

## T1 -moduli

### **1.1** Sähkövirta

Kun avaat hanan, vesi alkaa virrata. Veden määrän voidaan ilmoittaa vaikkapa litroina minuutissa. Kun kytket valot, lamppu syttyy, koska **sähkövirta** kulkee johdoissa. Sähkövirran suuruus ilmoitetaan **ampeereina (A)** .



Sähkövirta on **elektronien liikettä** johdoissa. Jotkut aineet päästävät sähkövirran helposti lävitseen, koska niissä on paljon **vapaita elektroneja**. Tällaisia aineita kutsutaan **johteiksi**. Hyviä johteita ovat kaikki metallit, suolavesi, hiili, yms. **Eristeitä** taas ovat muovit, kumit, tislattu vesi, kiille, jne. Näiden ääripäiden välissä ovat **puolijohteet**, mm. pii ja germanium, joiden johtavuus riippuu olosuhteista.

Kaikki sähkövirrat eivät ole samanlaisia, sillä joissain tilanteissa on parempi, että **sähkövirran suunta vaihtelee**. Tällaista virtaa kutsutaan **vaihtovirraksi** ja se lyhennetään kirjaimilla AC tai merkillä ~ . **Tasavirrassa** virran suunta pysyy samana ja se lyhennetään kirjaimilla DC tai merkillä = . Tasavirtaa saadaan paristoista ja akuista, pistorasiasta saatava virta on vaihtovirtaa.

### **1.2** Jännite

Paine saa veden virtaamaan putkistossa. Sähkövirran saa kiertämään **jännite**. Jännitteen suuruus mitataan **voltteina (V)**. Paristoista ja akuista saadaan tasajännitettä, pistorasiasta vaihtojännitettä. **Jo muutaman kymmenen voltin suuruinen jännite voi olla hengenvaarallinen!** Pistorasiassa vaikuttaa 230 voltin suuruinen jännite, jota kutsutaan myös verkkojännitteeksi (verkkovirraksi).



### **1.3** Resistanssi

Kapeampi kohta putkistossa vastustaa vesivirtaa. Samoin sähköjohdossa oleva laite, esim. lamppu vastustaa sähkövirtaa. Sähkövirran vastustusta kutsutaan **resistanssiksi** ja sen suuruus ilmoitetaan **ohmeina ( $\Omega$ )**.



Ohut lanka vastustaa sähkövirtaa enemmän kuin paksu, samoin pitempi johdin vastustaa virtaa enemmän kuin lyhyt. Tietysti resistanssin määrä riippuu myös aineesta.

### 1.3 Kohti Ohmin lakia

Jos lisää vesiputkistoon vastustusta ohentamalla putkia, piirissä kiertävän veden määrä pienenee. Jos taas lisää painetta, veden määrä kasvaa. Kiertävän veden määrä siis riippuu sekä vastustuksesta että paineesta. Samoin on sähkövirran kanssa: jos lisää resistanssia sähkövirran määrä vähenee, jos lisää jännitettä virta kasvaa. Virran suuruus riippuu siis sekä jännitteestä että resistanssista.

Jos jännitteen ja resistanssin suuruudet tunnetaan, sähkövirta voidaan laskea kaavasta  
**virta = jännite/resistanssi**

Edellä olevasta kaavasta voidaan laskea myös jännite tai resistanssi, jos kaksi muuta suuretta tunnetaan:

$$\text{jännite} = \text{resistanssi} \times \text{virta}$$

$$\text{resistanssi} = \text{jännite} / \text{virta}$$

Nämä kaavat esitetään usein seuraavan kolmion avulla



Kolmio toimii seuraavasti: peitä sormella tuntematon suure, niin saat kaavan sen laskemiseksi!

**Esimerkki:** Kuinka suuri virta kiertää leivänpaahtimen langoissa, kun laite kytketään 230 voltin jännitteeseen ja laitteen lankojen resistanssi on 77 ohmia?

**Ratkaisu:** Tehtävänä on laskea sähkövirran suuruus. Peitetään se kolmiosta, jolloin saadaan kaava  
 $\text{virta} = \text{jännite}/\text{vastus}$  eli  
 $\text{virta} = 230 \text{ voltia} / 77 \text{ ohmia}$ .  
 $\text{virta} = 2,987\dots = \mathbf{3 \text{ ampeeria}}$

### 1.5 Suuria ja pieniä lukuja

Yksi ohmi on hyvin pieni vastustus. Resistanssi voi olla 1000 ohmia tai 1 000 000 ohmia. Yksi ampeeri on melko suuri virta. Virrat voivat olla myös 0,001 ampeerin tai 0,000 001 ampeerin suuruisia. Emme pidä epämääräisistä nolista :), joten otetaan käyttöön seuraavat merkinnät:

M = miljoona = 1 000 000

k = tuhat = 1000

milli = tuhannesosa = 0,001

mikro = miljoonasosa = 0,000 001

**Esimerkki:** Sähkövirran suuruus on 20 mA ja resistanssi on 40 kΩ. Laske jännitteen suuruus.

**Ratkaisu:** Kysytään jännitettä. Kolmiosta saadaan

$\text{jännite} = \text{virta} \times \text{resistanssi}$  eli

$\text{jännite} = 20 \text{ mA} \times 40 \text{ k}\Omega$  eli

$\text{jännite} = 0,02 \text{ A} \times 40\,000 \Omega$

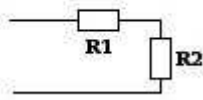
$\text{jännite} = 800 \text{ voltia!}$

## 1.6 Vastusten kytkennät

Resistansseja eli vastuksia voidaan kytkeä peräkkäin eli sarjaan. Tällöin kokonaisvastus saadaan laskemalla vastukset yhteen.

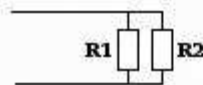
Jos esimerkiksi 150 ohmin ja 300 ohmin vastukset kytketään sarjaan, saadaan yhteensä 450 ohmin vastus.

### SARJAAN



$$\begin{aligned}R &= R_1 + R_2 \\R &= 300 + 150 \\R &= 450\end{aligned}$$

Vastuksia voidaan kytkeä myös rinnakkain eli rinnan. Tällöin kokonaisvastus R saadaan laskettua hienolla kaavalla ;)



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Jos esimerkiksi kytket 150 ohmin ja 300 ohmin vastukset rinnan, saadaan kokonaisvastus laskettua kaavalla

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{300} + \frac{1}{150}$$

Josta laskimen avulla saadaan

$$\frac{1}{R} = 0,01$$

Laskimen 1/x -näppäimen avulla saadaan

$$R = 100$$

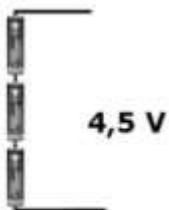
Tulos on siis 100 ohmia. Rinnankytkennässä lopputulos on aina pienempi kuin yksittäiset vastukset.

## 1.7 Virtalähteiden kytkennät

Paristoja ja akkuja voidaan myös kytkeä sarjaan tai rinnan.

Jos paristoja kytketään sarjaan, kytkennästä saatava jännite nousee. Jos kolme 1,5 voltin paristoa kytketään sarjaan, kytkennästä saadaan 4,5 voltin jännite! Tätä käytetään hyväksi mm. taskulampuissa.

Jos taas paristoja kytketään rinnan, jännite ei nouse, mutta kuormitettavuus nousee eli kytkennästä voidaan ottaa enemmän virtaa kuin yhdestä yksittäisestä paristosta.



## 1.8 Varauskyky

Akun varauskyky ilmoitetaan ampeeritunteina (Ah). Yksinkertaisesti ilmaistuna tavallisen henkilöauton 64 Ah:n akusta voidaan ottaa 1 A:n virtaa 64 tuntia, 2 A:n virtaa 32 tuntia, jne.

Paristojen kokoisten sormiakkujen varauskyky voi olla luokkaa 2000 mAh eli 2 Ah.

Jos kytketään rinnan neljä kappaletta 1,5 voltin sormiakkuja, joiden varauskyky on 2 Ah, kytkennästä saatava jännite on edelleen 1,5 volttia, mutta varauskyky on 8Ah!

Jos taas samat sormiakut kytketään sarjaan, kasvaa kytkennästä saatava jännite 6 volttiin, mutta varauskyky säilyy 2 Ah:ssa.

## 1.9 Sähköteho

100 watin lamppu loistaa tehokkaammin kuin 60 watin lamppu. Lampun teho ilmoitetaan **watteina (W)**. Sähköteho lasketaan kaavalla **teho = jännite x virta**

**Esimerkki:** Pöytälamppu käyttää 230 voltin jännitettä ja siinä kiertää 0,26 ampeerin suuruinen virta. Laske lampun teho.

**Ratkaisu:** teho = 230V x 0,26A = 60 W

**Vaikea esimerkki:** 100 ohmin vastuksen yli vaikuttaa 12 voltin jännite. Kuinka suuri tehohäviö vastuksessa syntyy?

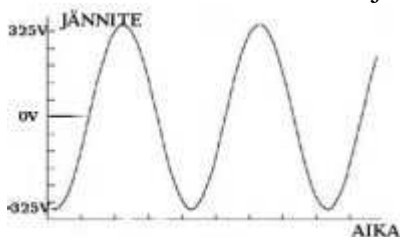
**Ratkaisu:** Tehohäviö tarkoittaa vastuksessa lämmöksi muuttuvaa tehoa eli lasketaan normaalisti teho. Ongelmana on se, ettei tehtävässä anneta virran suuruutta. Niinpä joudumme laskemaan ensin virran. Muistikolmiosta saadaan  
virta = jännite / vastus eli virta = 12V / 100 Ω = 0,12 A

teho = 12V x 0,12A = 1,44W.

## 1.11 Vaihtovirta ja -jännite

Polkupyörän dynamo ja sähkövoimaloiden generaattorit tuottavat **vaihtovirtaa (AC)**, jossa virran suunta vaihtelee. Tällaisen virran saa aikaan **vaihtojännite**.

Pistorasiasta saatavan vaihtojännitteen suuruus vaihtelee **ns. sinikäyrän** mukaisesti:

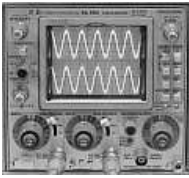


Jännitteen suuruus vaihtelee 325 voltista -325 volttiin. Huippujen ero on 650 volttia!

Tällaista jännitettä kutsutaan 230 voltin jännitteeksi, koska esim. lamppu loistaa yhtä kirkkaasti 230 voltin tasajännitteellä kuin tällaisella vaihtojännitteellä. Pistorasiassa vaikuttavan vaihtojännitteen **tehollisarvo on 230 volttia**.

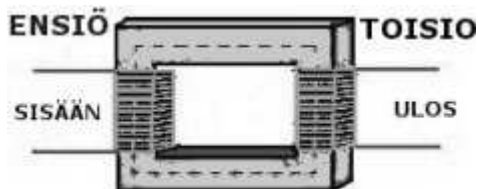
Tehollisarvosta voidaan laskea huippujännite kertoimella 1,41. Jos siis tehollisarvo on vaikka 50V, huippujännite on  $1,41 \times 50V = n. 70V$ . (Oikea kerroin on itseasiassa neliöjuuri 2 = 1,4142...)

Vaihtojännitteen sinikäyrää ja huippujännitteitä voi katsella esim. oskilloskoopilla.



## 1.12 Muuntaja

Vaihtojännitettä voidaan suurentaa tai pienentää **muuntajalla**, joka muodostuu rautasydäimestä ja siihen kierretyistä kuparilangoista eli käämeistä. Muuntaja toimii ainoastaan vaihtojännitteellä.



Muuntajan sisäänmenopuolta kutsutaan ensiöksi ja ulostulopuolta toisioksi. Ulostulevan jännitteen suuruuden määrää ensiö- ja toisiopuolten käämien **kierrosten suhde**.

Jos ensiöpuolen käämissä on esimerkiksi 4000 kierrosta ja toisiopuolen käämissä 500 kierrosta, on kierrosten suhde =  $4000/500 = 8$ .

**Jännitteiden suhde on sama kuin kierrosten suhde.** Jos muuntajan ensiössä vaikuttaa 230 voltin jännite, toisiojännite =  $230V/8 = 28,75$  voltia.

Muuntajan toiossa voi olla myös **keskiulosotto**, jonka avulla toisiojännite saadaan puolitettua.

**Tehtävä:** Muuntajan ensiojännite on 230 voltia ja toisiojännite 24 voltia. Toisiokäämissä on 167 kierrosta. Laske ensiökäämin kierrosten lukumäärä.

**Ratkaisu:** Jännitteiden suhde on  $230V/24V = 9,6$ . Niinpä kierrosmäärien suhteenkin täytyy olla 9,6. Ensiökäämissä on siis  $9,6 \times 167 = n. 1600$  kierrosta.

Muuntajassa häviää hieman tehoa mm. lämmöksi, mutta käytännössä muuntaja oletetaan häviöttömäksi, joten tehot ensiö ja toisiopuolella ovat yhtäsuuret.

Muuntajan **tehonkeston** määrää **rautasydämen poikkileikkauksen pinta-ala**. Niinpä muuntajat, joista otetaan paljon virtaa ovat suuria ja painavia. Esim. tietokoneissa käytetäänkin hakkurivirtalähteitä, joissa ei ole perinteisiä muuntajia.

### 1.13 Mittaaminen

**Yleismittarilla** voidaan mitata mm. virtaa (A), jännitettä (V) ja resistanssia (Ω). Niinpä tätä mittaria kutsutaan myös AVO -mittariksi. Mittareita on kahta päätyyppiä: **digitaaliset** eli numeronäytölliset ja **analogiset** eli viisarinäytölliset.



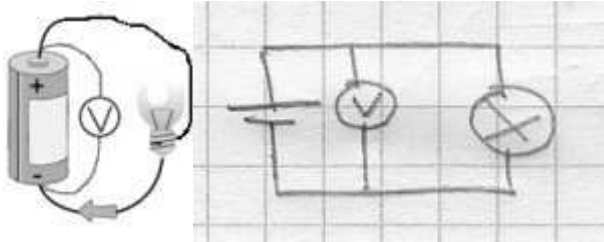
DIGITAALINEN



ANALOGINEN

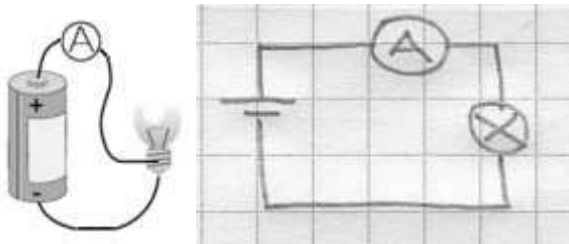
Kumpikaan tyyppi ei ole toistaan parempi, digitaalista on nopeampi lukea, analoginen sopii ehkä paremmin nopeiden vaihteluiden (ääriarvojen) mittaamiseen.

**Jännite** mitataan kytkemällä mittari **rinnan**.



Jännitealueella mittarin vastus on suuri, jotta itse mittari ei vaikuttaisi tulokseen.

**Virta** mitataan kytkemällä mittari **sarjaan**.



Jos virtamittarin asteikko ei riitä virtamittausalueella, asia voidaan kiertää ns. **sivu- eli shunttivastuksella**: annetaan virran kulkea myös pienen vastuksen läpi ja mitataan vastuksessa vaikuttava jännite ja lasketaan virta.

Ennen piirilevyllä olevien vastusten yms. mittauksia täytyy sähkötkä tietysti katkaista laitteesta.

**Taajuusmittarilla** voidaan mitata **moduloimattoman kantoaallon** taajuus tarkasti.



Lähtimestä lähtevän virran mittaus on hankalaa, mutta eräs keino on mitata lähetyksen aikaansaama lämpö **lämpö- eli termistorimittarilla**.

**Oskilloskooppi** näyttää kuvaruudullaan jännitteen muodon. Tästä käyrästä voidaan mitata jännitteen **suuruus ja sen taajuus**.

## 2 Elektroniikan komponentteja

### 2.1 Vastukset

Kuten muistat, virtapiirissä oleva resistanssi eli vastus pienensi sähkövirtaa ja sen suuruus mitattiin **ohmeissa**. Voit siis kävellä elektroniikkaliikkeeseen ja ostaa vaikka 20 ohmin vastuksen :)



Ohmi on kovin pieni resistanssin yksikkö, joten yleensä vastukset ovat kilo-ohmeja (kO) tai megaohmeja (MO).

### 2.2 Kondensaattorit

Kun kaksi metallilevyä asetetaan hyvin lähelle toisiaan ja niiden välille kytketään hetkeksi jännite, levyt **varautuvat**. Mitä suurempi on levyjen koko, sitä suurempi on varautumisen määrä. Tällaista laitetta kutsutaan **kondensaattoriksi** ja sen varauskyky (**kapasitanssi**) mitataan **faradeina (F)**. Faradi on erittäin suuri yksikkö, joten yleensä yksikkönä käytetään mikrofaradeja (uF) tai jopa pienempiä osia, 0,000 000 001F = 1 nanofaradi = 1nF.

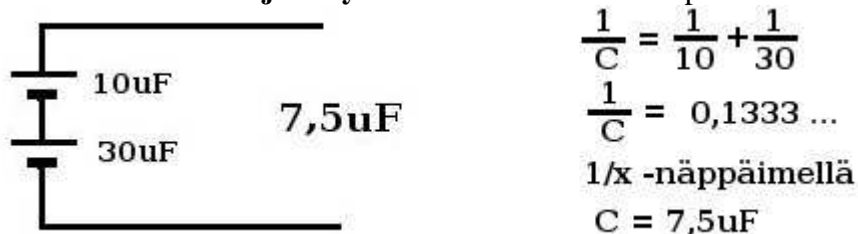


Kondensaattoreja on hyvin monenlaisia ja ne luokitellaan lähinnä käytetyn eristemateriaalin mukaan. **Keraamiset** kondensaattorit (KERKOT) ovat kapasitanssiltaan pieniä ja niitä käytetään lähinnä suurtaajuuspiireissä. **Elektrolyyttikondensaattorit (elkot)** ovat puolestaan kapasitanssiltaan suuria ja niitä käytetään mm. tasaamaan jännitevaihteluita. Elkot on ehdottomasti kytkettävä oikein päin, sillä muuten ne voivat jopa räjähtää! Niinpä elkoihin on merkitty + ja -navat ja suurin käyttöjännite.

Kun kaksi kondensaattoria kytketään **rinnan**, varauskyky kasvaa:



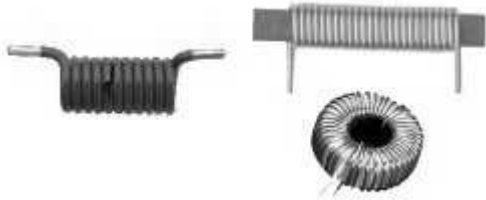
Kondensaattorien **sarjaankytkennässä** varautuminen pienenee vastusten rinnankytkennän tavoin:



Kondensaattori **ei päästä tasavirtaa** lävitseen, mutta vaihtovirralla se aiheuttaa vastuksen, jonka suuruus riippuu kondensaattorin suuruudesta ja vaihtovirran taajuudesta.

## 2.3 Kelat

**Kela** syntyy, kun lankaa käämitään rullalle vierekkäin (tai päällekkäin). Tasavirralla kela ei aiheuta vastusta, mutta vaihtovirtaa se vastustaa sitä enemmän mitä suurempi on värähtelyn taajuus ja kelan suuruus. Kelan suuruus (**induktanssi**) mitataan **henreinä (H)**. Yksi henri on hyvin suuri yksikkö, joten yleisesti käytössä ovat millihenrit (mH) tai mikrohenrit (uH).



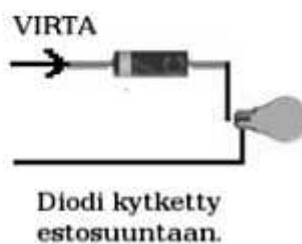
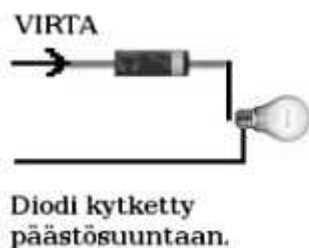
Induktanssin suuruuteen vaikuttavat kierrosten määrä, kelan halkaisija ja sydänaineen materiaali. Niinpä keloja saa sekä ilmaeristeisinä että rautasydämisinä. Ilmaeristeisiä käytetään värähtelypiireissä, rautasydämisiiä mm. äänisuotimissa.

Joskus jopa lankojen mutkittelu laitteen sisällä aiheuttaa tahatonta vastusta korkeataajuiselle värähtelylle!

Keloja kytetään harvoin sarjaan tai rinnan, mutta tällöin niiden laskukaava on sama kuin vastuksilla.

## 2.4 Diodi

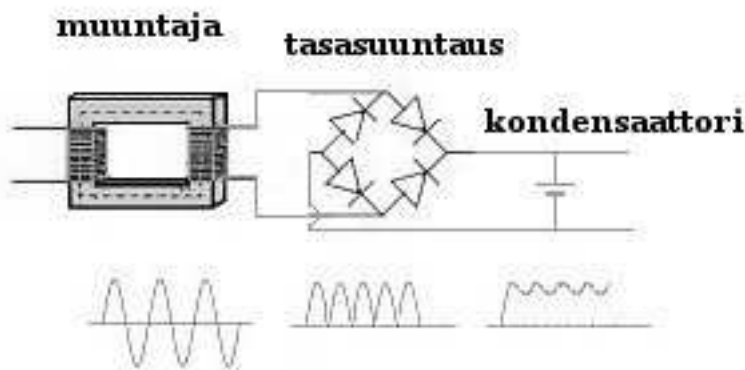
**Diodi** on puolijohteesta, piistä tai germaniumista tehty komponentti, joka päästää virtaa lävitseen vain toiseen suuntaan.



Diodin (diodien) avulla vaihtovirta saadaan muutetuksi tasavirraksi, koska diodi estää virran suunnan muuttumisen. Tätä kutsutaan **tasasuuntaukseksi**.



Tähän asti oppimamme avulla voimme rakentaa virtalähteen, joka muuttaa pistorasiasta saatavan 230 voltin vaihtojännitteen pieneksi tasajännitteeksi:

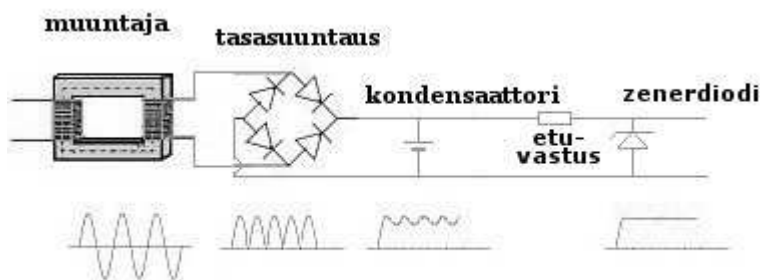


Muuntaja pienentää 230 voltin verkkojännitteen pienemmäksi vaihtojännitteeksi. Neljästä diodista koostuva **tasasuuntaussilta** muuttaa vaihtojännitteen sykkiväksi tasajännitteeksi. Kondensaattori varautuu jokaisen huippujännitteen kohdalla maksimiinsa eikä ehdi purkautua ennen seuraavaa huippua, joten kondensaattori tasoittaa jännitettä.

**Valodiodi eli LED** tuottaa valoa hyvin pienellä virralla. Niinpä niitä käytetään merkkivaloina. Ledit tarvitsevat lähes aina **etuvastuksen** rajoittamaan niiden läpi kulkevaa virtaa.



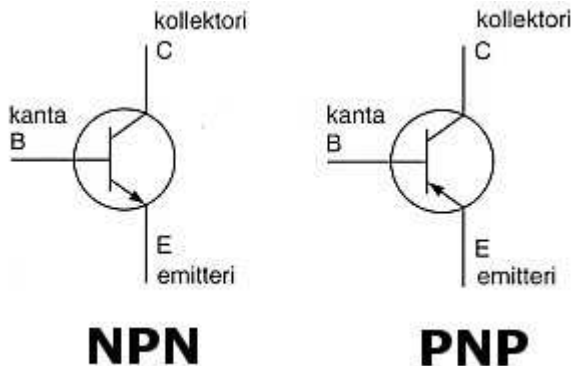
**Zenerdiodin** yli vaikuttava jännite ei juurikaan muutu, vaikka sen läpi kulkeva virta muuttuisikin. Niinpä zenerdiodia käytetään **jännitteen tasaajana** eli stabiloijana. Zenerdiodi kytketään **estosuuntaan** ja virtaa rajoitetaan etuvastuksella. Jos lisäämme edellä rakentamaamme virtalähteeseen zenerdiodin, saamme ulos kohtalaista tasajännitettä.



Tällaisesta virtalähteestä ei voi ottaa ulos suuria virtoja etuvastuksen vuoksi.

## 2.5 Transistori

**Transistori** on myös puolijohdeista valmistettu komponentti. Ns. bipolaaritransistorissa on kolme elektrodia: **kanta B, kollektori C ja emitteri E**. Transistoreja on kahta päätyyppiä NPN-transistorit ja PNP-transistorit.

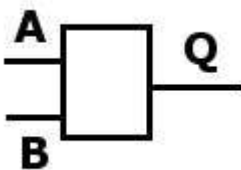


Nämä ns. bipolaaritransistorit ovat **virtavahvistajia** eli pieni virran muutos kannalla B saa aikaan suuremman virtamuutoksen kollektorin C ja emitterin E välillä.

## 2.6 Loogiset piirit

Loogisissa piireissä on yleensä kaksi sisäänmenoa ja yksi ulostulo.

**AND eli JA** -piirissä molemmissa sisäänmenoissa täytyy olla virtaa, ennenkuin ulostulossa on virtaa.



Logiikan ajatusmaailman avulla ilmaistuna A:n pitää olla TOSI **JA** B:n pitää olla TOSI, jotta ulostulo olisi TOSI.

(A) Sinulla on rahaa.

(B) Kauppa on auki.

(Q) Sinä ostat kaupasta karkkia.

Sekä A:n että B:n pitää olla tosia, jotta myös Q olisi tosi ;)

**OR eli TAI** -piirissä joko A:n **TAI** B:n pitää olla TOSI, jotta ulostulo Q olisi TOSI.

(A) Olet syntynyt 12. päivä helmikuuta.

(B) Olet syntynyt 31. tammikuuta.

(Q) Olet horoskoopiltasi Vesimies.

### 3 Taajuus ja aallonpituus

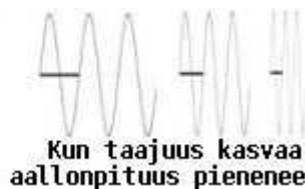
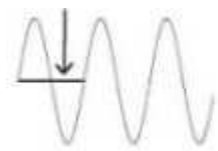
Radioaallot ovat **sähkömagneettista säteilyä**, jota ovat myös valo, röntgenaallot ja gammasäteily. Sähkömagneettisessa säteilyssä ovat mukana sekä sähkökenttä että magneettikenttä jotka ovat kohtisuorassa toisiaan ja etenemissuuntaa vastaan.



Tyhjiössä sähkömagneettisen säteilyn nopeus on 300 000 km/s, väliaineessa vähemmän.

**Taajuus** kertoo värähtelyjen lukumäärän sekunnissa ja sen yksikkö on **Hertsi (Hz)**. Yksi hertsi on radiotaajuuksilla hyvin pieni yksikkö, paljon yleisempi on megahertsi, MHz eli miljoona värähdystä sekunnissa.

**Aallonpituus** tarkoittaa nimensä mukaisesti yhden värähdysen eli aallon pituutta metreinä. Aallonpituus on erittäin tärkeä mitta esimerkiksi antennien tehtäessä.



Aallonpituus saadaan laskettua taajuudesta hyvin yksinkertaisella kaavalla:

**aallonpituus metreinä = 300/taajuus megahertseinä**

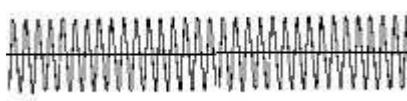
Jos taajuus on esimerkiksi 103,3 MHz, sitä vastaava aallonpituus on  $300/103,3 = 2,9$  metriä.

Usein radioamatöörittaajuuksia kutsutaan myös niiden aallonpituutta vastaavalla nimellä, esimerkiksi **145 MHz:n** aluetta kutsutaan myös **2 metrin** alueeksi, koska aallonpituus on 2 metrin luokkaa.

### 4. Modulointi

#### 4.1 AM -modulaatio

Jos haluat rakentaa 3.5 MHz:n taajuudella toimivan lähettimen, tarvitset aluksi värähtelijän, joka tuottaa 3.5 MHz:n taajuuden eli 3.5 MHz:n **kantoaallon**.



Jotenkin kantoaaltoon pitää myös liittää informaatiota (puhetta yms). Tätä kutsutaan kantoaallon **moduloinniksi**.

Yksinkertaisin tapa moduloida kanta-aaltoa on laittaa se päälle tai pois. Tätä kutsutaan **sähkötykseksi**.

Puhe voidaan liittää kanta-aaltoon monella eri tavalla. Jos kanta-aallon voimakkuus muuttuu puheen voimakkuuden tahdissa, puhutaan **AM - eli amplitudimodulaatiosta**.



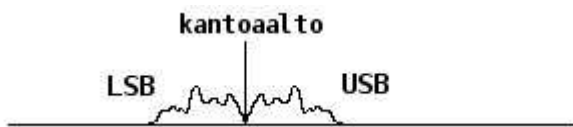
#### 4.2 FM -modulaatio

Jos kanta-aallon taajuuden annetaan vaihdella hieman puheen tahdissa, puhutaan **FM - eli taajuusmodulaatiosta**.



#### 4.3 SSB

Hienot stereot toistavat musiikkia aina 20 kHz:iin saakka. Puheen ymmärrettävyyteen riittää, kun kuulet siitä 3 kHz:n alueen. Tämä puhetaajuus leviää AM -modulaatiossa lähetystaajuuden ympärille eli jos puhut 3600 kHz:n taajuudella, puheesi leviää 3597 - 3600 ja 3600 - 3603 kHz:n alueille eli 6 kHz leveydelle.



Lähetystaajuuden alapuolella olevaa kaista on nimeltään **alempi sivunauha, LSB eli lower sideband**, yläpuolinen nauha **ylempi sivunauha, USB eli upper sideband**.

**Kaistanleveys** eli lähetteen leveys on AM -modulaatiossa turhan suuri käytettäväksi amatööriryhdyksiin, eikä yhteyteen tarvita kaikkia lähetteen osia. Niinpä amatöörilähettimet vaimentavat sekä kanta-aallon että toisen sivunauhan pois, jolloin puhutaan **SSB -lähettestä**.



3,5 MHz:n ja 7 MHz:n amatöörialueilla käytetään LSB -lähetettä, muilla USB -lähetettä.

## 5 Vastaanottimet

### 5.1 Oskillaattori

Jos haluat vastaanottaa AM -lähetettä, tarvitset **värähtelijän eli oskillaattorin**, joka värähtelee halutulla taajuudella.

**Kide** alkaa värähdellä sille ominaisella taajuudella, kun siihen kytketään jännite (ns. pietsosähköinen ilmiö). Kiteitä käytetään tietokoneessa, televisiossa yms, kun halutaan saada aikaan yksi, tietty taajuus.



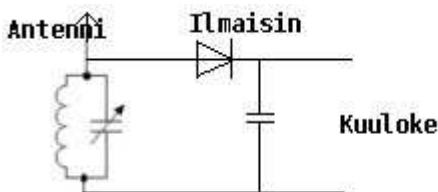
Oskillaattorin voi valmistaa myös kelan ja kondensaattorin yhdistelmällä. Piirin värähtelytaajuus riippuu kelan ja kondensaattorin arvoista, joten värähtelytaajuuden voi tehdä säädettäväksi.

**Värähtelypiirin hyvyys** ilmoitetaan ns. **Q -kertoimena**. Mitä pienempi Q-arvo on, sitä enemmän piirissä tapahtuu häviöitä. Kiteessä tapahtuu vähän häviöitä, joten sen Q -arvo on erittäin korkea (satoja). Kela-kondensaattoripiirin Q-arvoa voidaan parantaa käyttämällä hopeoitua kela ja ilmaeristeistä kondensaattoria.

Jos vastaanottimen värähtelypiirin Q-arvo on korkea, vastaanottimen **valintatarkkuus eli selektiivisyys** on hyvä ja lähekkäin olevat radioasemat voidaan erottaa toisistaan.

### 5.2 Suora vastaanotin

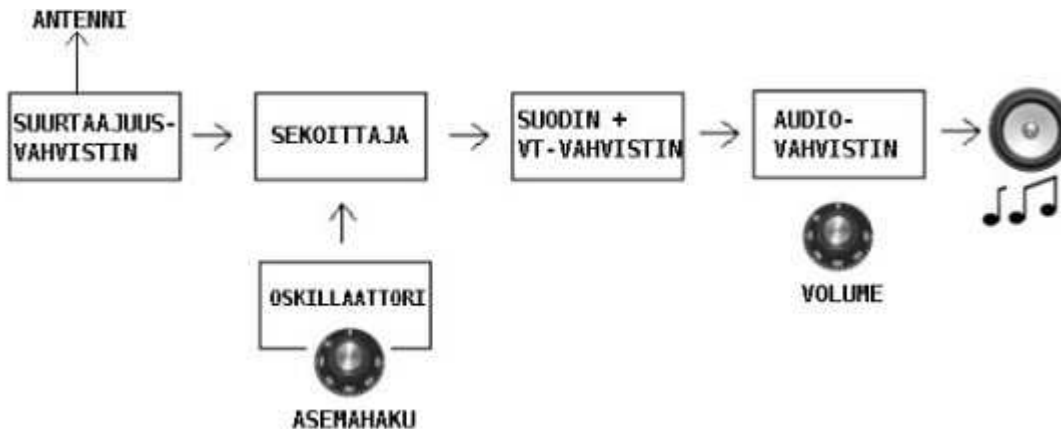
Kaikkein yksinkertaisin AM -vastaanotin on ns. **suora vastaanotin**, jossa on ainoastaan oskillaattori ja **ilmais**, jossa ääni erotetaan kantoaallostasta.



Tällaista vastaanotinta kutsutaan myös nimellä **kidevastaanotin**. Suoran vastaanottimen etuna ovat laitteiston yksinkertaisuus ja herkkyys eli heikotkin asemat saadaan kuuluviin. Huono puoli on huono selektiivisyys eli pari asemaa kuuluu kerralla ;)

### 5.3 Supervastaanotin

Nykyään lähes kaikki vastaanottimet ovat ns. **supervastaanottimia**.



Suurtaajuusvahvistimessa vahvistetaan antennista tuleva värähtely ja ohjataan se sekoittajaan. Oskillaattorissa luodaan halutusta kuuntelutaajuudesta hieman eroava taajuus ja ohjataan sekin sekoittajaan. Sekoittajassa syntyy molempien taajuuksien summa ja erotus. Yleensä summataajuus poistetaan suotimessa. Näin syntyy **välitaajuus**, jota on helpompi käsitellä kuin pelkkää suurtaajuutta. Välitaajuus etenee vahvistimeen ja ilmaisimeen, jonka jälkeen jäljelle jäänyt ääni vahvistetaan ennen kaiuttimia.

**Esimerkki:** Haluat kuunnella taajuudella 15460 kHz olevaa AM -radioasemaa. Käännät asemavalitsimen eli oskillaattorin taajuudelle 15010 kHz. Sekoittajassa syntyy molempien taajuuksien summa ja erotus:

$$15460 \text{ kHz} + 15010 \text{ kHz} = 30470 \text{ kHz}$$

$$15460 \text{ kHz} - 15010 \text{ kHz} = 450 \text{ kHz}$$

Näistä leikataan korkeampi taajuus pois, jolloin jäljelle jää **450 kHz:n välitaajuus**.

Supervastaanottimen ongelmana ovat ns. **peilitaajuudet**. Kuvitellaan, että myös taajuudella 14560 kHz on voimakas radioasema. Silloin sekoittajassa syntyvät taajuudet

$$15010 \text{ kHz} + 14560 \text{ kHz} = 29570 \text{ kHz}$$

$$15010 \text{ kHz} - 14560 \text{ kHz} = \mathbf{450 \text{ kHz!}}$$

eli myös 14560 kHz:n kohdalla oleva asema kuuluu vastaanottimesta!

Näiden **peilitaajuuksien** poistamiseksi on tehty **kaksois- ja kolmoissupereista**, joissa nimensä mukaisesti on kaksi tai kolme välitaajuutta.

## 6 Lähettimet

### 6.1 Sähkötyslähetin

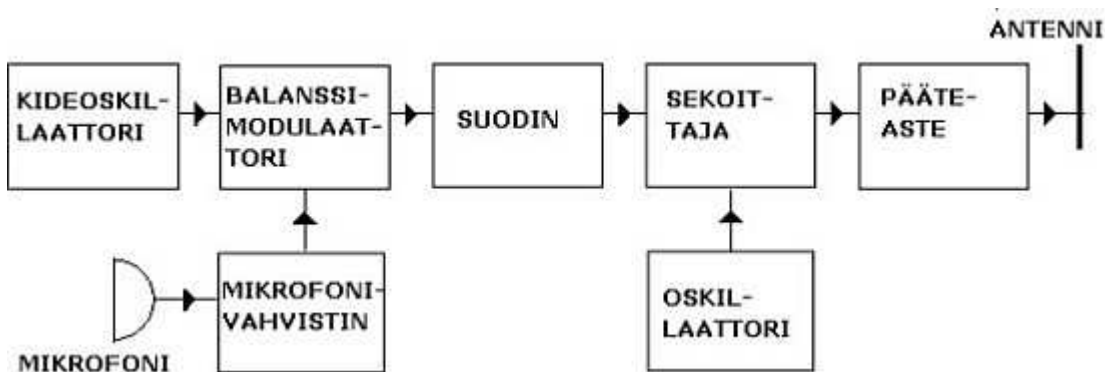
Yksinkertainen lähetin saadaan yhdellä taajuudella värähtelevästä kiteestä ja **pääteasteesta eli vahvistimesta**. Katkomalla kiteen antamaa kantoaaltoa saadaan antenniin sähkötystä!



Kide värähtelee vain yhdellä taajuudella, mutta lisäämällä lähettimeen **kertoja** kiteen antama taajuus saadaan esim. kolminkertaiseksi, jolloin päästään lähettämään korkeammallakin taajuudella.

### 6.2 SSB -lähetin

SSB -lähettimen rakenne on huomattavasti monimutkaisempi kuin sähkötyslähettimen, sillä kantoaalto ja toinen sivunauha vaimennetaan.



Balanssimodulaattoriin tuodaan kiinteä värähtely ja mikrofonista tuleva äänitaajuus.

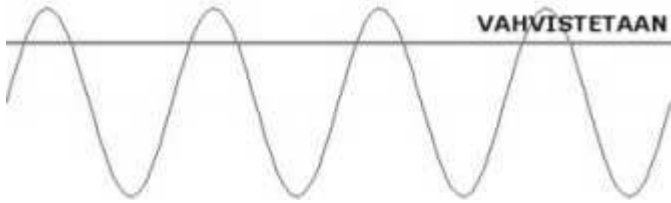
**Balanssimodulattori eli balansoitu modulaattori** vaimentaa kantoaallon, mutta jättää jäljelle molemmat sivukaistat. Suodin poistaa toisen sivunauhan, jonka jälkeisessä sekoittajassa synnytetään lopullinen lähetystaajuus.

Muista kaaviosta **balansoitu modulaattori** :)

### 6.3 Vahvistimet

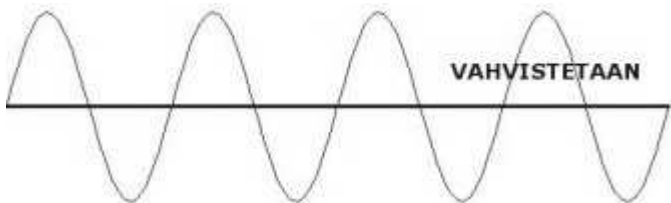
Pääteaste vahvistaa lähetteen halutun suuruiseksi. Vahvistimet jaetaan kolmeen eri luokkaan: A, B ja C -luokan vahvistimiin.

**C -luokan vahvistin** toimii vain siniaallon huipun aikana.

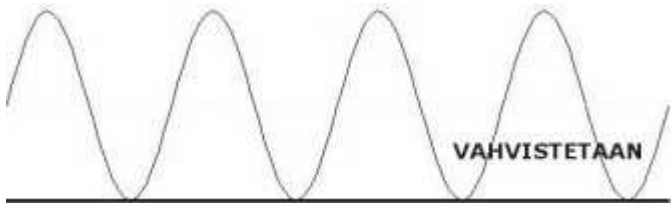


Tällaista vahvistinta käytetään mm. **sähkötyslähettimissä** ja sen hyötysuhde on erittäin hyvä.

**B-luokan vahvistimessa** virta kulkee vain siniaallon toisen puoliskon aikana.



**A -luokan vahvistimessa** virta kulkee koko ajan, jopa ilman tulevaa aaltoa. Vahvistimen hyötysuhde on erittäin huono, mutta sitä käytetään mm. äänivahvistimissa, joissa halutaan korkealaatuista, säröytymätöntä vahvistusta.



Jokaisella vahvistimella on sen vahvistusta kuvaava **ominaiskäyrä**. Vahvistin saadaan toimimaan halutussa luokassa asettamalla vahvistimen **toimintapiste** sopivaan kohtaan ominaiskäyrällä ;)



## 7 Siirtojohdot

Koska antenni on ulkona ja lähetin sisällä, ne on jotenkin yhdistettävä toisiinsa. Tähän käytetään yleisesti **koaksiaalikaapelia**, jonka pääosat ovat keskijohto ja sitä ympäröivä vaippa.



Koaksiaalikaapeleita on monenlaisia ja monenhintaisia, paksuja ja ohuita. Mitä ohuempi käytetty koaksiaalikaapeli on, sitä enemmän lähetystehosta häviää kaapeliin eikä pääse antenniin. Alle 30 MHz:n taajuuksilla häviöt ovat melko pienet, mutta korkeammilla taajuuksilla asiaan on ehdottomasti kiinnitettävä huomiota. Jo 145 MHz:n taajuudella on käytettävä korkealaatuista, paksua kaapelia.

Kaapelin toiseen päähän tinataan liitin. Yleisesti käytetty liitin on ns. UHF - eli PL259 -liitin. Tämä liitin soveltuukin alle 30 MHz:n taajuuksille, mutta korkeammilla taajuuksilla suositellaan käytettäväksi ns. N -liitintä.



**PL259**



**N-liitin**

Koaksiaalikaapelia vähähäviöisempi kaapeli on ns. avosyöttöjohto, jossa kaksi johdinta on eristetty toisistaan muovipaloilla. Avosyöttöjohto soveltuu hyvin alle 30 MHz:n taajuuksille, mutta syöttöjohdon ja lähettimen välille tarvitaan sovitin, koska lähettimessä on yleisesti PL259 -naarasliitin.



**ITSETEHTY**



**KAUPASTA**



**LÄHETTIMESSÄ**

## 8 Antennit

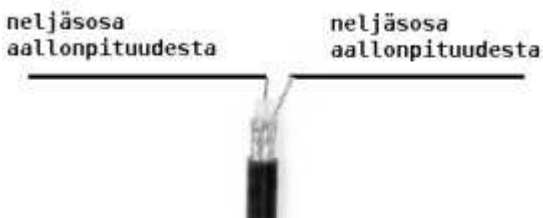
Nykyajan lähettimet olettavat, että antennipistokkeessa on 50 ohmin vastus lähtevälle radioaallolle. Tästä syystä sekä käytettävän kaapelin että antennin tulee olla 50 ohmisia. Koaksiaalikaapelit täyttävät tämän ehdon, mutta avosyöttöjohdon kohdalla tarvitaan erikoisjärjestelyjä.

Jos antennin vastus ei ole 50 ohmia, osa radioaallostaa heijastuu takaisin kaapeliin ja summautuu vastaantulevaan radioaaltoon. Näin kaapeliin syntyy **seisova aalto** eikä lähetin näe kaapelia ja antenna 50 ohmisena.

**Seisovan aallon suhde SWR** kertoo kuinka hyvin antenni on sovitettu kaapeliin ja lukema voidaan mitata ns. SWR -mittarilla. Paras lukema on 1:1, mutta jos lukema on yli 2:1 lähetin voi rikkoutua väärän sovituksen vuoksi.

### 8.1 Dipoli

Radioamatöörin perusantenni on **dipoli**, jonka molemmat puoliskot ovat **neljäsosa aallonpituudesta**.

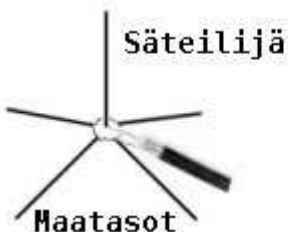


Aallonpituus metreinä saatiin kaavasta  $300/\text{taajuus megahertseinä}$ . Jos siis rakennamme dipolin 7.0 MHz:in taajuudelle, aallonpituus on  $300/7.0 = 42.85$  metriä. Neljäsosa tästä on siis  $42.85 \text{ m}/4 = 10,7$  metriä! Antennin kokonaispituudeksi siis tulee yli 20 metriä :)

Dipolin säteilyvastus on teoriassa 73 ohmia, mutta lähellä maata, alle 20 metrin korkeuksissa vastus on lähempänä 50 ohmia. Dipoli toimii kohtalaisesti myös **parittomilla kerrannaisilla** eli 7.0 MHz:n dipoli toimii myös  $3 \cdot 7 \text{ MHz} = 21 \text{ MHz}$ :in taajuudella.

### 8.2 Ground Plane

Pitkät dipoliantennit eivät mahdu pienelle tontille :) GP - eli Ground Plane on pystyantenni, jonka osien pituus on myös neljäsosa aallonpituudesta.



Teoriassa GP:n säteilyvastus on 36 ohmia, mutta taivuttamalla "jalkoja" alaspäin päästään lähelle 50 ohmia

### 8.3 Muita antenneja

Antennit ovat mielenkiintoinen kokeilukenttä, koska antenneja on lukemattomia erilaisia.

Kaikkein yksinkertaisin antenni lienee **pitkälanka**, joka nimensä mukaisesti on pitkä lanka vedettynä lähimpään puuhun. Pitkälangan säteilyvastus on epämääräinen, joten lähettimen ja antennin välissä tarvitaan sovitin.

On huomattu, että jos GP:n pituus  $5/8$  aallonpituudesta, antennin vahvistus on suurimmillaan, mutta säteilyvastus ei ole 50 ohmia, joten sovitusta tarvitaan.

**Kokoaltoantenni** on nimensä mukaisesti yhden aallonpituuden mittainen lanka, joka voidaan asetella suorakulmion muotoon. Tällaisen loopin säteilyvastus on 100 ohmin luokkaa.

**Suunta-antennit** lähettävät nimensä mukaisesti säteilyä tiettyyn suuntaan. Tunnetuin suunta-antenni on yagi, jollainen mm. TV-antenni on.



## 9 Radioaaltojen eteneminen

Radioaalto, kuten valokin, etenee suoraan. Kuitenkin ilmakerrosten lämpötilaerot yms. saavat aallon taipumaan hieman kohti maanpintaa. Taipuminen on kuitenkin niin pientä, että ilman muita tekijöitä radioyhteydet rajoittuisivat kotimaahan.

### 9.1 HF -taajuudet

Alle 30 MHz:in taajuuksilla radioaallot heijastuvat ilmakehän yläosassa olevasta **IONOSFÄÄRISTÄ**, jolloin pitkät, kansainväliset yhteydet onnistuvat helposti.



Ionosfääri jakautuu kolmeen kerrokseen (D,E ja F), joista ylin F-kerros heijastaa aaltoja. (Päiväsaikaan F-kerros on jopa kahdessa osassa F1 ja F2.) Ionosfäärin "kunto" vaihtelee vuorokauden ja vuodenaikojen mukaan ja kaikkein eniten auringonpilkkujen määrän mukaan.

Talvi-iltaisina yhteydet Keski-Eurooppaan onnistuvat mainiosti esim. 3,5 MHz:in tai 7 MHz:in taajuuksilla.

## 9.2 VHF- ja UHF -taajuudet

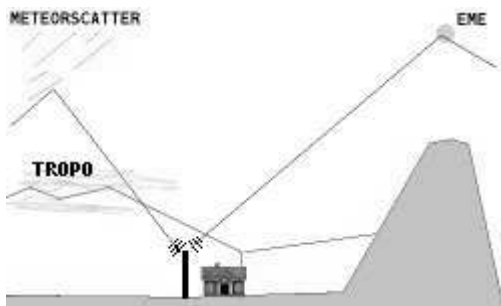
Ionosfääri päästää yli 30MHz:n taajuudet lävitseen, joten mikäli näillä taajuuksilla halutaan pitkiä yhteyksiä on turvauduttava erikoiskeinoihin.

**EME, Earth-Moon-Earth** -yhteyksissä radioaalto suunnataan Kuuhun, josta pieni osa heijastuu takaisin. Tässä yhteysmuodossa tarvitaan suuria antennejä ja tehoja.

**Meteorisirona eli Meteor Scatter** -yhteyksissä radioaalto suunnataan pienten meteorien ilmakehään jättämiin palojälkiin, jotka heijastavat hetken radioaaltoja.

**Troposfäärisessä** etenemisessä kylmän ja lämpimän ilmassan väliin syntyy radioaaltoja kuljettava kerros, jolloin pitkätkin yhteydet ovat mahdollisia. (**Tropo**)

**ES -etenemisessä** ilmakehässä on radioaaltoja voimakkaasti heijastava keskus, joka syntymekanismi on epäselvä.



## 9.3 Polarisaatio

Vaakasuoraan asennettu antenni, esim. vaakadipoli lähettää **vaakapolaroitua** radioaaltoa, kun taas pystysuorassa oleva antenni, esim. Ground Plane lähettää **pystypolaroitua eli vertikaalista** säteilyä. (Polarisaatio määrittää radioaallon sähkökentän voimaviivojen suuntaiseksi.)

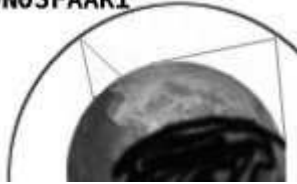
Polarisaatio ei vaikuta radioaaltojen etenemiseen, mutta vaakatasossa oleva antenni vastaanottaa parhaiten vaakapolaroitua aaltoa ;)

HF -taajuuksilla polarisaatio kiertyy ionosfäärissä, joten asemien polarisaatioeroa ei huomaa. Sen sijaan VHF -taajuuksilla vaaka- ja pystyantennin vastaanotossa on selvä ero riippuen vasta-aseman käyttämästä polarisaatiosta.

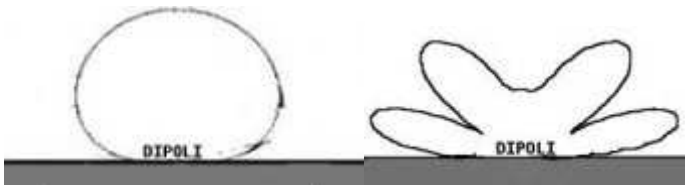
## 9.4 Lähtökulma

Jos HF -taajuuksilla halutaan yhteyksiä mahdollisimman kauas, antennin säteilyn pitää lähteä mahdollisimman pienessä kulmassa kohti horisonttia.

### IONOSFÄÄRI



Vaaka-antennien lähtökulmaan vaikuttaa **antennin korkeus**: mitä korkeammalla antenni on, sitä matalampi on sen lähtökulma. Antennin korkeus maasta pitää kuitenkin suhteuttaa aallonpituuteen. 3,5 MHz:n taajuutta vastaava aallonpituus on 80 metriä, joten 20 metrin korkeus on vain yksi neljäsosa aallonpituudesta kun taas 28 MHz:n taajuudella vastaava korkeus on kaksi aallonpituutta! Alla olevassa kuvassa on esitetty dipolin lähtökulmat 0,1 ja 1 aallonpituuden korkeudessa.

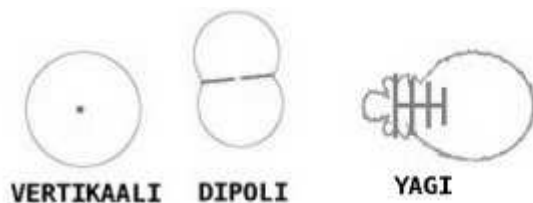


Matalalla olevan dipolin säteilykuvio on siis lähes suoraan ylöspäin.

Vertikaaliantennin lähtökulma on matala ja korkeus ei vaikuta siihen läheskään niin voimakkaasti kuin vaaka-antennien.

## 9.5 Säteilykuvio

Vertikaaliantenni on **ympärisäteilevä** eli se lähettää säteilyä joka suuntaan. Korkealla olevalla dipolilla on suuntakuvio: säteily on pienintä lankojen päiden suuntaan.

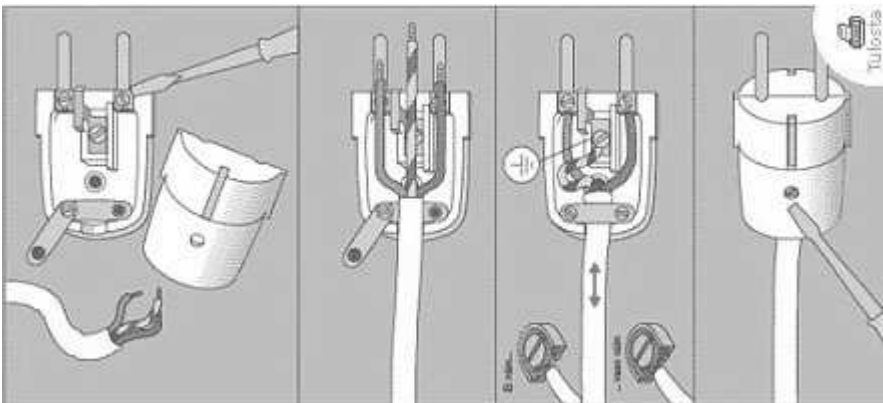


Yagiantennin yhteydessä puhutaan **etu-takasuhteesta**, joka kertoo eteen- ja taaksepäin suuntautuvien säteilyjen suhteen.

## 10 Sähköturvallisuus

### 10.1 Suojausluokat

Radioamatöörit saavat rakentaa itse omat lähettimensä ja vastaanottimensa ja käyttää niitä ilman tarkastusta. Rakennettaessa on tietysti noudatettava normaaleja sähköturvallisuusmääräyksiä. Radioamatöörien rakentamat laitteet kuuluvat **I -suojausluokkaan** eli laite käyttää maadoitettua pistoketta, **SUKOa** (**SU**oja**KO**sketinpistotulppa). Tässä pistokkeessa on kolme johtoa: sininen, ruskea ja viher-keltainen. Viherkeltainen johto on sovittu maadoitusjohtimeksi eli se on kytkettävä metallikuorisen laitteen runkoon koneruuvilla. Mikäli laitteen runkoon tulee vikatilanteessa vaarallinen jännite, maadoitusjohdin yhdistää jännitteen maahan. Jos johtimet irtoavat, keltavihreän maadoitusjohtimen tulee irrota viimeisenä, joten se jätetään hieman muita pitemmäksi.



Omarakenteisen sähkölaitteen verkkokytkimen tulee olla kaksinapainen eli sen tulee katkaista molemmat sähköjohdot. Kytkimeen tulee merkitä I ja 0 kuvaamaan päällä/poissa -tilannetta.

**II -suojausluokan** laitteessa on muovikuoret ja sen sähköisiin osiin ei pysty vahingossa koskettamaan suojakotelon vuoksi.



**III -suojausluokan** laitteet toimivat pienellä jännitteellä, ns. **suojajännitteellä**, joka on tyypillisesti 24 voltia. Suojajännite tehdään erillisellä suojajännitemuuntajalla. Tällaisia laitteita ovat esim. lelut (junarata).

**0 -suojausluokan** sähköpistoke on pyöreä.

### 10.2 Käyttömaadoitus

Normaalin SUKO -pistokkeen kautta saatavan maadoituksen lisäksi radioasemalla tulee olla ns. **käyttömaadoitus**, mikä tarkoittaa kaikkien aseman (metalli)laitteiden mahdollisimman suoraa kytkemistä maahan. Maadoitusjohtimeksi käy **10 metrin pituinen 0,7 metrin syvyyteen kaivettu 16 neliömillimetrin paksuinen kuparijohto**, johon laitteet yhdistetään.

Laitteet tulee yhdistää tähän suojamaadoitukseen **rinnankytkentäperiaatteella**, ei peräkkäin!  
Käytännössä seinään yleensä kiinnitetään kuparinen kisko, josta vedetään maadoitusjohto maahan ja kiskoon yhdistetään kaikki aseman laitteet johtimella.

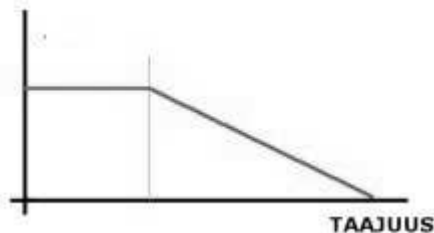
Koska edellä mainitun käyttömaadoituksen rakentaminen esim. kerrostaloissa on mahdotonta, käyttömaadoitukseen käy esimerkiksi johtavin liitoksin tehty vesijohto.

## 11 Häiriöt

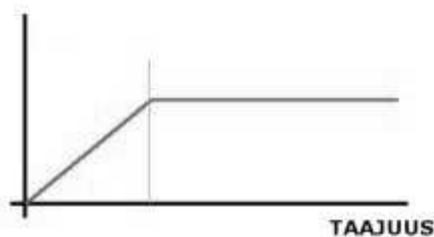
Radiolähetin voi aiheuttaa häiriöitä omaan tai naapurin radioon tai TV -kuvaan. Mahdollisia syitä ovat esim.

- huono lähettimen käyttömaadoitus
- korkea SWR antennissa
- huonot tai hapettuneet liitokset joko omassa tai naapurin antennissa
- naapurisi huonolaatuinen vastaanotin
- ylimodulaatio (mikrofonivahvistus on liian suurella)
- käytät suurta tehoa (pienentämällä lähetystehoa pienennät myös häiriöitä)

**Alipäästösuodin** päästää lävitseen tietyn taajuuden alla olevat taajuudet, mutta vaimentaa voimakkaasti korkeampia taajuuksia.



**Ylipäästösuodin** päästää korkeat taajuudet lävitseen, mutta vaimentaa voimakkaasti matalampia taajuuksia.



Molempia suotimia voi ostaa kaupasta tai tehdä itse.

Esimerkki: Puhuessasi 7 MHz:n taajuudella naapurisi TV:n kuva muistuttaa järven aaltoja :) TV-lähetykset ovat yleisesti UHF-taajuuksilla, joten lähettimesi lähettää korkeita taajuuksia. Niinpä häiriön poistamiseksi voit kokeilla asentaa omaan antenniisi vaikkapa 30 MHz:n alipäästösuotimen tai naapurisi TV-johtoon 100 MHz:n ylipäästösuotimen.

**Häiriö voi levitä myös sähköverkon kautta.**

**Verkkokuristin** estää radiotaajuisen värähtelyn pääsyn sähköverkkoon/verkosta. Verkkokuristin tehdään kiertämällä laitteen sähköjohtoa ferriittisauvan ympärille useita kierroksia.