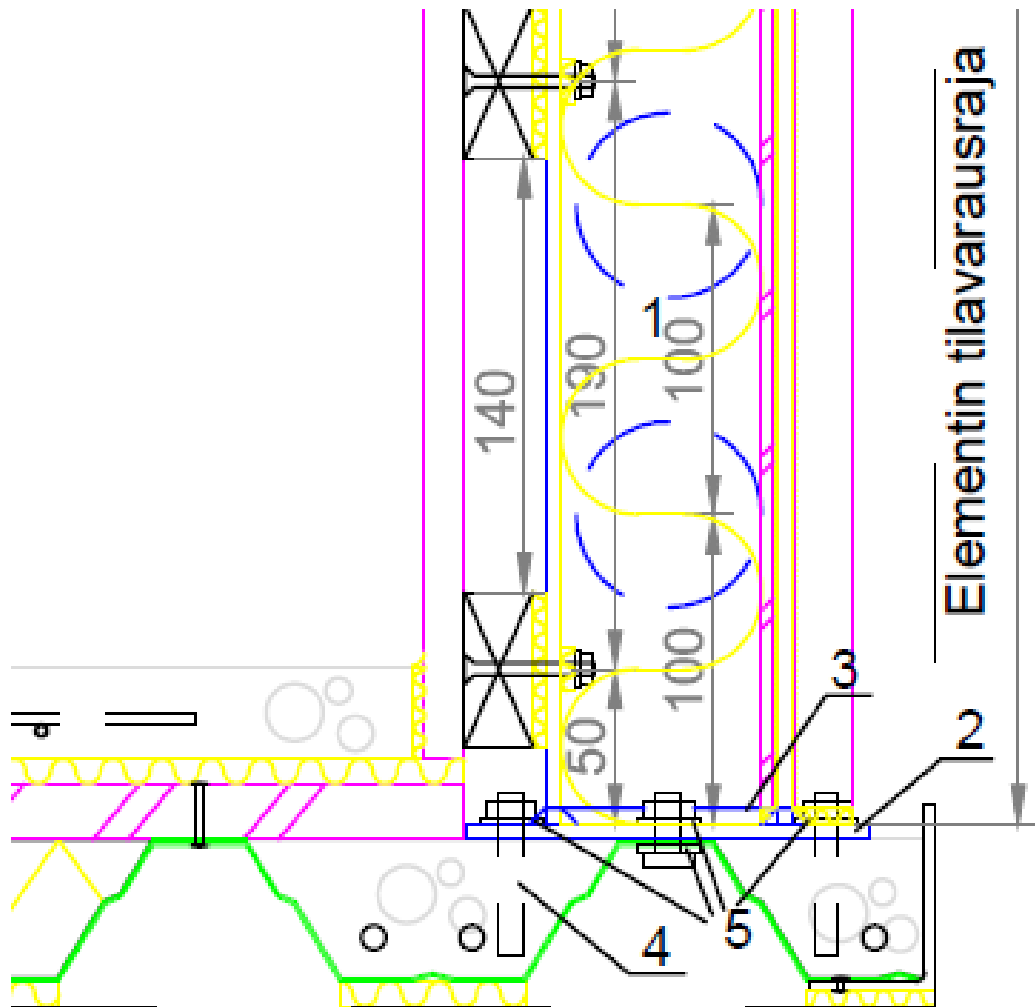


Kuva 17. Kattorakenne (liite 5)

## 4.2.4 Nurkkaliitokset

Pilari on hitsattu pohjalevyyn, jonka mitat ovat 130x100x5 mm. Pohjalevy on kiinnitetty poimulevyyn kuudella 8 mm:n pultilla, jotka on ankkuroitu betonilla täytettyihin onteloihin tai poimulevyn peltiin.

1. IPE80 –pilari, kevennetty
2. Pohjalevy 130x100x5 mm
3. Pienahitsi, a=4 mm
4. Pultti 8 mm (lujuusluokka 8.8)
5. Aluslevy 20x20x2 mm (lujuusluokka 8.8)



Kuva 18. Lattian ja seinän nurkkaliitos (liite 6)

### 4.3 Liitynnät ja kaapeloinnit

Tilaelementin etuna tavanomaiseen paikalla rakennettavaan kelluvaan huoneeseen verrattuna on mahdollisuus käyttää sarjatuotantona valmistettavaa liityntäpaneelia, johon kaikki tarvittavat kytkennät voidaan keskittää. Kytkenät voidaan tehdä käyttämällä standardoituja liittimiä mahdollisuuksien mukaan.

#### 4.3.1 Sähkö ja tietoliikenne

Tilaelementtiin on asennettu jakorasia, johon talon sähköverkosta kytketään MMJ – kaapeli 3x2,5 mm<sup>2</sup>. Jakorasiasta lähtee samanlainen johto sähköalakeskukseen. Sähkökeskuksessa on 25 A:n vikavirtakytkin, joka laukeaa 30 mA:n vikavirrasta. Keskuksessa on viisi silmukkaa, kussakin oma 10 A:n automaattisulake.

Valaistus kytketään yhteen silmukkaan ja valoina käytetään LED-lamppuja, joilla on pieni virrankulutus annettuun valotehoon nähden. Jalkalistoihin tai niiden yläpuolelle asennetaan kulkuvalot ja kattoon upotetaan kohdevalaisimet. Kohdevalot on kytketty kahteen katkaisijalla ja himmentimellä varustettuun ryhmään. Mediasoitin- ja äänen- toistolaitteistot kytketään omaan piiriin mahdollisia omalla virtalähteellä varustettuja aktiivikaiuttimia lukuun ottamatta. Aktiivikaiuttimille järjestetään itsenäinen virransyöttö. Näyttölaitteiden virransyöttö hoidetaan omasta silmukasta.

Antenniliitäntä kytketään myös esimerkiksi kierrettävän N-runkoliittimen avulla elementin liitäntäpaneeliin. Antenniverkon suojamaadoitus liitetään samaan maapotentiaaliin sähköverkon kanssa maadoitusjohdolla. Jos talossa käytetään tähtiverkkoon kytkettyä antennia, voidaan eri huoneisiin tai huoneistoihin menevien kaapeleiden maapotentiaaliaroista johtuvien häiriöiden poistoon käyttää galvaanista erotinta, joka katkaisee antennin suojamaadoituksen.

Tarvittavat lähiverkkoliitännät tehdään käyttämällä Category 5E -yleiskaapelointia. Sekä sisä- että ulkopuolen liityntäpaneeliin tuleva RJ-45-liitin asennetaan naarasmallisenä. Kaiutinkaapeloinnit voidaan tehdä joko yleiskaapeloinnilla aktiivikaiuttimille tai perinteisellä kaiutinkaapeleilla passiivikaiuttimille. Tällöin voidaan seinärasiaan kiinnittää nk. banaanirunkoliitin.



Kuva 19. N-runkoliitin (11)



Kuva 20. Banaanirunkoliitin (12)

Tilaelementissä kaikki tarvittava huoneen sisäinen johdotus tehdään joko valmiiksi tai asennetaan vain putkitukset ja tarvittavat varaukset seinärasioille. Kotelointien ja johdojen läpivientien saumat on tiivistettävä erityisen tarkasti.

#### 4.3.2 Ilmastointi

Ilmanvaihtoon käytetään 125 mm:n ilmastointiputkea. Moduuliin on valmiiksi kiinnitetty poistoilmaventtiilin lisäksi lyhyt jatkopala, joka on tulpattu tehtaalla. Poistoilma johdetaan takaseinän läheltä yläkattoon, jossa on vähintään yksi 900 mm pitkä äänenvaimennin, mutta tarpeen vaatiessa sinne voidaan asentaa myös toinen. Tuloilma saapuu yläkaton kautta 125 mm:n putkessa, josta se johdetaan takaseinän viertä lattian lähelle n. 20 senttimetrin korkeuteen ja sieltä sisälle. Myös tuloilmakanavaan asennetaan vähintään yksi äänenvaimennin. Kaikki ilmanvaihdon läpiviennit täytyy tiivistää huolellisesti.

#### 4.4 Kuljetus

Tilaelementtien kuljetus asettaa aina erityisiä vaatimuksia sekä kalustolle että elementille. Kuljetusajoneuvon tulee olla riittävän suuri, että elementti saadaan kokonaisuudessaan kuormattua. Elementin täytyy olla suunniteltu niin, että kuljetuksen aikaiset muodonmuutokset on minimoitu mahdollisuuksien mukaan. Tämä tarkoittaa sekä elementin riittävää jäykistämistä kuljetuksen valmisteluvaiheessa että sen tukevaa sitomista kuljetusvaiheessa.

## 4.5 Asennus

Kotiteatterimoduuli asennetaan sille varattuun paikkaan ennen kattotuolien asennusta. Tilaelementti on tarvittaessa jäykistetty väliaikaisilla lisäjäykisteillä ja se siirretään kuljetusajoneuvosta paikalleen nosturilla. Nostossa käytetään joko koukkuja, liinoja tai haarukoita elementin vaatimusten mukaan. Viimeinen asemointi tehdään käsin ohjaamalla ennen lopullista paikalleen laskua. Tämän jälkeen kytketään liittymät mahdollisuuksien mukaan. Yleensä IV-kanavien liitos voidaan tehdä vasta yläpohjien asennusvaiheessa tai joskus jopa myöhemmin. Myöskin antennikaapeli voidaan joutua kytkemään myöhemmin, usein vasta vesikattoasennuksen jälkeen, jolloin tulee ottaa huomioon pääsy liitäntäpaneeliin.

## 4.6 Mahdolliset ongelmat

Tilaelementtiratkaisuissa saavutetaan valvotuissa ja tasalaatuisissa olosuhteissa työkentelyn ansiosta useita etuja paikalla rakentamiseen verrattuna, mutta se asettaa myös omia haasteitaan valmistus- ja toimitusketjuun. Seuraavaksi tarkastellaan mahdollisia ongelmia, joita tämän kaltaisessa prosessissa saattaa esiintyä.

### 4.6.1 Rakenteen jäykkyys

Tilaelementin suunnittelussa rakenteellinen jäykkyys on erittäin tärkeä, etteivät kuljetuksen ja asennuksen aikaiset rasitukset riko rakennetta ja tee sitä käyttökelvottomaksi. Äänieristetyssä tilassa saumojen ja läpivientien tiiviys on ensiarvoisen tärkeää, joten muodonmuutosten täytyy olla erittäin pieniä ja niiden pitää olla täydellisesti palautuvia rakenteellisen eheyden säilyttämiseksi. Joitakin pieniä pintarakenteiden korjauksia voidaan tehdä asennuksen jälkeen, mutta päärakenteen täytyy olla ehjä. Tähän päämäärään pääsemiseksi väliaikaisten lisätukien ja –jäykistysten käyttö voi olla tarpeellista kuljetus- ja asennusvaiheissa. Etenkin elementtien reunavahvistus on tärkeää, koska usein nostolaitteiston huolimaton käyttö voi vaurioittaa elementin ulkopintoja. Elementissä olisi hyvä olla vahvistetut nostovyöhykkeet liinoille tai lenkit nostokoukuille.



#### 4.6.2 Paino

Kotiteatterikäyttöön tarkoitetun tilaelementin täytyy olla riittävän massiivinen absorboimaan matalat taajuudet, jotta estetään niiden leviäminen muualle rakennukseen, mutta silti riittävän kevyt kuljetukseen ja asennukseen. Suurissa elementeissä täytyy myös kiinnittää huomiota painon jakautumiseen tasaisesti koko elementin alalle, jotta vääntömomentin aiheuttamat muodonmuutokset eliminoidaan. Myöskin loppusijoituspaikan kantavuuden tulee olla riittävä, etteivät asennusalustan muodonmuutokset riko itse elementin rakenteita.

#### 4.6.3 Tiiviys

Melunhallinnan kannalta elementin massiivisuus ja tiiviys on ensiarvoisen tärkeää. Jos kulma- ja nurkkasaumojen tiivistys pettää, koko tilan ääneneristysominaisuudet on silloin menetetty. Myös läpivientien, putkitusvarausten ja kotelointisaumojen epätäydellinen tiivistys päästää melun leviämään tilan ulkopuolelle, vaikkakin rajoitetusti.

#### 4.6.4 Valmistuksen toteutus

Melunhallinnan tuomat vaatimukset vaikeuttavat toimivien rakenteiden toteuttamista yksittäiskomponenteilla. Jokainen saumaliitos, läpivienti tai kotelointi lisää epätäydellisen tiivistyksen todennäköisyyttä. Lisäksi riittävän jäykän ja massiivisen rakenneosan teko vaikeuttaa tilaelementin valmistusta. Tällöin joudutaan usein ylimitoittamaan rakenne, jotta varmistetaan sen toimivuus vielä kuljetuksen ja asennuksenkin jälkeen. Tämä lisää rakenteiden monimutkaisuutta ja sen seurauksena myös valmistukseen käytettyä aikaa ja henkilöresursseja. Tämä kaikki nostaa kuluttajahintaa, jolloin tuotteen kysyntä laskee.

#### 4.6.5 Hinta

Jos elementit joudutaan tekemään käsityönä, pienet tuotantomäärät estävät prosessin automatisoinnin, ja henkilöstökulujen osuus nousee merkittäväksi koko tilaelementin lopullisessa hinnassa. Tilaelementin hinnan tulisi olla riittävän alhainen kuluttajamarkkinoita ajatellen, joten materiaalien tulisi olla mahdollisimman halpoja ja rakenteiden nopeasti valmistettavia kalliiden henkilötyötuntien minimoimiseksi. Valmistus-

prosessin mahdollisimman laaja automatisointi on olennainen tapa laskea tuotantokustannuksia. Myös tuotantomäärien maksimointi edesauttaa hintojen laskua.

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Koska tässä opinnäytetyössä tarkasteltavan tilaelementin suunniteltu malli on käytännössä mahdoton toteuttaa ilman merkittäviä tuotantoresursseja, ei tämän työn yhteydessä ollut mahdollista valmistaa suunniteltua elementtiä melumittauksia varten. Tämän vuoksi asiaa voidaan tarkastella vain hypoteettisella tasolla.

Äänieristetty kotiteatteri asettaa erityisiä vaatimuksia rakenteille, jotta ne vastaisivat käyttötarkoitustaan. Rakenteen täytyy olla riittävän tiivis ja massiivinen, jotta melu saadaan vaimennettua. Jos rakenne on monimutkainen, on sen toteuttaminen käytännössä kallista ja teknisesti vaikeaa, joten lähtökohtana pitää olla valmistuksen helppous ja riittävien akustisten vaatimusten täyttäminen. Tässä opinnäytetyössä esitetty malli on vaativimpia harrastajia lukuun ottamatta ylimitoitettu, mutta sitä voitaisiin käyttää lähtökohtana ns. kuluttajamallin suunnittelussa.

Komposiitti- eli yhdistelmärakenteiden käyttö saattaisi soveltua hyvin tämän kaltaiseen sovellukseen etenkin valmistusteknisesti. Muoviin koteloidut rakenteet voisivat toimia käytännöllisinä pienenä elementteinä, joita yhteen liittämällä voisi olla mahdollista toteuttaa myös epäsymmetrisiä tilaelementtejä.

Vaikka suomalaisten vapaa-ajan viettoon käyttämä budjetti on ollut jatkuvasti nousujohteinen, on pienessä maassa kotiteatterimoduulille liian alhainen kysyntä, jotta yksittäinen talovalmistaja voisi toteuttaa riittävän laajaa sarjatuotantoa matalan kuluttajahinnan ja sen seurauksena lisääntyvän kysynnän saavuttamiseksi. Sen vuoksi voisi olla tarkoituksenmukaista yrittää luoda useiden talotehtaiden kesken yleisstandardi tällaiselle tilaelementille, jolloin saattaisi olla mahdollista pienentää tuotantokustannuksia niin merkittävästi, että toiminta olisi mahdollista saada kannattavaksi.

Opinnäytetyössä esitetty malli on liian työläs ja resurssi-intensiivinen ollakseen taloudellisesti kannattava valmistaa. Rakenteiden ei tulisi olla yksittäiskomponenteista tehtyjä, vaan suurempia kokonaisuuksia, joiden valmistus ja yhdistäminen voitaisiin automatisoida. Lasikuidun ja erilaisten muovikomposiittien käyttöä saattaisi olla hyödyllistä tutkia.

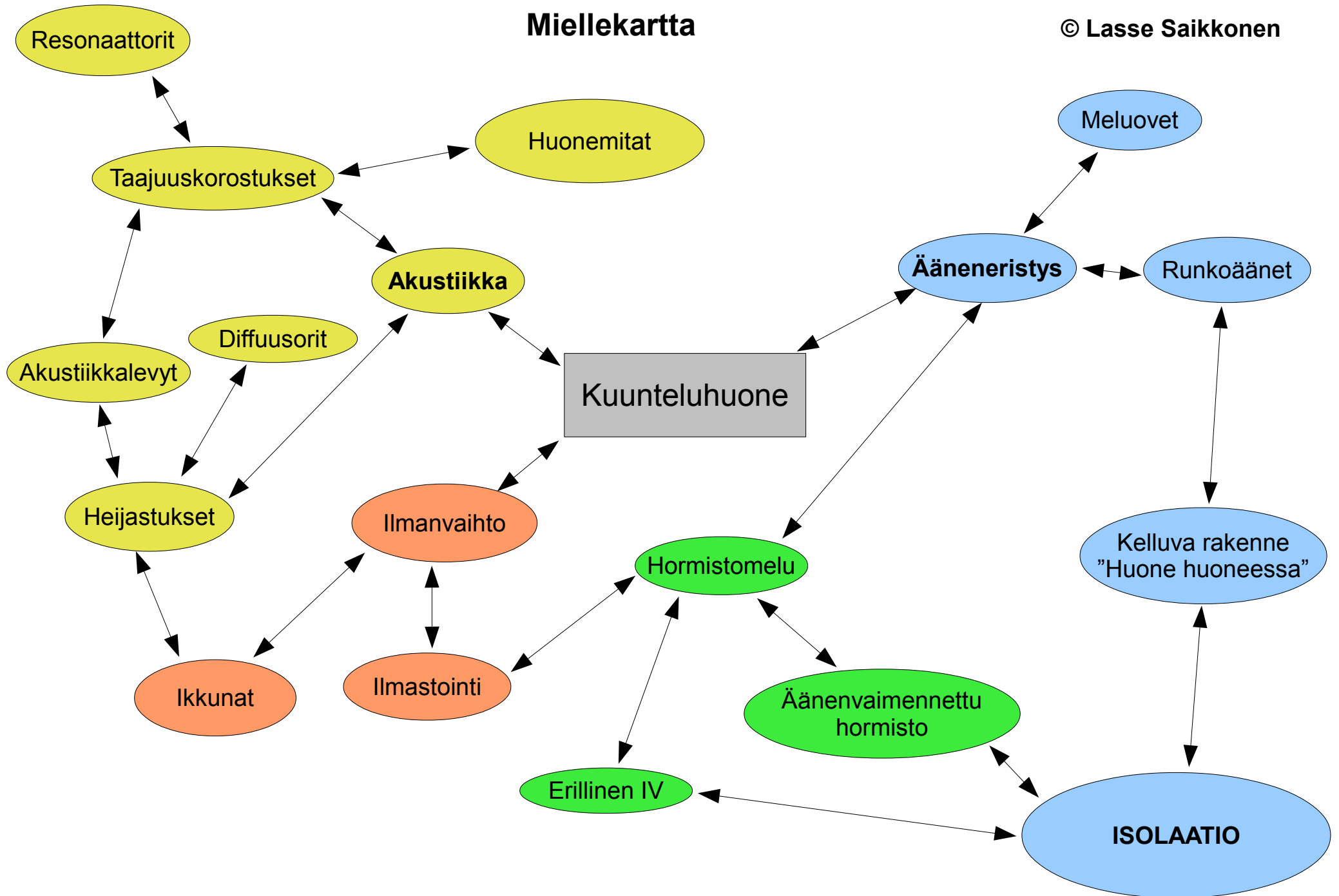
Tämän kaltaisen kotiteatterimoduulin tuotanto- ja materiaaliressurssien optimoinnissa voisi olla tarvetta jatkotutkimuksiin.

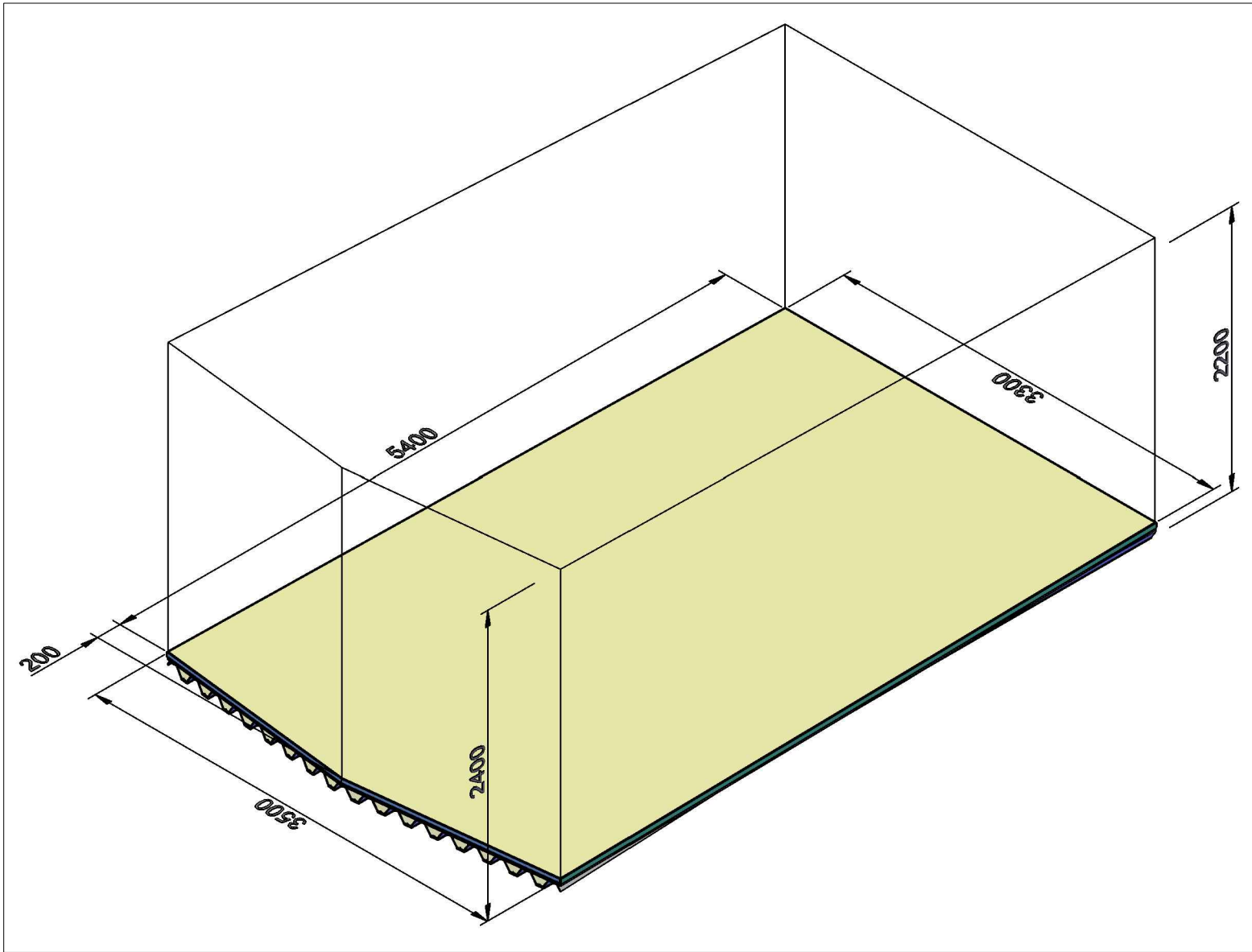
## LÄHTEET

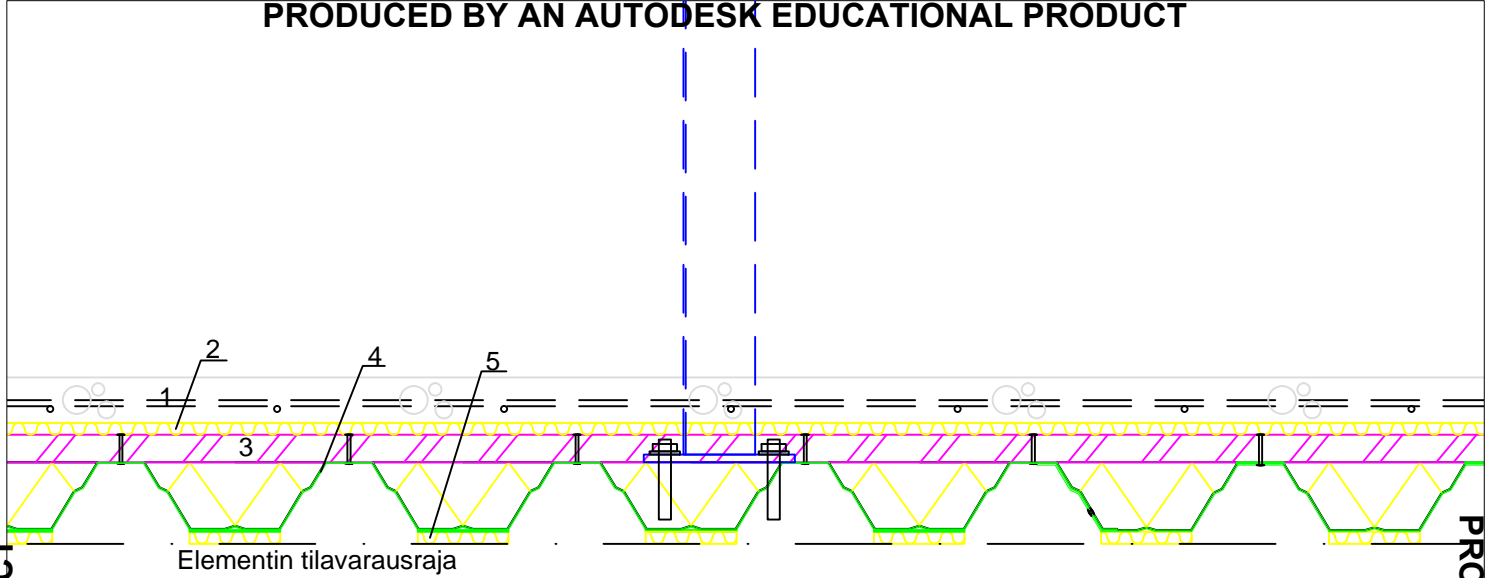
1. Äänikirja. 1991. Helsinki: Oy Partek Ab.
2. RIL 243-1-2007. 2007. Rakennusten akustinen suunnittelu. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
3. Yerges, L. F. 1969. Sound, Noise, and Vibration Control. New York: Van Nostrand Reinhold Company.
4. Basement Response. Taylor, Michael. Services. Saatavissa: <http://mictailor.com/services> [viitattu 9.4.2012].
5. RPG Skyline. Saatavissa: <http://www.rpgeurope.com/products/product/skyline.html> [viitattu 22.2.2012].
6. Saikkonen, L. 2008
7. Halme, A. 1976. Rakennus- ja huoneakustiikka. 2. painos. Espoo: Ota-kustantamo.
8. Kalsi, J. 2005. Studion rakentaminen suunnittelun ja akustiikan näkökulmasta. Opinnäytetyö. Pohjois-Pirkanmaan Koulutusinstituutti.
9. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. 2011. Helsinki.
10. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D3. 2011. Helsinki.
11. N-runkoliitin. Saatavissa: <http://www.yeint.fi/index.php?main=64&productID=15827> [viitattu 18.3.2012]
12. Banaanirunko 4 mm musta. Saatavissa: <http://www.yeint.fi/index.php?main=64&productCat=860&productID=21883#> [viitattu 18.4.2012].

# Miellekartta

© Lasse Saikkonen



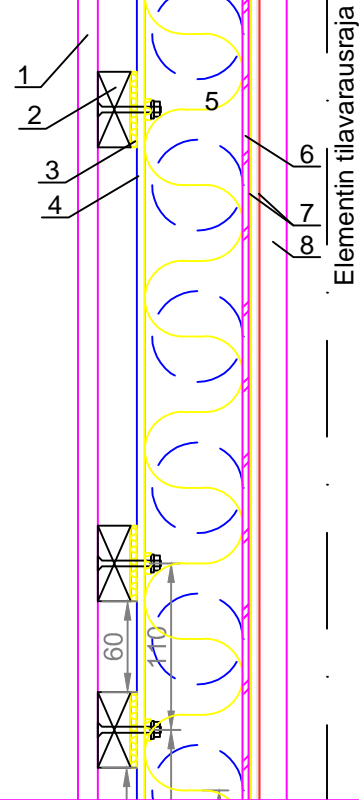




## Kotiteatterimoduulin lattiarakenne

1. Pintavalulaatta 30 mm, rauditusverkko 4 mm, silmäkoko 150 mm
2. Etra Novibra tärinäneristematto, 8 mm
3. Havuvaneri, laatuluokka III, 18 mm
4. Poimulevy Ruukki T45-30L-905, ainepaksuus 1 mm, ontelot täytetty polyuretaanilla
5. Etra Novibra tärinäneristemattokaistat

K.OSA	KORTTELI/TILA	TONTTI/RNo	RAKENNUSLUVAN TUNNUS			
RAKENNUSOIMENPIDE	KOTITEATTERIMODUULI		PIIRUSTUSLAJI	JUOKS.No		
			Rakennedetalji	1		
RAKENNUSKOHTEEN NIMI JA OSOITE			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ	MITTAKAAVAT		
			LATTIADETALJI	1:5		
			SUUN.ALA	TYÖ No	PIIR.No	MUUTOS
			ARK			
			PÄIVÄYS	YHT.HENK.		
			16.04.2012	Lasse Saikkonen		

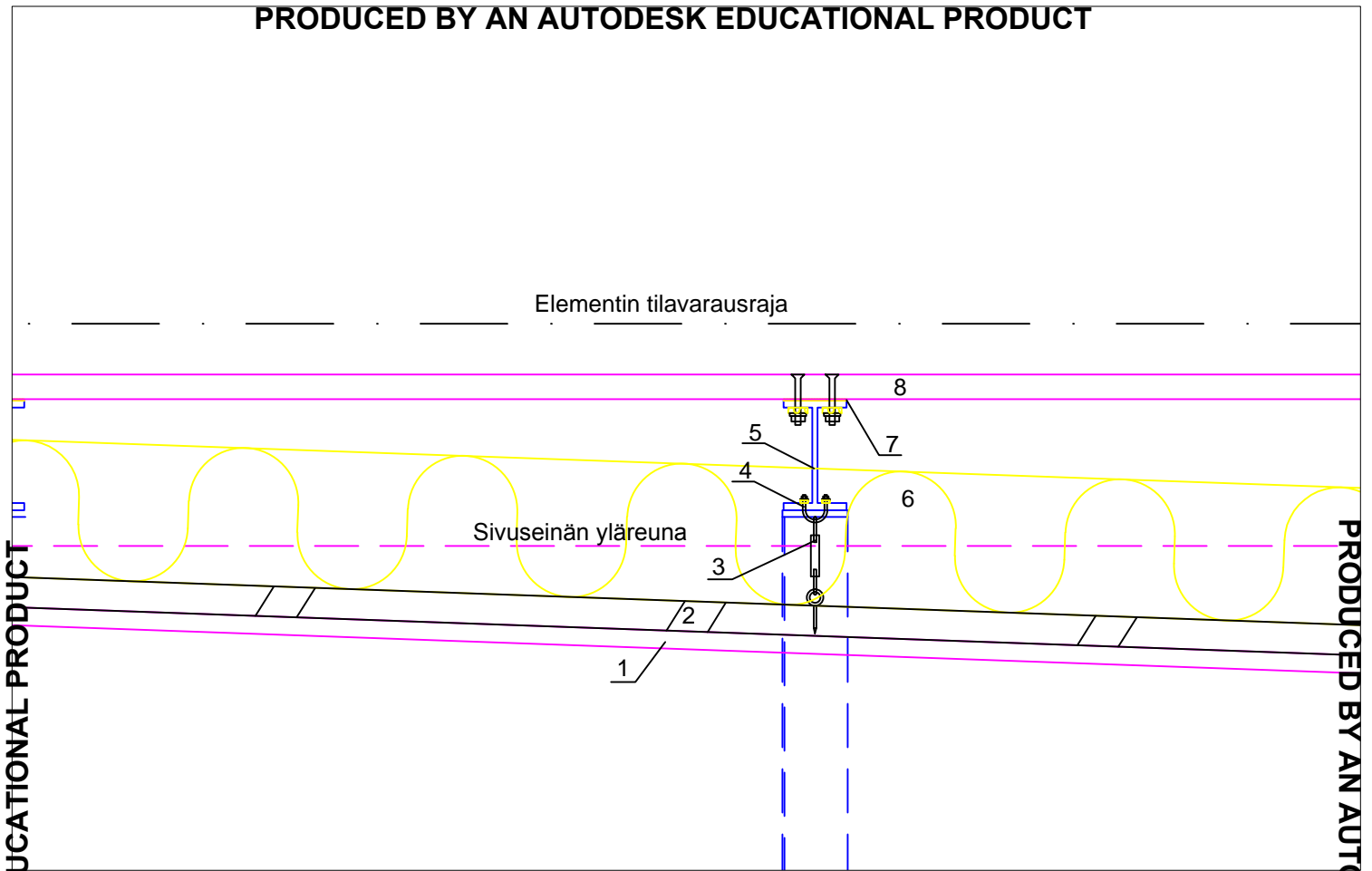


### Kotiteatterimoduulin seinärakenne

1. Erikoiskova kipsilevy 13 mm, ruuvikiinnitys koolaukseen
2. Vaakarimoitus 22x50 mm k300, upotettu ruuvikiinnitys 4x40/8.8, metallisen aluslevyn alla kuminen aluslevy
3. Etra Novibra ääneneristysmattokaista 4 mm
4. IPE80-pilari, kevennetty.
5. Ääneneristyslevy Isover KL AKU 66 mm
6. Vanerilevy 4 mm
7. Kumikaista 1 mm
8. Havuvaneri, laatuluokka III, 18 mm

K.OSA	KORTTELI/TILA	TONTTI/RN <sub>o</sub>	RAKENNUSLUVAN TUNNUS	
RAKENNUSOIMENPIDE KOTITEATTERIMODUULI			PIIRUSTUSLAJI Rakennedetalji	JUOKS.No 2
RAKENNUSKOHTTEEN NIMI JA OSOITE			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ SEINÄDETALJI	MITTAKAAVAT 1:5
			SUUN.ALA TYÖ No PIIR.No MUUTOS	
			ARK	
			PÄIVÄYS 16.04.2012	YHT.HENK. Lasse Saikkonen

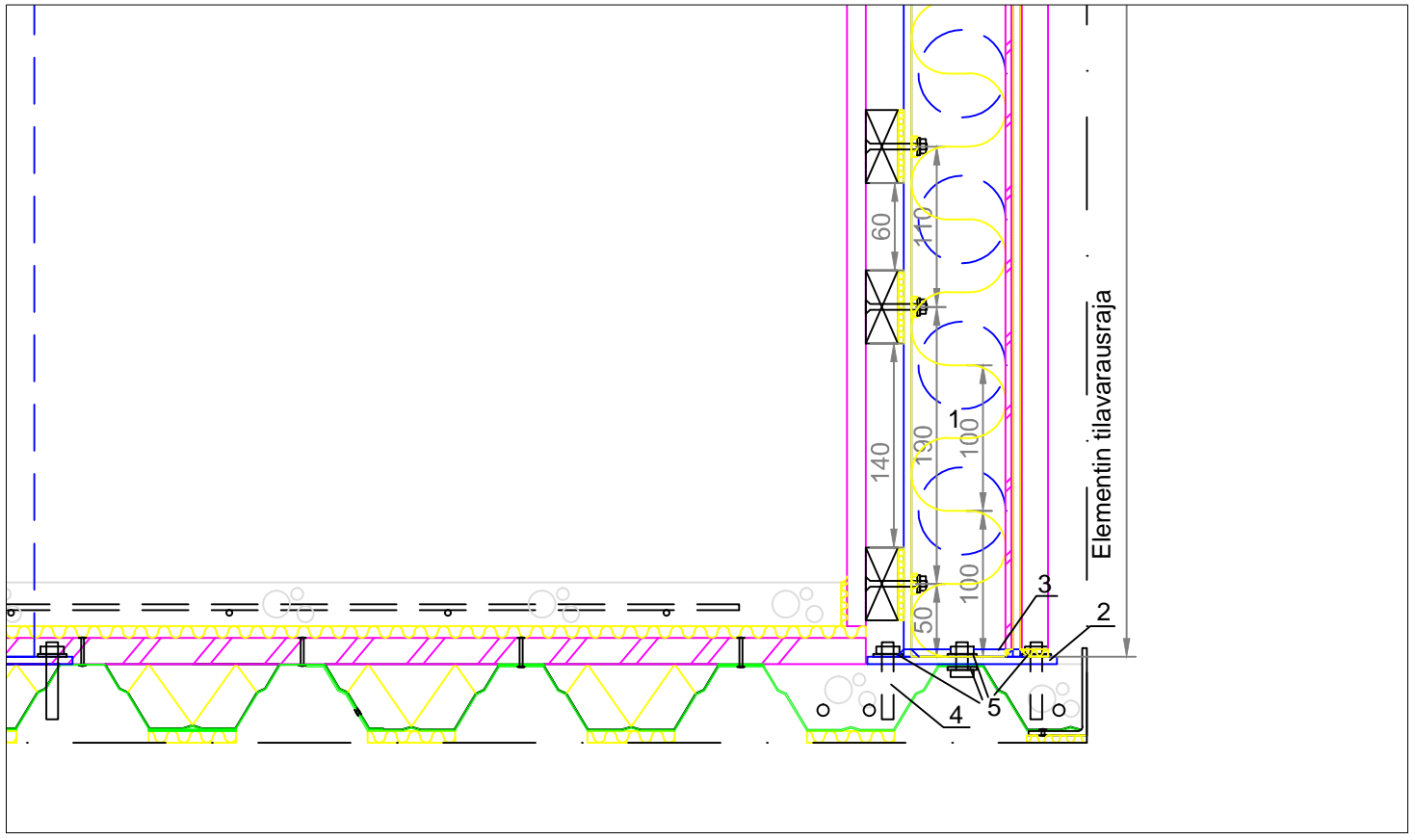




## Kotiteatterimoduulin kattorakenne

1. Erikoiskova kipsilevy 13 mm, ruuvikiinnitys koolaukseen
2. Vaakarimoitus 22x50 mm k300, silmukkaruuvikiinnitys 2x20/8.8
3. Säädettävä vanttiruuvi tmv.
4. U-silmukka päätykierteillä, mutterikiinnitys, metallisen aluslevyn alla kumnen aluslevy
5. IPE80-palkki, kevennetty
6. Ääneneristyslevy Isover KL AKU, 100 mm
7. Kumikaista, 1 mm
8. Havuvaneri, laatuluokka III, 18 mm, upotettu ruuvikiinnitys 4x40/8.8, metallisen aluslevyn alla kuminen aluslevy

K.OSA	KORTTELI/TILA	TONTTI/RNo	RAKENNUSLUVAN TUNNUS	
RAKENNUSTOIMENPIDE	KOTITEATTERIMODUULI		PIIRUSTUSLAJI	JUOKS.No
RAKENNUSKOHTEN NIMI JA OSOITE			Rakennedetalji	3
			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ	MITTAKAAVAT
			KATTODETALJI	1:5
			SUUN.ALA	TYÖ No
			PIIR.No	MUUTOS
			ARK	
			PÄIVÄYS	YHT.HENK.
			16.04.2012	Lasse Saikkonen



Lattian ja seinän nurkkaliitos:

1. IPE80-pilari, kevennetty.
2. Pohjalevy 130x100x5 mm
3. Pienahitsi, a=4 mm
4. Pultti 8 mm (8.8)
5. Aluslevy 20x20x2 mm (8.8)

K.OSA	KORTTELI/TILA	TONTTI/RNo	RAKENNUSLUVAN TUNNUS			
RAKENNUSTOIMENPIDE	KOTITEATTERIMODUULI		PIIRUSTUSLAJI	JUOKS.No		
			Rakennedetalji	4		
RAKENNUSKOHTTEEN NIMI JA OSOITE			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ	MITTAKAAVAT		
			NURKKALIITOSDETALJI	1:5		
			SUUN.ALA	TYÖ No	PIIR.No	MUUTOS
			ARK			
			PÄIVÄYS	YHT.HENK.		
			16.04.2012	Lasse Saikkonen		