

# Kompakti kaksitiekaiutin

Markku Kauppinen

**10 litrainen kaksitiekaiutin. Tehonkesto 50W, impedanssi 4Ω.**

## Pieni suuri kaiutin

Pieni kaiutin jossa olisi potkua ja toistaisi mahdollisimman matalia taajuuksia on haastava työ. Suljettu kotelo tuottaa tarkan toiston, mutta bassopää jää latteaksi. Moni taas pitää bassorefleksikoteloita huonona, koska sen toiminta perustuu kanavaan, jonka kautta tulee myös muutakin ääntä ulos kuin se bassoalue jota sillä yritetään voimistaa. Halvat pakettikaiuttimet joissa on vain jokin aukko (ei mitään putkimaisuutta) ovatkin tästä huono esimerkki. Kyseisten kaiuttimien ääni on lähellä kaaosta ja yleisimmin ne lähinnä kumisevat. Väärin laskettu, -vaimennettu ja -rakenteellisesti toteutettu refleksikanava aiheuttaa ainoastaan värityymiä ääneen ja tekee kaiuttimesta epätarkan.

Pienien kaiuttimien, joiden oletetaan sopivan sellaiseen hifijärjestelmän pääkaiuttimiksi on kuitenkin toistettava paremmin bassotaajuuksia, kuin mitä pienellä elementillä suljetussa kotelossa voi saavuttaa. Siksi tämä Kompakti Kaksitiekaiutin on bassorefleksityyppinen. Refleksikotelossa voidaan kuitenkin viritystaajuudella saavuttaa suurempi äänenpaine pienemmällä säröllä, verrattuna suljettuun koteloon.

Jotta aiemmin mainitut refleksikanavan häiriötekijät olisivat mahdollisimman pieniä, on aukon paikaksi valittu kaiuttimen takaseinä. Korkeat taajuudet vaimenevat tietyn matkan aikana aina voimakkaammin kuin matalat taajuudet. Lisäksi aukosta säteilevät pyörteet tai korkeat taajuudet vaimenevat nopeasti, ensin levitessään taaksepäin ja vain rippeiden heijastuessa takana olevasta seinästä (jos mitään jää, riippuu materiaalista/vaimentavista kodin tekstiileistä yms.). Tämän jälkeen ovat korkeat taajuudet jo niin paljon vaimentuneita, etteivät ne enää suuremmin vaikuta suoraan kaiutinelementeistä lähtevään signaaliin.

Matalimmat taajuudet eivät sen sijaan vaimene oikeastaan lainkaan. Ne heijastuvat seinästä takaisin ja refleksi-aukon periaatteen mukaisesti vahvistavat bassotoistoa lasketulla viritystaajuudella. Kaiuttimen viritystaajuus 47Hz on niin alhainen, kun on ollut järkevän tehonkeston säilyttämiseksi mahdollista asettaa.

Edellisellä tavalla virittäessä käy melkein pakosti niin, että taajuusvaste tippuu loivasti kohti matalimpia taajuuksia. Taajuusvaste onkin jo 100Hz alaspäin laskusuunnassa, mutta on varsin syväle ulottuva (laskennallinen 37Hz -10dB). Ideana onkin käyttää hyväksi luonnollista matalien taajuuksien korostumista perus kuuntelutilassa, luokkaa olohuone. Se riittää nostamaan vastetta sen verran takaisin ylöspäin, että nämä pienehköt kaiuttimet soivat siksi hyvinkin muhkeasti, mutta silti tarkasti (ja ilman kuminoita). Pienemmissä huoneissa matalien taajuuksien vaste korostuu lisää.



## Päivitys bassokaiuttimen osalta 2014

Bassoelementtinä on 5" polypropyleenikartiainen HKM XF-130-1114 (aiempi malli oli pahvikartiainen). Diskantti on 1/2" muovikalvoinen (mylar) elementti, kuten on ollut aina (vuodesta 1999 asti). Malli on HKM XDT-13-108, jonka taajuusvaste alkaa nousta vasta tuossa 3700Hz alueella käyttökelpoiseksi, mutta onkin sitten tarkka kimittäjä. Kompaktin kaksitien impedanssi 4Ω on valittu siksi, jotta kaiuttimesta lähtisi ääntä myös Ideaportin tutuilla ja turvallisella käyttöjännitealueella toimivilla vahvistimilla, jotka kaikki kestävät 4Ω kuorman. Ääntä näistä kaiuttimista lähteeikin ko. vahvistimilla aivan tarpeeksi kotikuuntelua varten.

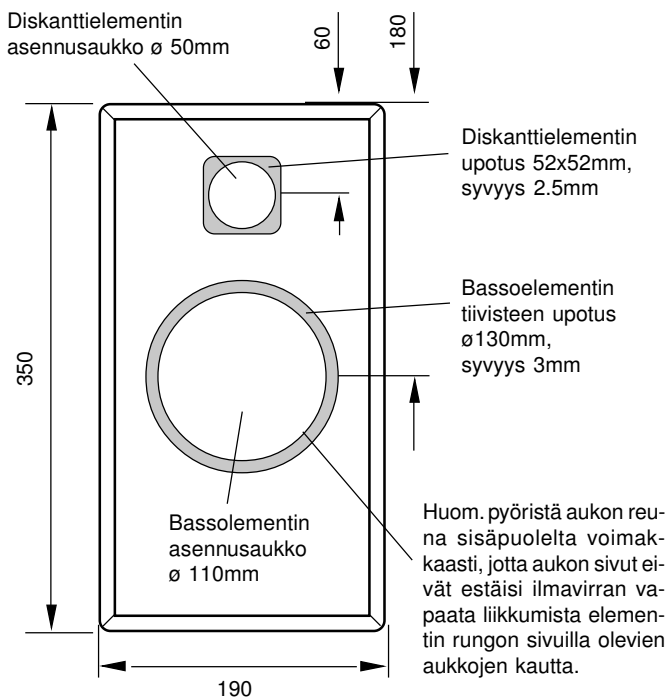
## Kaiuttimien sijoitus

Kaiuttimien paras sijoituspaikka on 0.5...1m takaseinästä (pienessä huoneessa kannattaa pitää kauempana seinästä jos matalat taajuudet korostuvat liikaa). Aivan kiinni niitä ei voi seinään laittaa tai kirjahyllyn sisään lainkaan, takana olevan refleksi-aukon takia. Paras olisi, jos takana olisi vaimentavaa materiaalia kuten verhot.

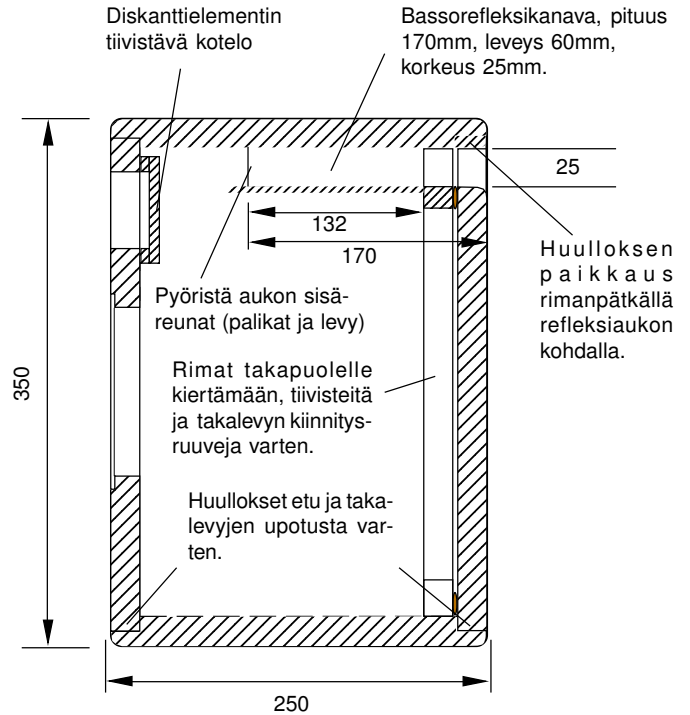
## Kotelon mitat, mm

Allaolevat mitat pätevät 18mm ainevahvuudelle.

### ETUPOULELTA KUVATTUNA

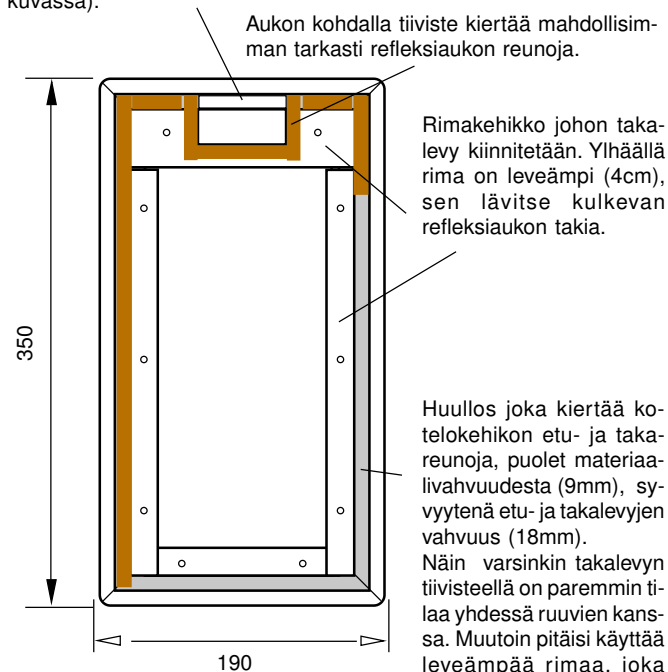


### SIVULEIKKAUS KESKELTÄ



### KOTELOKEHIKKO TAKAPUOLELTA KUVATTUNA

Refleksi-aukon kohdalle on huuloksen paikkaajaksi helpointa laittaa rimanpätkä (selostettu myös sivukuvassa).



Tiiviste (ruskea) on jätetty piirtämättä alaoikealla huuloksen (harmaa) havainnoimiseksi. Tiiviste kulkee huuloksen päällä ja ruuvit tulevat kiinni n. 25mm rimoihin.

### Kotelon osien työstäminen

Kotelokehikkoa varten tarvitaan n. 1.2m pituudelta 254mm levyistä aihiota (kotelon syvyys 250mm + 2mm työstövara kummallekin laidalle). Aihion reunoihin ajetaan 20mm levyiset huulokset, joista tulee kotelokehikon sisäreunan muodostama upotus etu- ja takalevyille. Etupuolelta ylimääräinen reuna hiotaan pois etulevyn liimauksen jälkeen. Takaa reuna vain keyesti pyöristetään ja tiivisteiden takia takalevy voi olla ensin jopa tasan reunojen kanssa. Ajan saatossa tiiviste painuu ja ruuveja kannattaa hiukan tiukata.

Huuloksen syvyys on n. puolet levyn vahvuudesta eli 9mm tai hieman alle. Kun sirkkelin ura on huulosta tehdessä ollut hieman ylisyyvä, helpottaa se etulevyn tapauksessa mahdollisten rakojen painamista liimatessa kiinni, koska reunat taipuvat helpommin sisään paukkumatta halki.

Huuloksen antama lisätila auttaa erityisesti takana, jonne takalevyn tiivisteiden ja ruuvien on mahdollista sijoittaa siten että ruuvit tulevat tiivistekehän sisäpuolelle. Kun tiiviste kulkee huuloksen päällä, ei takalevyn ruuveille tarvita enää kuin n. 25mm vahvuista rimaa. Kaikki rimojen dimensioidut kun syövät kotelon tilavuutta. Kotelo kannattaa tehdä avattavalla takakannella koska on erittäin hankala korjata tai arvioida jakosuotimessa olevia kylmäjuotoksia tai muita vikoja jos elementit pitää irrottaa ja ottaa jakosuotimen kanssa ulos, etupuolelle tutkittavaksi. Pöydällä olevat kaiuttimelementit kuulostavat akustisen oikosulun takia niin oudoilta että jakosuotimen eheyttä ei pysty siinä arvioimaan. Kun elementit ovat kotelossa kiinni on tilanne huomattavasti parempi, vaikka takakansi on auki ja aivan alimmat taakaudet puuttuvatkin. Myös villat saa asennettua paremmin.

Seuraavaksi aihioista katkotaan 45° jiiressä kahdet 190mm ja 350mm pätkät. Kulmiin laitetaan Lamellot ja sitten kotelokehikko kasataan hetkeksi kasaan. Palat varmistetaan, mahdollisesti vielä pyöritellään esiin mahdollisimman siistit etureunat ja pintapuolelta ja merkitään sisäkulmat esim. kirjaimin pareiksi (ja numeroidaan eri kaiuttimet).

### Kotelokehikko

Viisteisiin jyrskittyihin uriin naputetut lamellopalat helpottavat kasaamista huomattavasti. Kuvan kotelopaloista on lamello-järjestelmän periaatte nähtävissä.



### Koekasaus ja etulevyn piirrotus

Kotelokehikko kasataan puristimen avulla ja etulevy mitataan. Sahatun etulevyn sopivuus tarkistetaan kehikossa, jonka jälkeen siihen piirretään elementtien paikat.



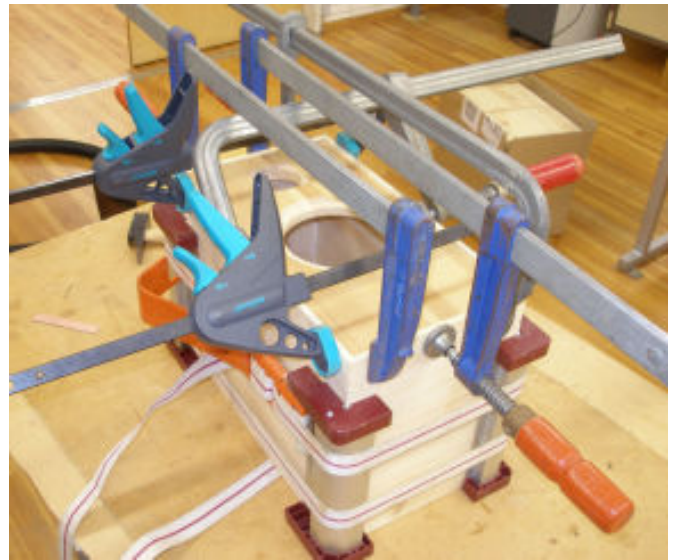
### Diskantin upotuksen teko pylväsporakoneella

- ristisyöttöä pienin askelin ja syvyydenrajoitin 2.5mm pinnasta



### Etulevyn liimaus

Puristimia ei voi olla koskaan liikaa. Ne vaan loppuvat mahtumasta.



### Kaiutinpari puolivalmiina



### Pyöristä kulmat!

Kotelon etureunat tulee pyöristää. Kun diskantista lähtevät korkeat taajuudet osuvat kotelon teräviin reunoihin, syntyy niistä lähes joka suuntaan lähteviä heijastuksia, jotka vaikuttavat äänen kulloisenkin vaiheensa mukaan. Pyöristetyt reunat vaimentavat näitä heijastuksia huomattavasti.

Huom. muista pyöristää myös bassokaiuttimen aukon reuna sisäpuolelta voimakkaasti, jotta aukon sivut eivät estäisi ilmavirran vapaata liikkumista elementin rungon sivuilla olevien aukkojen kautta.

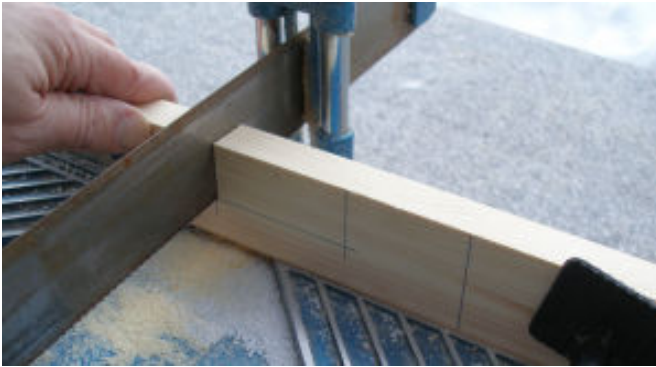
### Villat

Vaimennusmateriaalin on hyvä täyttää koko kaiutin kevyesti, ilman pakkaamista. Ainoa paikka johon sitä ei tulisi laittaa olenkaan on refleksikanavan taakse. Ohjeiden refleksikanavaratkaisu kotelon yläosassa on aika varma ehkäisemään sitä että villat joutuisivat myöhemminkään refleksikanavan tielle. Saman ratkaisun ansiosta voidaan käyttää jopa lasivillaa, kun sen ehjä ns. comfortpinta laitetaan refleksi-aukon puolelle. Ainoa oikea vaimennusaine bassorefleksikoteloon on kuitenkin polyesterivanu. Lasivillasta saattaa lähteä pieniä ikäviä lasitikkuja irti, jotka pölyävät ajan myötä myös putkesta ulos ja villaa käsiteltäessä sitä ainakin pölyää.

### Refleksikanava piirustusten mukaisesti rakennettuna

Refleksikanava "sisäänrakennettuna" on varsin helppo toteuttaa vaikka se ensin vaikuttaisi monimutkaiselta. Kanavan koko on 25mm x 60mm ja kokonaispituuden tulee olla 170mm (katso piirros sivulta 2. Pituutta kanavalle muodostuu 132mm pitkstä solasta ja takakannen kiinnitysriman sekä takakannen läpimenevästä osasta. Edellisessä oletetaan että kiinnitysriman vahvuus on 18mm + tiiviste 2mm ja takakansi on myös 18mm vahvaa mäntypuuliimalevyä.

Ensin mitataan kotelon sivuseinien väli rimaa varten, johon takakansi kiinnittyy yläreunastaan ja josta tulee osa refleksikanavaa. Rimaa tulee olla n. 40mm leveää (eli kokonaismitta noin 40x18x154mm). Kyseiseen rimaan tehdään refleksikanavan kokoinen (25x60mm) lovi keskelle. Loven voi tehdä jiirisahalla kuten kuvassa alla. Sitten taltalla karkeasti poikki ja loput puukolla/viilaten tarkemmin merkintöjen kanssa tasaan.



### Loven pohjan tasaiseksi hiominen

Nyrkin alla näkymättömissä on viilan kahva, joka työntää (ja sormet vetävät/pitävät paikallaan) saman korkuista liukupalikkaa kuin mitä loven pohjan tulee olla. Näin loven pohjan saa hiottua tasaiseksi. Viilan ympärille kiedottuna hiomapaperi pysyy paikallaan sormella painamalla.



### Refleksikanava

Yksi valmiiksi liimattu kanava ja toisen palikat



Kanavan kasaaminen aloitetaan sisällä olevasta solasta, liimaamalla levyn päälle kaksi 25mm korkuista rimaa 60mm päähän toisistaan. Rimat voivat olla n. sentin vahvuisia ja levy 80-90mm leveä ja 132mm pitkä, vanerin- tai kovalevyn palanen. Huomaa että palikoiden sisäpuolen päät kannattaa hieman pyöristää jo ennen liimaamista. Kun liima on vielä tuoretta mutta pitää jonkin verran, liimataan rakenteen huulille jatkoksi aiemmin tehty lovettu rima. Liimaaminen tehdään puristamalla levyrakenne pöytään kiinni, johon sitten liitetään jatkoksi edellä tehty rima kuten kuvassa.



### Kanavan liimaaminen koteloon

Ensin laitetaan painoa solan päälle ja sitten puristimia rimaan.



### Refleksikanava takalevyssä

Refleksikanava päättyy kaiuttimen takakalevyn kautta ulos, johon tehdään 60mm leveä lovi. Lovi mitoitetaan vasta kun edellä tehty kanavakokonaisuus on liimattu paikalleen koteloon. Takalevyn yläreuna viedään kanavan huulille ja kanavan paikka merkataan levyn päättyyn. Huomaa että takakannessa olevan loven korkeus on 25mm + kotelokehikon huullos eli n. 34mm. Refleksiaukon kohdalla huullos paikataan piirroksissa kuvatulla palikalla. Aukon ulostulon reunat on hyvä pyöristää.

## Refleksiaukko putkesta

Bassorefleksiputkena voi käyttää myös perinteisiä muoviputkia. Putken juureen takalevyssä on hyvä tehdä tällöin ylimääräinen hylsymäinen tuki. Lisäksi putki on karhennettava hyvin, jonka jälkeen se (mahdollisimman tiukka) reikään työnnettyä vielä liimataan kuumaliimalla kiinni. Kuumaliimaa ei kannata säästää ja karhennetun osan on ulotuttava tietenkäin liima-alueelle. Refleksiputken pituus riippuu putken sisähalkaisijasta. Mitä suurempi halkaisija, sitä pidempi putki. Tietyn halkaisijan omaava putki ei tietenkään mahdu enää koteloon.

## Refleksiputken pituustaulukko

Seuraavassa on halkaisijaa vastaava pituustaulukko niille, joilla on sattumoisin varastossa jotain muuta putkea kuin edellisen sivun piirroksissa kuvattu polyeteeniputki.

sisä ø	pituus
38	125
39	135
40	140
41	150
42	160
<b>43</b>	<b>165</b>
44	175
45	180
46	190
47	200

- mitat millimetreinä

## Kaiutinelementtien asentaminen

Alla olevassa kuvassa vasemmalla näkyy tiiviste, sille tehdystä 3mm upotuksessa. Jos tiivistettä varten ei tehdä upotusta, jää bassokaiuttimen ja kaiuttimen pinnan väliin ikävän näköinen rako. Ennen tiivisteiden asentamista on sen ulompi reuna hyvä värittää mustaksi, jotta mahdollinen tiivisteiden pilkistäminen ei näkyisi niin pahasti. Musta väri sulautuu paremmin kaiuttimen runkoon ja mahdollista rakoa ei näy kuin nenä kiinni kaiuttimessa. Värittäminen onnistuu helposti mustalla tussilla ja ennen kuin tiiviste liimataan paikalleen.

Diskantille tulee tehdä ilmatiivis kotelo, joka näkyy poterona alla olevassa kuvassa. Kuvassa näkyvä kaiutinjohtin ja sen kulkureitti on tiivistetty runsaalla määrällä kuumaliimaa (kotelo takakautta tehtynä). Jos kuumaliimaa käyttää diskantin kotelon sisäpuolella, estää se johtimen taittumista diskantin alla ja voi olla että diskantti ei enää edes mahdu koteloonsa. Huom. diskantille kannattaa käyttää max. 2x0.5mm<sup>2</sup> johdinta, jotta se taipuisi nätisti. Kuvan diskanttikotelo on tehty liimaamalla 5mm tasaiset tikut 70mm x 70mm vanerilevyn päälle ja sitten ko. kuppi on liimattu kiinni diskantin aukon kohdalle.



## Takalevyn tiivistäminen ja -asennukset

Takalevyn tiivistäminen ja -asennukset Takalevyn tulee tiivistää käyttäen esim. P:n muotoista tiivistettä joka kiitataan siten että tiivistävä kumpuosa tulee kotelokehikon huullokseen päälle. Tätä ennen on kuitenkin varmistuttava siitä että kotelon kulmaliitokset ovat ilmatiiviitä aivan kulman pintaan asti. Rimakehikon ei tarvitse olla ilmatiivis kun tiiviste on huullokseen päällä, mutta huullokseen kohdalla kulmien tulee olla ilmatiiviisti umpeen liimattuja eikä niissä saa olla kynnyksiä.

Jakosuodin voidaan asettaa paikalleen siten että pohjalle tulee ohut kerros vaimennusmateriaalina käytettävää eristevillaa tai polyesterivanua ja sitten jatketaan kaiuttimen täyttämistä vanulla aina refleksiputkeen asti. Jakosuodin pysyy varsin hyvin paikallaan ihan vain villojen välissä. Piirilevyn voi tietenkin ruuvata pohjaan kiinni, mutta tuolloin on käytettävä useata kannatinkappaletta piirilevyn pohjan alla, jotta piirilevy ei lähtisi resonoimaan ja osat irtoilemaan.

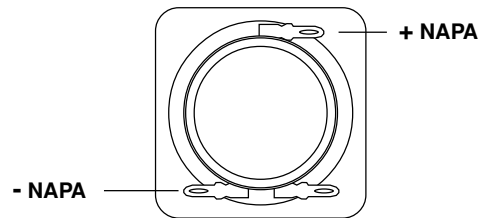
Johdot on jätettävä sen verran pitkiksi että jakosuotimen ja takalevyn sijoittelussa paikoilleen ei tule ongelmia. Liittimeksi kannattaa laittaa upotettava paneelimalli, jota varten takakan-teen tehdään 50mm aukko. Vaihtoehtona on yleensä hieman edullisempi pintamalli, jota varten ei tarvitse porata kuin kaksi reikää juotoskorvien etäisyyden mukaan. Hyvä puoli liittimessä on se että reiät johtoineen on helppo tiivistää. Haittapuoli taas on se että töröttäessään suojattomana pinnalla liitin voi helposti hajota iskusta vaikkapa kuljetuksen aikana.

Valitaan liittimeksi sitten mikä tahansa, täytyy varmistaa että liitin on ilmatiivis ja ilmatiiviisti asennettu.



## Diskantin oikea kytkentä

Diskantissa on ylimääräinen juotoskorva, joka on tarkoitettu kaupallisten kaiuttimien "jakosuodinta" eli bipolaarista elkoa varten apukorvaksi. Punaisella täplällä merkitty korva on plusnapa. Miinusnapa on vastakkaisella puolella olevassa korva ssa.

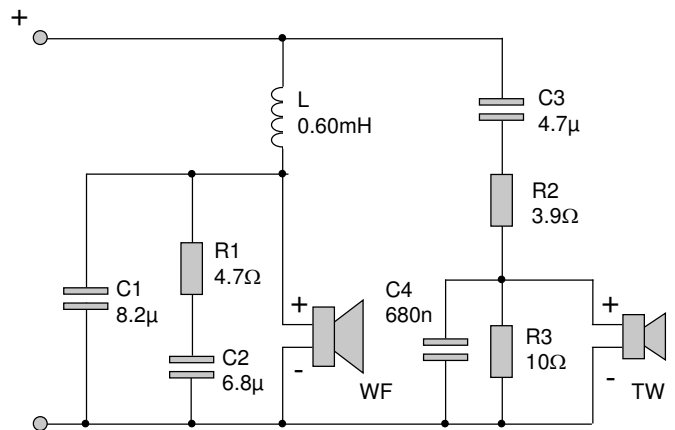


## Jakosuotimen kytkentäkaavio ja osalistaus

### Jakosuodinkomponentit

Teho ja jännitearvot ovat vain pienimpiä suositeltavia arvoja

TW	= Diskantti HKM XDT-13-108/8Ω
WF	= Basso HKM XF-130-1114/4Ω
L	= 0.60mH ilmasydänkela - lanka $\varnothing$ 0.7...1mm Cu
C1	= 8.2uF 50V polko tai 6.8+1.5uF tai 3.3+4.7uF tai 3.3+3.3+1.5uF
C2	= 6.8uF 50 V polko tai 4.7+2.2uF
C3	= 4.7uF 50 V polko
C4	= 680nF 50 V polko
R1	= 4.7Ω 2W
R2	= 3.9Ω 2W
R3	= 10Ω 2W

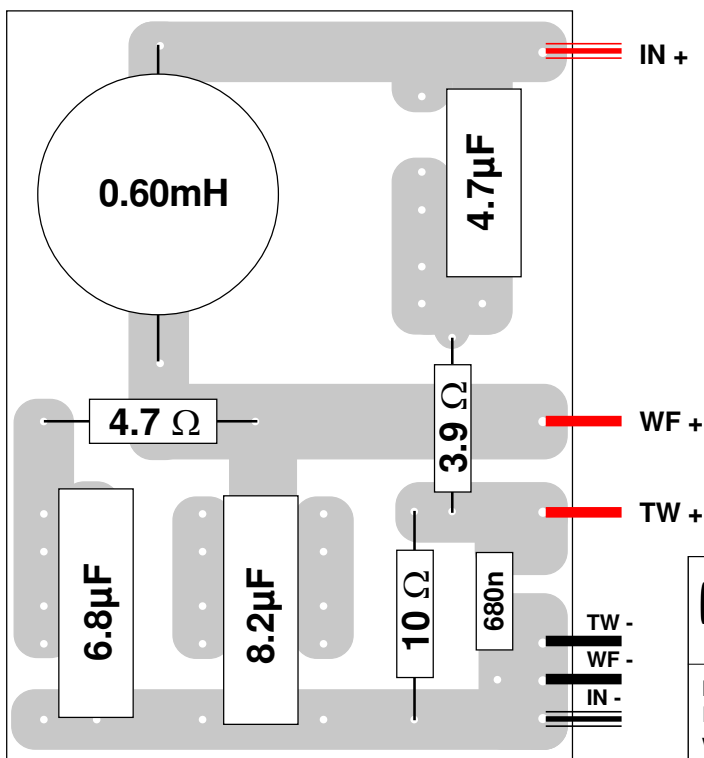


### Komponenttien tehtävät

- C1 ja L1: määräävät basson jakotaajuuden
- R1 ja C2: basson impedanssin tasauskytkentä
- C3: määrää diskantin jakotaajuuden
- R2 ja R3: diskantin herkkyyden tasaus (bassoa vastaavaksi)
- C4: vaimentaa diskantin vasteen nousun 15kHz ylöspäin

## Jakosuotimen komponenttien sijoittelupiirustus

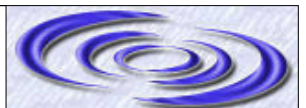
Piirilevy on suunniteltu siten, että siihen sopivat lähes millä tahansa rasterilla olevat komponentit. Kaikkia reikiä ei siis tarvitse välttämättä porata. Erityisesti kondensaattoreiden kohdalla on varattu paikkoja useammalle rinnankytkettävälle kondensattorille, joilla voi joskus korvata isomman arvon ja se voi tulla jopa edullisemmaksi. Erityisesti 8.2uF polko on jopa harvinaisen ja siksi yleisesti varsin hinnakas.



### Sijoittelupiirustuksen merkinnät

IN +	Tulo, plusnapa
IN -	Tulo, miinusnapa
WF +	Bassokaiuttimelle plusnapaan
WF -	Bassokaiuttimelle miinusnapaan
TW +	Diskantikaiuttimelle plusnapaan
TW -	Diskantikaiuttimelle miinusnapaan

**Ideaport - 24.7.2015**  
www.ideaport.edu.hel.fi



Markku Kauppinen  
Piirilevyn valotusmaski pdf-muodossa:  
www.welcome.to/ideaport  
Kuvien protokoteloitoiden teosta kiitokset Veikko Pöyhöselle