

Pylväskaiuttimen rakentaminen 18 mm liimapuulevystä.

Lisänä testaus ja korjausohjeita. Veikko Pöyhönen

Kaikilla **IDEAPORT**tissa esiintyvillä kaiutinkoteloilla on oltava seuraavat perusominaisuudet:

- Kotelon ehdoton tiiviys
- Kotelon jäykkyys (jottei kotelo ala värähdellä)
- Vaimennusaine kotelon sisällä

Nämä ominaisuudet saavutetaan monilla menetelmillä. Olen päätenyt näihin ohjeisiin lukuisten eri kokeiluiden jälkeen. Samalla haluan kuitenkin korostaa, että monet kollegani ovat päässeet vähintään yhtä hyviin tuloksiin aivan toisenlaisilla työskentelytavoilla.

Kotelon rakentaminen

Sahaa 250mm:n levyistä liimalevyä niin paljon, että se riittää kahden kaiuttimen ”kehukseen”. Kehyksellä tarkoitan: pohjaa, kantta ja molempia sivuja.

Upotukset etu- ja takalevyjä varten:



Upotukset kannattaa tehdä n. 1mm syvemmäksi kuin levyn paksuus eli 19mm. Leveys voi olla noin puolet levyn paksuudesta eli 10mm. Levyjen reunoihin tehdään siis 19 x 10mm:n urat.

Upotuksen teko

- Jos pyörösahan terän paksuus on 3mm, jätetään halkaisuohtajaimen ja terän väliin 16mm rako (levyn paksuus 18mm – terän paksuus 3mm + 1mm), terän korkeus n. puoleen levyn paksuudesta eli 10mm:iin

ja 250mm leveiden suikaleiden molemmille reunoille sahataan ura.

- Seuraavaksi halkaisuohtajaimen ja terän välinen etäisyys säädetään 10mm:iin. Terän korkeus kannattaa säätää n. 2mm suuremmaksi kuin upotuksen syvyys eli 21mm. Tähän on kaksi syytä: 1) Kun levyä sahataan pyörösahalla pystyasennossa, se saattaa sahauksen aikana nousta hieman ylöspäin. Tällöin syntyvä ”kumpare” estää etu- ja takalevyjen ilmatiiviin kiinnityksen. 2) Ylimääräinen ura sallii takalevyn uran pohjalla olevan tiivisteen (P -



ikkunatiivistettä) pursuamisen em. uraan ehkäisten näin sen, ettei itse tiiviste aiheuta vuotoa takalevyn raosta.

Osien katkaisu oikean mittaiseksi



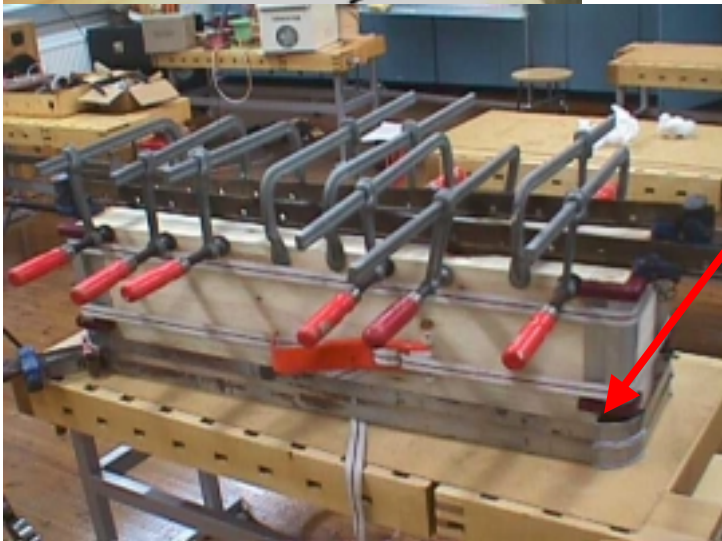
Upotusten teon jälkeen osat kannattaa katkaista sopivan mittaiseksi. Hyväksi koettu keino on jättää palat esim. 5mm liian pitkiä, koska sahattaessa osia 45° kulmaan, saadaan ne samalla oikean mittaiseksi mikäli pyörösahan katkaisuohjaimessa käytetään rajoitinta.

Liitoksien valmistelu

- Piirrotta n. 40mm upotuksen reunasta palojen sisäisivulle merkit Lamello - jyräntää varten.
- Jyrä urat ja liimaa Lamello - palat kansi- ja

pohjapaloihin.

- Purista kehys yhteen Lamello -puristimella ja mitoita etu- ja taka-levyt. Takalevy kannattaa jättää joka sivulta 1 - 2 mm alimittaiseksi. Tämä varmistaa sen ettei levy jää kantamaan sitä kiinni ruuvattaessa.
- Piirrotta etulevyn elementtien reiät ja upotukset*!!!!. **Huomio! Viimeistään tässä vaiheessa sinun täytyy valita Basso elementit (6" tai 8")!!!**
- Kun kaikki osat (pohja, kansi, sivut, etu- ja takalevyt) ovat valmiina, on aika harjoitella liimaamista ilman liimaa. Kun se onnistuu alle kolmessa minuutissa, voidaan se tehdä oikeasti liiman kanssa.



Viritys näyttää kammottavalta. **Sillä on kuitenkin etunsa:** 1) Sivut ja etulevy tulee liimattua kerralla. 2) Etulevyn saa mitoitettua niin tarkaksi, ettei mitään sauman kittauksia tarvita.

Kaiutinkotelon on toimiakseen oltava täysin ilmatiivis. Jos kotelo vuotaa hiukankin, kaiutin ei pysty toistamaan kunnolla bassotaajuuksia. Kaiutinta kuunnellessa se kuulostaa ”ohuelta” ja valjulta. Bassotoisto kuulosta ponnottomalta; niin sanotusti ”tuhnuiselta”. Vaikka asiaa on vaikea uskoa, on bassorefleksikotelon tiiviysvaatimukset vähintään yhtä suuret kuin suljetun kotelon. Asiaa epäilevän kannattaa tutustua alan kirjallisuudessa bassorefleksikaiuttimen toimintaan esim. Hifi lehden kaiutinkirjasta.

***!!!!** Upotusten on oltava saman syvyiset kuin piirustuksissa! Muuten elementit ovat toisiinsa nähden väärässä vaiheessa! Tämä taas vääristää kaiuttimen toistoa. Jos piirustuksissa ei ole mitään mainintaa, kannattaa upotukset tehdä seuraavasti:

- Diskanttikaiutin upotetaan etulevyn tasolle. Koska etulevyä kuitenkin tullaan hiomaan myöhemmin, kannattaa upotus tehdä 0.5 – 1mm syvemmäksi kuin elementin etulevy. Jos etulevy ei hionnassa ohene tarpeeksi, voi upotuksen reunaan ”pyöristää” hiomalla sitä 10 – 20mm:n matkalta reunaheijastusten välttämiseksi.
- Bassoelementille tehdään sen metallirungon syvyinen upotus + em. hiontavara.

Tiiviiden testaus

Liimauksen tiiviiden testaus voidaan suorittaa helpoimmin paineliimalla: Puhalletaan paineilmapistoolilla kotelon sisäpuolelta liimattua saumaa kohti ja tunnustellaan samalla toisella kädellä mahdollisia vuotokohtia kaiuttimen ulkopuolelta. Mahdolliset vuodot voi paikata helpoimmin kotelon sisäpuolelta vaikkapa kuumaliimalla.

Äänen heijastuminen kotelosta



Kaiutinelementin lisäksi myös itse kotelo säteilee ääntä. **Pahimmin säteilevät terävät kulmat.** Jos kotelon etuseinän sivu ja yläkulmia ei ole pyöristetty, kaiuttimen toisto kuulostaa suttuiselta. Ilmiön ehkäisemiseksi ko. kulmat kannattaa siis pyöristää reilusti. Muut särmät voi halutessaan jättää pyöristämättä, sillä niiden aiheuttavat heijasteet tulevat kuuntelijan korvaan epäsuorina heijastumina seinien kautta vaimentuneina.

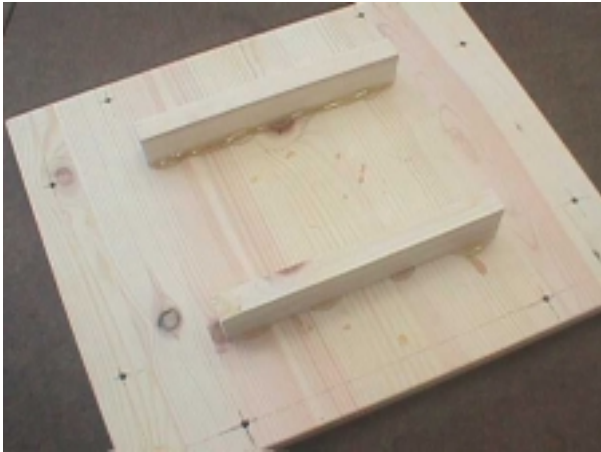
Kotelon jäykistysrimat

Mänty-liimapuulevyn akustiset ominaisuudet kaiutinrakenteluun ovat huonot. Kaiuttimessa esiintyvät painevaihtelut saavat koko kaiutinkotelon värähtelemään. Jos koteloa ei jäykistettäisi mitenkään, kotelo aiheuttaisi äänentoistoon sotkuisuutta. Siksi kaiuttimen sisäpuolelle täytyy liimata jäykistysrimoja n. 15 cm välein **kaikille seinämille**. Rimat kannattaa tehdä samasta materiaalista kuin itse kotelokin l. kotelon osien sahausessa syntyneistä jättepaloista.

Puun erilainen eläminen syy- ja poikittaissuuntaan on ongelma joka on huomioitava. Vaikka kotelo olisi käsitelty molemmin puolin, se elää joka tapauksessa kosteusvaihteluiden mukaan. Tämä aiheuttaa ongelmia tukirimojen pysymiselle. Koulussamme olemme ratkaisseet ongelman käyttämällä 3M:n markkinoimaa liimapistoolia ja puuhun tarkoitettua erikoisliimaa. Pistoolin hinta on suolainen, mutta liitos on **LUJA!** Jos rimat liimaa tavallisella puuliimalla, ne irtoavat todennäköisesti seuraavassa rajussa sään muutoksessa (esim. ulkolämpötila muuttuu +5C > -20C astetta).

Rimojen liimaaminen kannattaa tehdä seuraavasti:

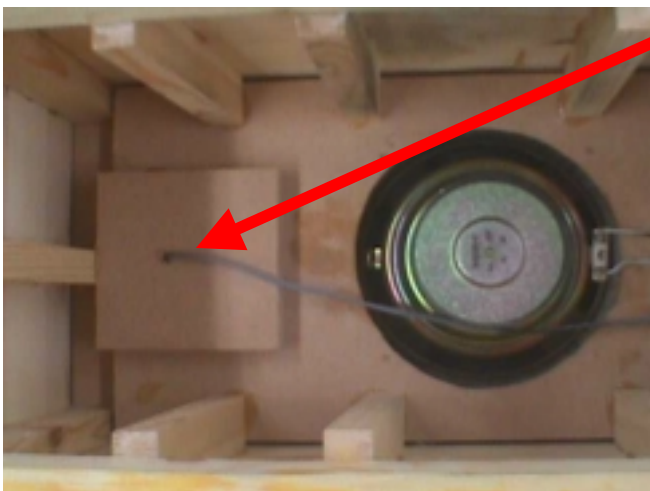
Liimauspintaan valutetaan 4 – 5 ”kasaan” liimaa eli kolikon kokoiselle alueelle. Liimaa ei pidä levittää ”noroina”, koska silloin liima jähmettyy liian nopeasti ehtimättä ”kastamaan” toista liimattavaa pintaa. Tämä siitä huolimatta että liimasauma näyttäisi hyvältä. Onnistuneen liimauksen voi testata vasaralla: Hyvin liimattu tukiriman sauma kestää poikittaissuuntaisen iskun paremmin kuin itse rima **muutama** minuutti liimauksen jälkeen. Rimojen liimauksen onnistuneisuus kannattaa siis testata joitakin



minuutteja liimaamisen jälkeen napauttamalla niitä kevyesti poikittaissuuntaan vasaralla. Kuumalima saavuttaa lopullisen lujutensa vasta useiden tuntien kuluttua liimaamisesta.

Bassokaiuttimien upotuksien takia etulevyn paksuus jää niin pieneksi, ettei ohueksi jäänyt puu enää jaksa pitää elementin puuruuveja kiinni kunnolla, vaan ruuvit alkavat helposti pyöriä tyhjää. Jos ruuvit korvataan koneruuveilla, kaiuttimen värinä irrottaa mutterit ennen pitkää ja ne aikaansaavat ongelmia kotelon sisällä. Em. syistä bassoelementin reiän taakse kannattaa tehdä ”kaulus” samasta materiaalista kuin itse kotelokin. Muodolla ei sinänsä ole suurta merkitystä. Reiän kokokaan ei ole kovin tarkka; kunhan on suurin piirtein samankokoinen kuin itse elementtikin.

Kiinnitys onnistuu helpoimmin seuraavalla tavalla: Takapalikan reiän ympärille tehdään täysi ympyrä tavallisella puuliimalla. Puukuumaliimalla puserretaan ”klöntti” levyn joka kulmaan ja painetaan levy kaiuttimen sisälle oikeaan paikkaansa.



Diskanttielementin tiivistys on aina hankalaa. Asia on ratkaistu seuraavasti: Diskantille rakennetaan aivan samaan tapaan ”kaulus” kotelon sisälle kuin bassoelementillekin. Lisäksi diskantille valmistetaan vielä oma takalevy esim. kovalevystä. Tämä kiinnitetään samalla tavalla kuin sen alla oleva levy. Elementtejä kiinnitettäessä diskantin johtoa varten porataan läpivientireikä sen kotelon pohjaan. läpivienti tiivistetään kuuma- tai lämpöliimalla (mieluummin jälkimäisellä). Itse elementtiä ei siis tiivistetä, vaan elementille tehdään tavallaan oma

kotelo. Kotelon muodolla tai tekotavalla ei ole ihmeempää merkitystä, kunhan se on niin tiivis, ettei ilma pääse kulkeutumaan ulos sen kautta.



Takasivun rimojen merkitys on lähinnä toimia takalevyn ruuvien kiinnitysalustana. Nämä mahdollisestavat sen, ettei tiivisteeseen tarvitse tehdä tiiviyyttä huonontuvia reikiä. Tiivisteenä käytettävä ikkunatiiviste (P – nauha) niitataan pintakäsittelyn jälkeen pyörösahalla



sahattuihin upotuksiin. Tiivistettä niitattaessa kannattaa olla erityisen huolellinen kulmien ja tiivistenauhan päiden sauman kanssa. tiivistenauhan päät liitetään yhteen siten, että päällekkäin asetetut nauhat leikataan 45° puukolla tai taltalla.



Pintakäsittely

Helppo ja luonnonmukainen menetelmä on käsitellä kotelo öljyvahaseoksella. Ohjeet löydät **IDEAPORT**in sivuilta.



Suosittelen em. käsittelyä sen helpon korjattavuuden, ja ennen kaikkia sen kemiallisen kestävyuden vuoksi. Vaimoväellä on pylväskaiuttimet kastellessa tapahtuu pieni kuntoon hankaamalla sen aikuisten juhliissa aikuisten öljyvahattu pinta kärsi

ikävä taipumus ottaa kukkateline käyttöön. Jos kukkia vesivahinko, saa kaiuttimen pinnan kuivalla rievulla. Jos joku kaataa limpparia kaiuttimen päälle, ei siitäkään. Vastaava vahinko lakatulla pinnallahan aiheuttaa yleensä ruman läiskän. Tapahtui pintakäsittely sitten millä aineella tahansa, liittyy siihen aina kriittisiä seikkoja. Jos kaiutin on käsitelty ainoastaan ulkopuolelta, se on hyvin herkkä sään muutoksille. Käsittelemätön osa puusta elää kosteuden muutosten mukaan eri tavalla kuin käsitelty ja kaiutinkotelo saattaa haljeta syntyneiden jännitysten takia. Jos teemme suljettua koteloa, tämä ei aiheuta suurempia ongelmia. Kotelon sisäosan kosteusprosentti ei pääse muuttumaan liian nopeasti, koska se on suljettu lähes ilmatiiviisti. Refleksikotelossa tilanne on täysin toinen. Siinä kotelon sisäilma vaihtuu hyvinkin voimakkaasti refleksiputken kautta (ilman nopeus jopa 30m/s!). Viimeksi mainitussa kotelon sisäosakin pitää siis käsitellä halkeamisen estämiseksi. Suljettussakin kotelossa kosteuden muutokset saattavat tehdä



tepposet tekovaiheessa. Esimerkki: Oppilas on tehnyt kaiuttimen puuvalmiiksi ja pintakäsittelyt sen, mutta ei ole kiinnittänyt tiivisteitä eikä elementtejä. Säässä on tapahtunut yllättävä muutos suojasäästä kovan pakkaseen. Pettymys on melkoinen, kun seuraavalle tunnille tultaessa kaiutin onkin haljennut. Jos pintakäsittely on suoritettu öljyvahalla, voidaan halkeama paikata seuraavasti: Hiotaan kaiutin uudelleen öljyvahalla ja vesihiontapaperilla karheuksilla esim. 100, 220, 400. Hionnassa syntyvä öljyvahan ja puupölyn sekoitus muodostaa sitkeän öljykitin, joka tiivistää halkeaman. Sisäpuolelta halkeaman etenemisen voi pysäyttää poraamalla halkeaman päihin upotukset oksaporalla ja liimaamalla sitten tappi reikään siten, että sen syyt ovat poikittaissuunnassa korjattavan sivun kanssa. Jos halkeama on hankalassa paikassa, voi sen paikata esim. kuumalimalla.

Valmiin kaiuttimen tiiviiden testaus



Kun kaiutin on rakennettu kokonaan valmiiksi, kannattaa tiiviys testata. Keski- ja etusormi asetetaan bassoelementin keskellä olevan kuplan molemmille puolille siten, että molemmat sormet painavat kartiota yhtä voimakkaasti. Kun kartiota painetaan varovasti sisäänpäin. Kartion liike on huomattavasti paljon nihkeämpää kuin kaiuttimen kotelon ollessa avoinna. Refleksikotelolla testi toteutetaan siten, että refleksiputki peitetään testin ajaksi vaikkapa kämmenellä.

Kaiuttimien valmistamisen loppuvaiheessa tapahtuu usein ”mä kiinnitän vielä äkkiä nuo elementit” –efekti. Elementti tai takalevy kiinnitetään huolimattomasti. Ilmaa jää vuotamaan takalevyn tai bassoelementin raosta. Usein into on työskentelyn loppuvaiheessa niin kova, että elementtien ruuvit tulee kiristettyä liian tiukkaan. Bassoelementissä tämän seurauksena on kaiuttimen kalvon kumisen ripustuksen irtoaminen rungosta. Myös diskanttielementin runko saattaa vääntyä liiallisen kiristyksen vuoksi. Nämä viat on yleensä erittäin vaikeaa huomata kuuntelemalla.

Kotelon vaimennusaine

Jos kotelon sisälle ei laiteta vaimennusainetta, kaiutin toimii vähän samalla tavalla kuin auto, jossa ei ole iskunvaimentimia. Kun kaiutin on toistanut esim. iskuäänen, kalvo jääkin värähtelemään hetkeksi sotkien samalla ääntä. Lisäksi ääni heijastuu kaiuttimen seinien välillä sotkien toistoa entisestäänkin. Vaimennusaineena voidaan käyttää suljetussa kaiuttimessa esim. lasivillaa. Suosittelen ns. comfort – laatua. Siinä lasivilla on pinnoitettu ohuella harsomaisella aineella, joka vähentää villan pölyämistä sitä käsiteltäessä. Paloittelu sujuu helpoimmin vannasahalla. Samalla vältetään villan turhalta pölyämiseltä. jos villaa kuitenkin täytyy työstää käsin, kannattaa tarkoitusta varten tehdä ”veitsi” teroittamalla nauhahiomakoneella vanhasta rautasahanterästä. Villaa laitetaan kaiuttimen kaikille seinämille. Se pysyy kiinni parhaiten, jos villa sahataan hieman liian leveäksi esim. 5mm. Jos villa kuitenkin pääsee liikkumaan kaiuttimessa, se voidaan kiinnittää seinämään liimaamalla muutamasta pisteestä vaikka kuumaliimalla. Kiinnitä huomiota siihen, ettei villa saa ottaa kiinni bassoelementtiin. vaimennusaineen keskellä tulisi kulkea ”käytävä” kaiuttimen pohjaan saakka. Muuten kaiuttimen ilmajousi ei toimi kunnolla ja bassotoisto saattaa vaimentua ja ohentua sen seurauksena. Villan ihanteellinen määrä on n.

50-75% kaiuttimen sisätilavuudesta. Jos villaa laittaa liian vähän, kaiuttimen bassotoisto heikkenee, koska vaimennusaine tavallaan suurentaa koteloa parantaen bassotoistoa.

Suljetussa kaiuttimessa voitiin käyttää lasivillaa. Jotkut fanaattiset rakentelijat tosin väittävät että kotelossa pyörivä lasipöly pilaa vähitellen elementit. Tiedä häntä, saattaa tietysti olla totta. Itselleni rakennetut kaiuttimet ovat toimineen lasivillavaimennuksella vajaan 10 vuotta.

Bassorefleksikaiuttimessa ei kuitenkaan voi käyttää lasivillaa, koska refleksiputkesta leviää huoneilmaan hengitykselle vaarallista lasipölyä. Sen voi ehkäistä käyttämällä vaimennukseen polyesterivanua. Sitä käytetään >100% kaiuttimen tilavuudesta. Kiinnitys tapahtuu helpoimmin niittipistoolilla. Suosittelen muuten sähköisen niittipistoolin hankkimista koululle. Useiden kokeiluiden jälkeen päädyin Metabon pistooliin, joka on toiminut ongelmitta vuosikaudet. Refleksikaiuttimessa kannattaa muistaa, että suljetun kaiuttimen ilmakäytävän lisäksi ilmalla tulee olla esteetön kulku myös refleksiputkesta. Siksi putken sisäpään edessä pitää olla ainakin putken halkaisijan kokoinen vapaa tila, jossa ei saa olla vaimennusainetta.

Vian etsintä

Avuksi otetaan vahvistin ja **IDEAPORT**ista saatava taajuuspyyhkäisy **20Hz – 20kHz**. Kaiuttimet sijoitetaan sopivan etäisyyden päähän kuuntelijasta kuunteliin päin, siten että diskanttielementit ovat kuuntelijan korvien korkeudella. Ilmarako takalevyssä aiheuttaa usein puhisevan tai vinkuvan äänen. Kaiutin kalvon liimauksen peittämien taas pörinää tai ”pierun”-omaisen äänen. Kaikki em. äänet kuuluvat yleensä vain tietyillä taajuuksilla, joten kuunnellessa tulee olla tarkkana. Diskanttielementin vääntymisen aiheuttamien vääristymien kuuleminen onkin vaikeampaa. Diskanttipuolella voi kuulla pientä säröä tai osa taajuuksista voi jäädä toistumatta kokonaan. Jos molempien kaiuttimien diskantti elementit ovat vaurioituneet, saattaa vika jäädä tässä vaiheessa kokonaan löytymättä. Jos elementeistä vain toinen on vaurioitunut, löytyy vika paljon helpommalla, koska kaiuttimet kuulostavat ”erilaisilta”.

Viimeisenä testinä on kuunnella pienellä volyyymillä tuttua musiikkia: kuulostaako musiikki ”jotenkin erilaiselta” kokonaisuudessaan tai eroako kaiuttimien toisto toisistaan. Luokkatilassa kaiuttimia kuunnellessa kannattaa muistaa että teknisen työn tilan voimakas ilmasto peittää korkeat äänet. Siksi musiikki saattaa kuulostaa hieman ”nuhaiselta”. Suuri kuuntelutila puolestaan saa aikaan sen, että bassotoisto kuulostaa kovin vaatimattomalta.

Kompaktia 2 –tie kaiutinta kuunnellessa tulee muistaa, että se on suunniteltu sijoitettavaksi n. 50cm päähän seinästä. Seinän voi tarvittaessa ”korvata” noin neliömetrin kokoisella kovalevynpalalla. Ilman seinän voimistavaa vaikutusta bassotoisto on n. 50% heikompi.

Kaiuttimien testaukseen suosittelen seuraavaa Ideaportin sivuilta löytyvää yhdistelmää: **2 x 35W:n** vahvistinta + hakkurivirtalähteellä ja **relekytkentä hakkurivirtalähdettä ADP70CB varten**.

Perusteluna:

- riittävä sini teho (70W rms)
- hyvä kuormankesto; jopa 1Ω!
- vahvistimessa ja virtalähteessä ylikuormitus- ja oikosulkusuojaus
- särönvaroitin ledi varoittaa yli 1% säröstä (kaiutinta ei tärvelly vahingossa testauksessa)
- hyvä dynamiikka
- korkealaatuinen äänentoisto

- pienestä koosta johtuva siirtämisen helppous

Korjaaminen

Jos diskanttielementti on vaurioitunut liian kovakouraisessa käsittelyssä, ei asian korjaamiseksi yleensä voida tehdä muuta kuin vaihtaa vaurioitunut elementti.

Bassoelementin irronnut reunaripustus taas voidaan liimata varovasti syanoakrylaattiliimalla. Em. työtä tehdessä kannatta ottaa huomioon, **että samalla saattaa liimata myös sormensa korjattavaan elementtiin!!** Jos elementtiä kiinnitettäessä ruuvitaltta on livennyt ja lävistänyt kaiutinkalvon kumisen ripustuksen, voidaan reikä useimmiten korjata syanoakrylaattiliimalla. Jos reikä on itse kaiutinkalvossa, sitä ei voida korjata, koska liimaus muuttaa kartion massaa ja aiheuttaa vääristymiä äänentoistossa.

Kun tehdään bassoboosterikaiuttimia, ei tukirimoitus ole välttämätöntä. Niihinkin kannattaa kuitenkin tehdä rimoitus takalevyjä varten sekä ”kaulus” bassoelementtiä varten, jotta ruuvit saisivat tukevan kiinnitysalustan. Jos käytetyt tehot ovat suuria, saattaa kaiuttimen tukirimoitus kannattaa, koska suuret äänenpaineet saattavat muuten halkaista kotelon.

veikko.poyhonen@kapy.edu.hel.fi
Suutarilan yläaste, Helsinki
puh.: 09 / 310 0778