Sähkö ja vene

Ohjeita veneilijöille sähkölaitteista, akuista, korroosiosta, häiriöistä ja ukkossuojauksesta

STEK
Sähköturvallisuuden Edistämiskeskus ry

Sähköturvallisuuden Edistämiskeskuksen jäsenet:

- Elektroniikan Tukkukauppiaat ry
- Sähkösuunnittelijat NSS ry
- Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö ry
- Sähkö- ja Teleurakoitsijaliitto ry
- Suomen Sähkötukkuliikkeiden Liitto ry
- Suomen toimitila- ja rakennuttajaliitto Rakli ry
- Sähköalojen ammattiliitto
- Teknologiateollisuus ry
- Energiateollisuus ry
- Sähköinsinööriliitto ry
- Teknisen Kaupan Liitto ry

Sähkö ja vene

Ohjeita veneilijöille sähkölaitteista, akuista, korroosiosta, häiriöistä ja ukkossuojauksesta

Alkuperäisteos: Strøm om bord (2007)

Suomenkielisen teoksen on Elforlaget, NELFO luvalla julkaissut
Sähköturvallisuuden Edistämiskeskus STEK ry (2010)

Opas on vapaasti tulostettavissa Sähköturvallisuuden Edistämiskeskuksen internetsivuilta (www.stek.fi), mutta sen kaikenlainen kaupallinen käyttö on kielletty ilman NELFOn ja STEKin lupaa.

Kuvat: Bjørn Norheim ja Ulriikka Lipasti
Käännös: Dipl.ins. Otso Kuusisto
Taitto: Jaana Lindholm
Vastaava toimittaja: yli-ins. Heikki Silván

Lukijalle

Suomessa veneiden sähkölaitteita koskevia viranomaismääräyksiä ei juurikaan ole, eikä suomalaisesta kirjallisuudestakaan ole aikaisemmin löytynyt yhtenäistä teosta, johon olisi koottu veneilijöitä koskevia ohjeita sähkölaitteiden asennuksesta ja käytöstä tai akuista, korroosiosta, häiriöistä ja ukkossuojauksesta. Myös muissa maissa julkaistut teokset ovat käsitelleet veneiden sähkölaitteita hajanaisesti ja kyseisen maan erikoisolosuhteiden pohjalta. Ohjeiden soveltaminen Suomen olosuhteisiin ja olemattomiin määräyksiin onkin jäänyt lukijan huoleksi.

Tämän oppaan sisällöstä vastaava toimittaja löysi mielestään parhaan alalta kirjoitetun yhtenäisen teoksen norjalaisen Sähköurakoitsijaliiton julkaisusarjasta: Elbiblioteket, Nyttige Håndbøker. Elforlaget NELFOn julkaisema ”Strøm omboard” teos on melko kattava, mutta hieman vanhahtava. Teoksen hyvät ja selkeät kuvat korvaavat kuitenkin hieman puutteelista tekstiä.

Sähköturvallisuuden Edistämiskeskus STEK lunasti vuonna 2009 oppaan tekstiin ja kuviin käyttöluvat. Alkuperäisteoksen tekstiä on korjattu ja siihen on lisätty uutta tietoa mm. häiriösuojauksen, korroosion, ledien ja ukkossuojauksen osalta. Myös suomalainen maasähköjärjestelmä eroaa norjalaisesta oleelliselta osin. Norjan sähköverkossa on käytössä harvinainen IT-järjestelmä, jossa 230 voltin jännite otetaan vaiheiden väliltä. Järjestelmään kuuluu vain suojamaa, eikä nollajohdinta ole ollenkaan. Vastaava järjestelmä löytyy Euroopan alueella Norjan lisäksi vain Albaniasta. Maasähköosuus onkin kirjoitettu kokonaan uudestaan vastaamaan suomalaisia asetuksia ja määräyksiä (SFS 6000-7-709).

Elektroniikkalaitteita koskeva osuus on jätetty melko vähäiseksi, koska tarjolla olevien laitteiden kirjo on laaja, ja laitteiden ominaisuudet kytkentä, käyttö ja huolto ovat parhaiten niiden toimittaneiden yritysten hallinnassa.

Lisäysten ja muutosten kirjoittamisen taustaan on hyödynnetty vastaavan toimittajan eri tilaisuuksissa pitämiä luentoja, sekä suomalaisten venekerhojen nettisivuilta löytyneitä ansiokkaita kirjoituksia ja alan yritysten sekä lehdistön julkaisemia artikkeleita. Oppaassa on ehkä liikaakin fysikaalisia perusteita ja laskentakaavoja kirjoittajien insinööritaustasta johtuen. Matematiikan voi vallan hyvin sivuuttaa, mutta tee-se-itse-miehille kaavat saattavat olla tarpeellisia. Lisäkuvat on piirtänyt Ulriikka Lipasti.

Koko opas on ladattavissa PDF-muodossa Sähköturvallisuuden Edistämiskeskuksen STEKin internetsivuilta (www.stek.fi) veloituksetta. Sivuilla olevaa tiedostoa tullaan pitämään yllä ja täydentämään jatkuvasti. Kommentteja ja lisäyksiä voi lähettää teoksen vastaavalle toimittajalle osoitteella: heikki.silvan@gmail.com

SISÄLLYSLUETTELO

Taustaa 1
Johdanto 1
Kaksi virtajohdinta 1

1. Mitä sähkö on? 1
Sähkölajit. Teho. Kapasiteetti. Työ.

2. Sähköntarve veneessä 4
Liityntäteho. Kulutus.

3. Akkujen rakenne ja toiminta 5
Energiavarasto. Positiivinen ja negatiivinen napa. Kemiallinen prosessi. Tyhjä akku. Räjähdyskaasua. Tyyppivalinta. Käynnistysakku. Käyttöakku. Tukiranka. Antimoni. Kalsium. Huoltovapaa. Millaiset akut? Kuorma-auton akku? Hyytelöakut. AGM-akut. Ylilataus. Kuinka monta akkua? Rinnan- ja sarjakytkentä. Akkujen valvonta. Akkuturvallisuus. Akun hoito. Käytöstä poistetut akut.

4. Akkujen seuranta 13
Volttimittari. Kulutus ilman latausta. Lataus. Amppeerimittari.

5. Sähkönkäyttö ja varastointi 15
Sisämoottorit. Näin generaattori toimii. Jännitteensäädin. Koko jännite pitää saada perille. Säätimen siirto. Säätimen harhautus. Hätäratkaisu. Perämoottori. Lataus. Elektroniikan tuho. Kaksipiirijärjestelmä. Jakodiodit. Erotuskytkin.

6. Akkujen lataaminen ja lisäsähkö 19
Päivittäinen tarve. Viikonloppuvene. Täydet akut. Lataaminen maasähköstä. Siirrettava aggregaatti. Kiinteä aggregaatti. Aurinkopaneelit. Aurinkopaneelien asennus. Tuuligeneraattori. Laahus- ja potkurigeneraattori.

7. Maasähkö 23
Sähköisku. Oikosulkusuojaus ja vikavirtasuojaus. Selvä vastuu. Vikavirtasuojat. Herkkä ja supernopea. Liitäntäjohto. Kaapelikelat. Tee-se-itse. SFS 6000-7-709 Venesatamat.

8. Vianetsintä 26
Laite ei toimi. Suljettu virtapiiri. Vianetsintä jännitteen avulla. Vianetsintä ilman jännitettä. Sarjamittaus mittarilla tai koestuslampulla. Starttimoottori.

9. Liitoksista 29
Juotokset. Puristus/kutistusliitos. Kaapelikengät. Oikea eristeen poisto. Oikea puristusliitos. Täydellinen pääte.

10. Johdot ja asentaminen 31
Miten paksuja johtoja. Mikä johtotyyppi? Johdotuksen suunnittelu ja veto. Merkinnät. Ulosasennetut johdot. Starttimoottorin johto. Laturin johto. Sulakkeet. Automaattisulakkeet. Suoraan akkuun. Rele ja ohjausvirta. Akkujen asennus.

11. Korroosio 35
Jännitesarja. Suojautuminen. Eristäminen. Kosteuden poistaminen. Suoja-anodit. Galvaaninen eristin. Erotusmuuntaja. Erotusmuuntajan kytkentä. Rautaa ja kuparia vai elektroniikkaa?

12. Elektroniikkalaitteista 40
Asennus. Maadoitus. Muita häiriölähteitä. Häiriölähteen etsiminen. Häiriöiden poisto. VHF. Ledeistä. Ledipolttimot. Kulkuvalot.

13. Ukkonen ja salamointi 45
Ukkonen. Ukkospilven muodostuminen. Ukkospilven sähköistymien. Salaman esiintymistavat. Elmontuli. Pallosalama. Salamapurkaus. Jyrinä. Salaman vaikutus ihmiseen. Lämpövaikutukset. Mekaaniset vaikutukset. Sähköiset vaikutukset. Laskentakaavoja. Salamasuojauksen periaatteet. Mastojen suojaava vaikutus. Salamasuojauksen parantaminen. Hätätoimenpiteitä. Kirjallisuusviitteet.

Taustaa

Veneperheen vaatimukset ovat lisääntyneet oleellisesti viime vuosina. Veneeseen halutaan samat mukavuudet kuin kotona. Se tarkoittaa jääkaappia, lämmityslaitetta, liettä ja uunia, TV/DVD:tä, stereoita sekä valaistusta sisällä ja ulkona sekä lukematonta määrää erilaisia navigointi- ja kommunikaatiovälineitä. Ja lisää laitteita on jatkuvasti tarjolla.

Moottoritehtaat toimittavat nykyisin yhä tehokkaampia generaattoreita, mutta kulutus on noussut nopeammin kuin kehitys veneveistämöillä. Juuri mikään vene, olipa se vanha tai uusi, ei ole varustettu sellaisilla sähkölaitteilla, että tämän päivän tarpeet olisi tyydytetty kunnolla. Tämän oppaan tavoitteena on antaa yksinkertaisia neuvoja veneen sähkölaitteden kunnossapidosta ja parantamisesta.

Suuri osa laitteiden tarkastuksista ja kunnossapidosta pitää ja täytyy suorittaa veneen omistajan tai käyttäjän toimesta – myös korjaukset. Tämä opas on tarkoitettu tällaisen työn ohjeeksi ja antaa kiinnostuneelle mahdollisuuden hankkia itselleen paremman ymmärryksen sähköstä ja sen käytöstä veneissä.

Opas kertoo myös, mikä osa työstä pitää jättää valtuutetulle sähköasentajalle, jonka myös pitää osata tehdä kaikki laitteistossa tarvittavat asennukset ja muutokset.

Joka tapauksessa julkaisumme edustanee huomattavaa lisää suomalaiseen venesähköohjeistukseen ja suomalainen julkaisija toivoo sen edistävän venesähköasiaa yleensä ja erityisesti siihen liittyvää sähköturvallisuutta.

Johdanto

Kun kotona kääntää kytkimestä tai työntää pistokkeen seinään, niin voimalaitos jossain kaukana tuottaa tarvittavan sähkön. Veneen sähkölaitteisto generaattori ja akusto on myös pieni voimalaitos, mutta siihen pätevät samat fysiikan lait kuin suureenkin sähköntuotantolaitokseen..

Sähkön teho (watteina) on virran (ampeereina) ja jännitteen (voltteina) tulo sekä kotona, että veneessä.

Useimmissa huviveneissä on 12 voltin järjestelmä, josta seuraa sekä hyviä, että huonoja puolia. Näin pienellä jännitteellä sähköisku ei aiheuta vaaraa ihmisille. Mutta käytettyjen virtojen pitää olla 20 kertaa suurempia, että saavutettaisiin samat tehot kuin kuin kotisähköä käytettäessä.

Kotona käytettävää sähköenergiaa ei sellaisenaan voi varastoida, vaan kaikki voimalaitosten sähköverkkoon tuottama sähkö kulutetaan samanaikaisesti. Laitteistossa, joka perustuu pieneen 12 voltin jännitteeseen on helppoa varastoida sähköenergiaa akkuihin. Koska autoteollisuudessa käytetään samaa 12 voltin jännitettä, on sieltä ollut mahdollisuus saada teknologiaa ja massatuotteita myös venekäyttöön.

12 voltin jännitteellä on varjopuolensakin. Sähkön ”paine” on heikko ja siksi ”kapeikoilla” on suuri merkitys. Vaikka jännitettä kuluisi matkalla vain vähän, pienenee teho käyttöpaikalla huomattavasti.

Pienijännitteisessä laitteistossa, jossa virrat ovat suuria, jopa voltin kymmenesosilla on suuri merkitys. Lisäksi suuret virrat tarvitsevat paksut johdot.

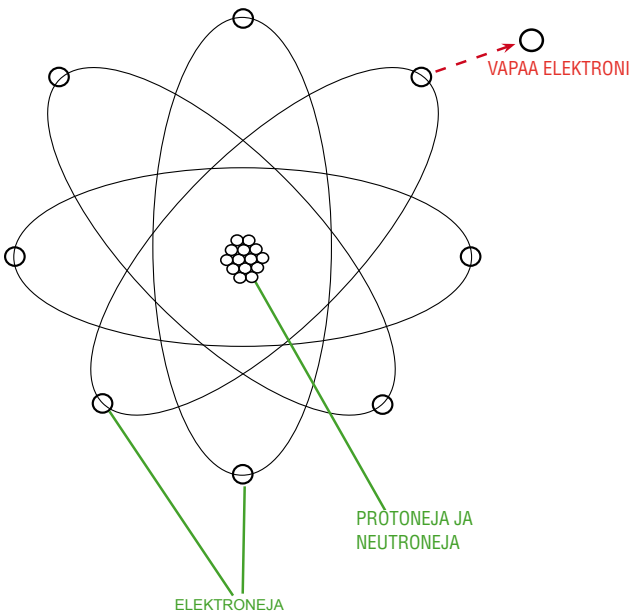
Kaksi virtajohdinta

Auton ja veneen sähköt ovat pitkälti samanlaisia, mutta autossa tarvitaan vain yksi plus-johto kulutuskohteisiin. Miinus-johtona käytetään moottorin runkoa ja auton metallikoria.

Näin ei ole veneessä, vaan sähkö pitää viedä ja tuoda takaisin erillisillä johdoilla. Useimmissa venemoottoreissa on kuitenkin yksijohtojärjestelmä, jossa miinus on moottorin rungossa. (Eräissä suurissa ja hienoissa moottoreissa on eristetty moottorin runko ja sekä erilliset plus- ja miinus-johdot).

1. MITÄ SÄHKÖ ON?

Kaikki aineet muodostuvat atomeista, jotka sisältävät elektroneja (-) ja protoneja (+). Jos kappale sisältää normaalia enemmän elektroneja, sillä on negatiivinen (-) sähkövaraus. Positiivisesti (+) varautuneella kappaleella on puolestaan normaalia vähemmän elektroneja.



Kuva 1.1. Protonien määrä ilmaisee alkuaineen numeron. Vetyatomi on kevein (1 protoni). Uraani U^{235} on raskain (92 protonia).

Luonnossa elektronien erilaiset määrät eri kappaleissa pyrkivät tasoittumaan, niin että elektronit lähtevät liikkeelle. Kun negatiivisesti varautuneet elektronit siirtyvät atomista toiseeen kutsutaan sitä sähkövirraksi.

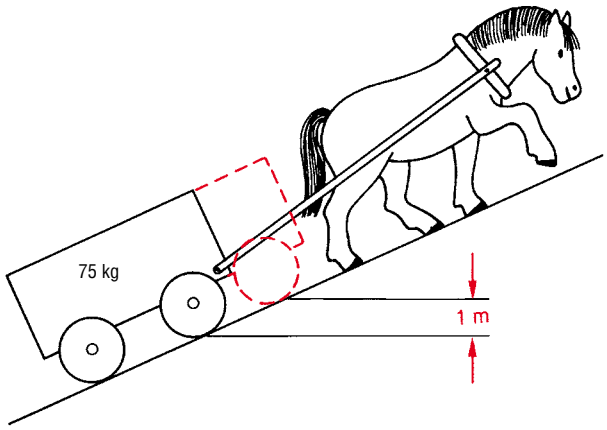
Sähkölajit

Tasasähkössä, jota akut edustavat, elektronit liikkuvat jatkuvasti samaan suuntaan – miinuksesta plussaan eli katodista anodiin.

Vaihtosähkössä elektrodit liikkuvat edestakaisin. Suomen sähkönjakeluverkossa käytetään vaihtosähköä, jonka virtalähteinä olevien generaattoreiden pyöriessä, niiden napaisuus ja samalla elektronien kulkusuunta vaihtuu siten että vaihtosähkön taajuus on 50 herziä.

Teho

Aiemmin puhuttiin hevosvoimista, lyhennettynä hv. Nykyisin teho ilmoitetaan watteina. Venemoottorien teho ilmoitetaan kilowateissa, lyhennetään kW.
1 kW = 1000 W. 1 hv = 0,736 kW. 1 kW = 1,36 hv.



Kuva 1.2. Aiemmin hevosen tuli vetää 75 kg yhden metrin korkeuteen yhdessä sekunnissa saavuttaakseen yhden hevosvoiman tehon. Nyt hevosen pitää selvitä 1,36-kertaa enemmästä saavuttaakseen yhden kilowatin tehon.

Sähkö on energiaa, jonka avulla voidaan tietyssä ajassa tehdä hyödyllistä työtä.

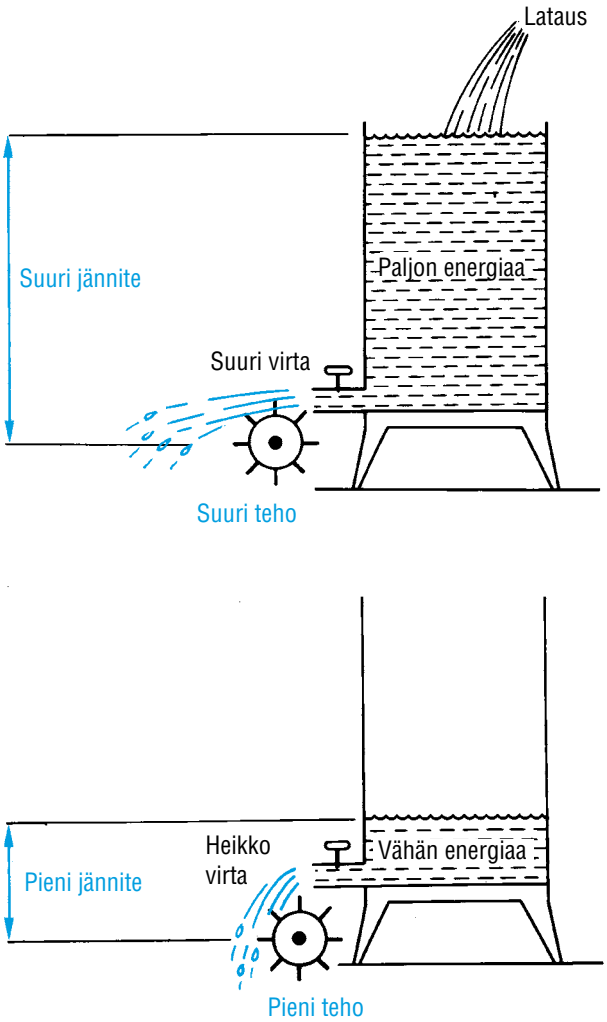
Energia = teho x aika = työ

Sähköteho on virran (ampeeria, lyhennetään A) ja jännitteen (volttia, lyhennetään V) tulo.

Teho (W) = virta (A) x jännite (V)

Työ = virta x jännite x aika

Käsitteet virta ja jännite ovat perusta kaikelle sähköön liittyville asioille, joten aluksi tutustutaan näihin käsitteisiin.

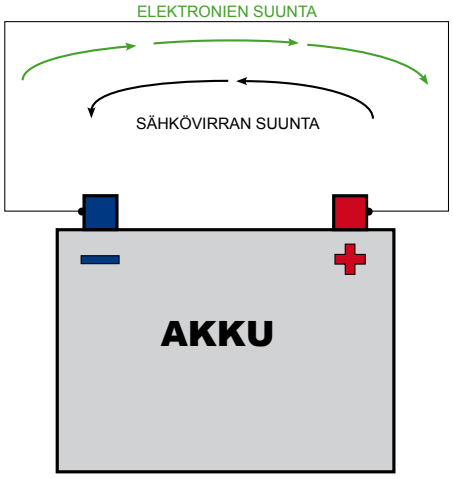


Kuva 1.3. Akku on kuin vesitynnyri. Kun jännite on huipussaan on virta suurin ja saadaan aikaan suurin teho. Jos vettä lisätään (= ladataan akkua) yhtä paljon kuin kulutetaan, pysyy virta ja jännite huipussaan. Kun jännite alenee ja virta vähenee, teho heikkenee.

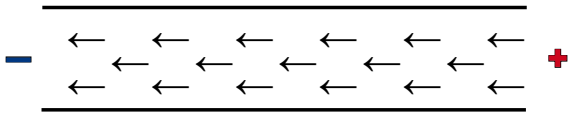
Kuvassa 1.3. on vesitynnyri, jonka pohjassa on hana. Vesi edustaa tynnyrissä olleessaan energiaa – niin sanottua lepoenergiaa. Kun hanasta päästetään vettä, lepoenergia muuttuu liike-energiaksi, joka voi käyttää työkonetta tai pyörittää generaattoria. Vedenpainetta tynnyrissä voidaan kutsua ”jännitteeksi”. Mitä korkeammalla vedenpinta on, sitä suurempi jännite on alhaalla hanan kohdalla.

Kun hana avataan, purkautuu vedestä virta. Mitä korkeampi vedenpinta (jännite), sitä voimakkaammin vesivirta purkautuu hanasta. Kun vedenpinta (jännite) laskee, vähenee voima (teho) vesisuihkussa ja virta heikkenee. Vesi (virta) kulkee hitaammin. Jos hanaa avataan enemmän, saadaan suurempi virta, mutta koska vesi virtaa nopeammin, jännite laskee myös nopeammin. Tynnyrillä on rajallinen kapasiteetti, mutta sitä voidaan pitää korkeana täyttämällä

tynnyriä. Jos tynnyriä täytetään koko ajan, voivat ”virta” ja ”jännite” pysyä huipussaan. Ulosvirtaavan veden määrä (aikayksikössä) on teho. Kun aikaa kuluu, tämä teho tuottaa työtä.



Kuva 1.4. Sähkövirta I on johtimessa aikayksikössä kulkeva sähkömäärä. Huomaa että elektronien suunta on miinus-navasta plus-napaan – sähkövirran suunta on päinvastainen.



Kuva 1.5. Sähkö virtaa johimessa kuten vesi putkessa. Mitä pienempi johto sen vähemmän sähköä se voi kuljettaa.

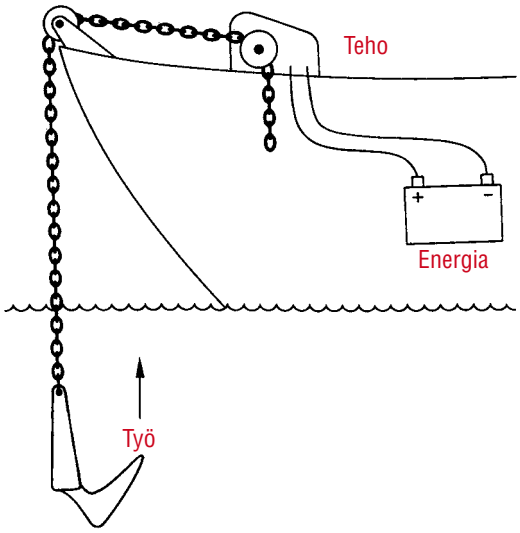
Kapasiteetti

Veneen akku voidaan rinnastaa tynnyriin, mutta sinne varastoidaan energiaa sähkönä. Myös akulla on rajallinen kapasiteetti (ampeeritunteja, lyhennetään Ah). Akusta voidaan ottaa paljon virtaa vähän aikaa, tai vähemmän virtaa pitempään. Mutta myös akkua voidaan samalla ”täyttää” (= ladata) kun sitä tyhjennetään.

Kapasiteetista puhuttaessa tarkoitettaan käytännössä energian varastointia. Sekä tynnyri että akku ovat energiavarastoja, joille on ominaista kyky ottaa vastaan ja säilyttää rajoitettu määrä energiaa. Akkujen kapasiteetti ilmoitetaan muodossa ampeeri x tunti = ampeeritunti (lyhennettynä Ah). Kapasiteetti on kuitenkin epämääräinen käsite. 100 Ah akusta voi esimerkiksi ottaa 5 A 20 tunnin ajan, jos kapasiteetti on ilmoitettu C_{20}-normiksi kutsutulla tavalla. Jos akkua puretaan suuremmalla virralla, kapasiteetti on pienempi.

Työ

Käytettävissä olevalla kapasiteetilla (Ah) ja jännitteellä (V) (= energialla) voidaan tehdä tietty määrä työtä.



Kuva 1.6. Akun kapasiteetti antaa rajoitetun energiamäärän ankkurivintturiin. Vintturi ottaa määrätyn tehon, joka annetussa ajassa tekee tietyn työn nostaakseen ankkurin.

Kuinka monta ampeeria eri sähkölaiteet tarvitsevat? Useimmille laitteille on ilmoitettu määrätty teho, siis wattien (W) tai kilowattien (kW) määrä, joka kuluu niitä käytettäessä. Kun halutaan saada tämä käännetyksi ampeereiksi, pitää jännite ottaa mukaan yhdeksi suureeksi. Veneissä on yleisimmin käytössä 12 V -järjestelmä.

Kaava: Teho = Jännite x Virta, voidaan kääntää muotoon

$$\text{Virta} = \frac{\text{Teho}}{\text{Jännite}} \qquad I = \frac{P}{U}$$

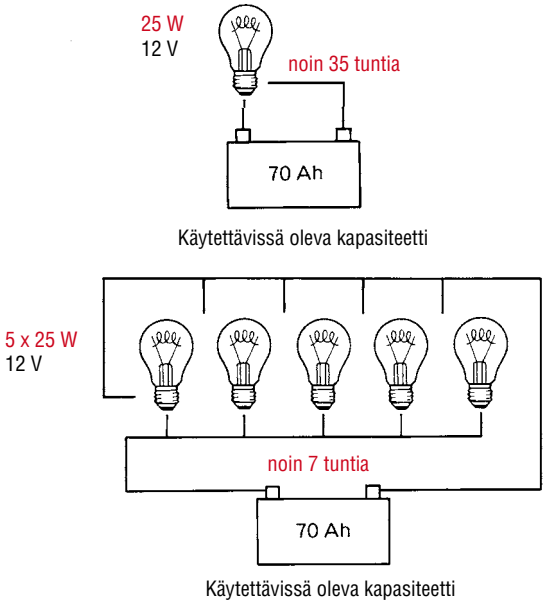
Esimerkiksi 25 W valaisin tarvitsee täten

$$I = \frac{P}{U} = \frac{25\ \text{W}}{12\ \text{V}} = 2{,}1\ \text{A}$$

Jos käytettävissä on 70 Ah:n kapasiteetti (Q), valaisin valaisee kaikkiaan

$$t = \frac{Q}{I} = \frac{70\ \text{Ah}}{2{,}1\ \text{A}} = 33\ \text{h (tuntia)}$$

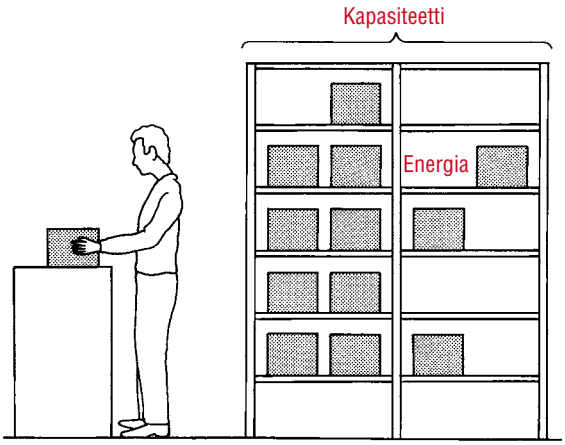
Näin voidaan yksinkertaisen laskutoimituksen avulla seurata mihin virtaa käytetään. Voidaan myös laskea, miten suuret akut tarvitaan ja miten usein tai miten kauan niitä pitää ladata.



Kuva 1.7. Aika ja teho. Tietystä kapasiteetista (= energiamäärä), voidaan ottaa pieni teho pitkän ajan tai suuri teho lyhyen ajan.

2. SÄHKÖNTARVE VENEESSÄ

Tämän luvun lähtökohta on venematka ilman sähköongelmia. Jos toimitaan latauksen ja akkukapasiteetin alarajoilla, on parempi pysyä satamassa ja käyttää moottoria, jotta sähkö riittäisi.



Kuva 2.1. Akku on varasto. Varastopäällikön pitää huolehtia siitä, ettei anna tavaraa ulos enemmän kuin saa sisään.

Venematkalla tulee selvitä akuissa olevalla sähköllä lisättynä matkan aikaisella latauksella. Akut ottavat sähkön vastaan, varastoivat sen ja toimittavat sen taas käyttöön. Veneilijä on varastopäällikkö, jolla pitää olla laskelmat kunnossa, ettei varasto tyhjene liikaa.

Veneen sähkölaitteista vastuussa olevalla pitää olla selvillä neljä asiaa: 1. liityntäteho (wattia), 2. kulutus (ampeerituntia), 3. latausvirta (ampeeria), 4. latausaika (tuntia).

Liityntäteho

Veneen kaikista sähkölaitteista kannattaa tehdä luettelo ja merkitä siihen niiden tarvitsema teho. Luettelo voi esimerkiksi suurehkossa veneessä näyttää tällaiselta:

4 valaisinta à 25 W	100W
1 ankkurivalo	10 W
2 kansivaloa à 20 W	40 W
Instrumentit jne	80 W
8 lamppua kannen alla à 10 W	80 W
Radiovastaanotin	10 W
VHF stand by-tilassa	4 W
VHF lähetyksessä	40 W
Stereolaite	80 W
TV	100 W
Jääkaappi	120 W
Lämmityslaite	70 W
Ankkurivintturi	1500 W

Kulutus

Ankkurivintturia lukuun ottamatta voidaan laskea, että laturi pystyy tuottamaan kaiken tehon niin kauan kun liikutaan moottorin avulla. (Jos moottori on tyhjäkäynnissä, voi kulutus helposti tulla suuremmaksi kuin laturin tuottama teho on juuri sillä hetkellä).

Kiinnostavaa on myös, mitä teholle tapahtuu kun vene on pysähdyksissä satamassa tai purjevene kulkee purjeilla.

Moottoriveneessä laskelma voi näyttää esimerkiksi seuraavalta:

8 lamppua à 10 W 3 tuntia	240 Wh
Radiovastaanotin 6 W 2 tuntia	12 Wh
VHF:n stand by 4 W 8 tuntia	32 Wh
VHF:n lähetys 40 W 0,5 tuntia	20 Wh
Stereot 80 W 2 tuntia	160 Wh
TV 100 W 1,5 tuntia	150 Wh
Jääkaappi 120 W 6 tuntia	720 Wh
Lämmityslaite 70 W 6 tuntia	420 Wh
Ankkurivintturi 1500 W 2 minuuttia	30 Wh
Yhteensä	1784 Wh

Päivittäin käytetty akkukapasiteetti:

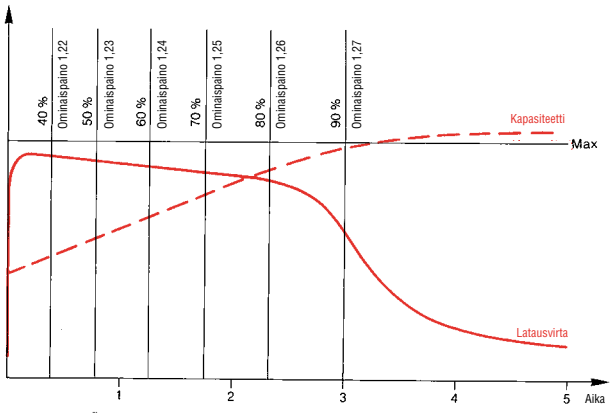
$$Q = \frac{W}{U} = \frac{1784\ \text{Wh}}{12\ \text{V}} = \text{n. } 150\ \text{Ah}$$

Yllä mainittu määrä ampeeritunteja pitää akkujen voida antaa veneen satamassaoloaikana. Lisäksi on kaksi tärkeää asiaa, jotka pitää tuntea:

1. Akuista ei voi koskaan ottaa ulos enempää kuin 70 % akkujen kokonaiskapasiteetista. Jos raja ylitetään, akut vahingoittuvat.

2. Kun akut ovat 90 %:sti täysiä, tarvitaan vielä paljon aikaa ennen kuin viimeinen 10 % saadaan ladatuksi.

Suotuisissa olosuhteissa on käytettävissä 65 % asennetusta akkukapasiteetista, mutta käytännössä ei voida käyttää enempää kuin 60 % akun nimellisestä kapasiteetista vahingoittamatta sitä.



Kuva 2.2. Käyrä osoittaa tyhjän akun (= 30% "jäännöskapasiteetti") latauksen kulun. Kun akku on lähes tyhjä se ottaa vastaan paljon virtaa. Viimeisen 10 % lataamiseen tarvitaan monta tuntia.

Edellisen laskelman mukaisessa esimerkissä pitäisi veneessä olla asennettuna akkukapasiteettia:

$$Q_k = \frac{Q_n}{n} = \frac{150\ \text{Ah}}{60\ \%} = \frac{150\ \text{Ah x } 100}{60} = 250\ \text{Ah}$$

150 Ah on siis yhden päivän kulutus. Jos esimerkkiveneessä on 55 A laturi, pitää todellisuudessa ajaa enemmän kuin 3 tuntia joka päivä…..tai sitten pitää vähentää kulutusta.

Hyvä keino on laskea, miten suuri kulutuskoje tarvitsee ylimääräisen akun. Loogisesti ajatellen kapasiteettiä esimerkkiveneessä tulisi olla vähintään 400 Ah – esim. 4 kpl 100 Ah akkuja. Veneessä pitäisi myös olla suurempi laturi, esimerkiksi 75 A.

Yleensä ajetaan harvoin niin pitkään, että akut saataisiin ladattua aivan täyteen. Käytännössä tämä onnistuu vain erillisellä akkulaturilla ja maasähköllä tai aurinkopaneeleilla, jotka voivat käyttää aikaa hyödykseen. Matkalla kannattaa käyttää vain puolta akkujen kapasiteetista. Se on sinänsä edullista, sillä ladattaessa akku ottaa silloin vastaan suuren virran.

Seuraavat kaksi asiaa täytyy pitää mielessä:

1. Akuista ei koskaan tule ottaa ulos niin paljon sähköä, että jäljellä olisi vähemmän kuin 30 % teoreettisesta kapasiteetista.

2. Akut tulee ladata täyteen vähintään kerran kahdessa viikossa, kun ne ovat jatkuvassa käytössä.

Akkujännitteen näkee parhaiten volttimittarilla:

- Kun lepojännite on alhaalla 12,2 voltissa, akuissa on kapasiteettia jäljellä 30 %. Silloin niitä ei voi purkaa enempää ja lataaminen tulee aloittaa.

- Jos jännite laskee 10,5 volttiin käytön aikana, ovat akut niin tyhjiä, että ne voivat vahingoittua.

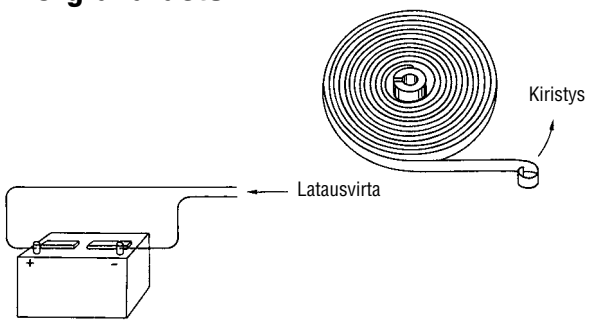
3. AKKUJEN RAKENNE JA TOIMINTA

Kahdella erilaisella metallilla, jotka ovat sähköä johtavassa nesteessä, ns elektrolyytissä, on keskenään sähköpotentiaali. Jos ne kytkee yhteen, alkaa toisesta kulkea elektroneja toiseen. Tämä on ns primäärikenno (sähköpari) ja se tuottaa sähköä kunnes toinen metalleista on kulunut pois. Taskulampun paristo on tällainen primäärikenno. Kun se on käytetty, se heitetään pois. (Käsite paristo tarkoittaa oikeastaan montaa kennoa eli paria yhdessä).

Veneen ja auton akut toimivat kuten paristot, mutta niiden kemia toimii siten, että niihin voidaan viedä energiaa uudestaan. Ne siis voidaan ladata. Tällaisia akkuja nimitetään sekundäärikennoiksi.

Taskulampun pariston jännite on noin 1,5 V kennoa kohti. Lyijyakun suurin kennojännite on 2,12 V. Normaali 12 V akku muodostuu kuudesta sarjaan kytketystä kennosta. Täyteen ladatun akun jännitteen pitää siten olla 12,72 V.

Energiavarasto

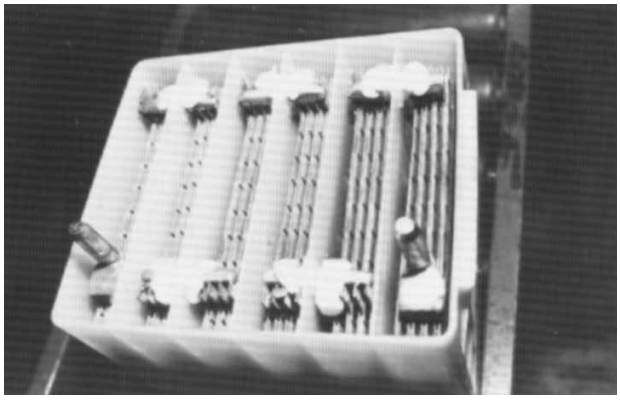


Kuva 3.1. Kellonjouselle annetaan energiaa, kun vieteri kiristetään eli kello vedetään. Jousi pystyy säilyttämään tämän energian.

Akkua voidaan verrata kellonvieteriin. Jousi jännitettynä eli kun ”kello on vedetty”, se säilyttää tietyn määrän potentiaalienergiaa, joka voidaan käyttää työn muodossa. Vieteri voidaan vetää uudestaan. Kellon jousi on siis energiavarasto, jota voidaan nimittää akuksi.

Veneen akkukin on energiavarasto, mutta se varastoi energiaa sähkökemiallisesti. Akku muodostuu metallilevyistä, jotka on upotettu 37% rikkihappoa sisältävään elektrolyyttiin. Tämän elektrolyytin merkitys on suurempi kuin pelkkä elektronien kuljettaminen yhdeltä levyltä toiselle, kuten primäärikennossa tapahtuu.

Positiivinen ja negatiivinen napa



Kuva 3.2. 12 V akku ennen kannen asennusta. Plus- ja miinuslevyt ovat limittäin. Ne eivät saa koskettaa toisiaan ja siksi ne on eristetty huokoisilla papereilla. Akut toimitetaan ja varastoidaan usein ilman happoa. Rikkihappo lisätään vasta kun akku otetaan käyttöön.

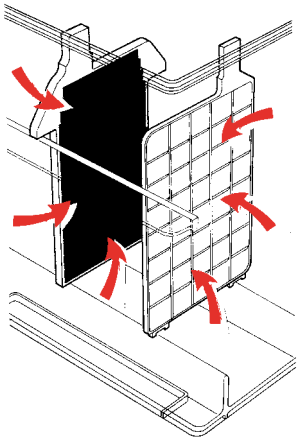
Lyijyakun jokaisessa kennossa on yhtä monta plus- ja miinuslevyä. Pluslevyjen aktiivinen komponentti on lyijydioksidia PbO_2, miinuslevyjen sienimäistä lyijyä. Jos kennossa on enemmän kuin kaksi levyä, ne on sijoitettu limittäin. Ne eivät kosketa toisiaan ja niiden välissä on laimennettua rikkihappoa.

Kemiallinen prosessi

Kun akku on ladattu täyteen, rikkihappo on väkevää ja lyijy levyissä puhdasta. Kun plus- ja miinusnapojen välille kytketään kulutuskoje, käynnistyy kemiallinen prosessi ja sähkö virtaa.

Elektrolyytin rikki alkaa yhtyä kemiallisesti lyijyn kanssa sekä plus- että miinuslevyillä ja muuttuu lyijysulfaattikerrostumaksi. Se vähentää elektrolyytin happoa; elektrolyytti tulee laimeammaksi ja kevyemmäksi.

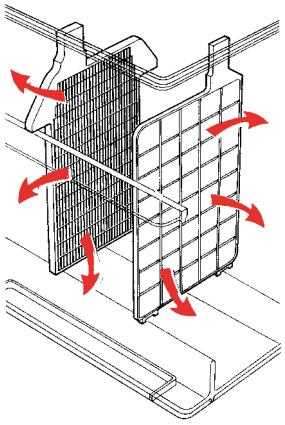
Pluslevyillä vapautuu happea lyijyoksidista. Tämä yhtyy vetyyn, jota vapautuu elektrolyytistä ja tuloksena on H_2O:ta eli vettä. Elektrolyytti laimenee edelleen. Prosessi pysähtyy kun rikkiä (rikki-ioneja) on liian vähän hapossa. Se tulee liian laimeaksi kemiallisen reaktion jatkumiselle. Tällöin plus- ja miinuslevyt ovat kemiallisesti melkein samanlaisia.



Kuva 3.3. Kun kulutuskoje kytketään plus- ja miinusnapojen välille, jättävät sulfaatti-ionit rikkihapon ja sitoutuvat lyijyn kanssa levyille lyijysulfaatiksi. Plus- ja miinuslevyt tulevat kemiallisesti enemmän toistensa kaltaisiksi ja sähköpotentiaali pienenee. Elektrolyytti tulee laimeammaksi ja kevyemmäksi.

Tyhjä akku

Akku on nyt tyhjä ja vaarana on käydä huonosti. Lyijysulfaattikerros levyissä on paksu. Jos sulfaattiionit saavat pysyä levyissä, lyijysulfaatilla on taipumus kiteytyä. Ionit eivät osaa enää irrottautua happoon takaisin. Sitä paitsi ne ovat eristäviä, jolloin on vaikeampaa saada yhteyttä puhtaaseen lyijysulfaattiin. Prosessi vahvistaa itseään. Sanotaan että akku sulfatoituu. Jos akkua nyt ladataan, suuri osa energiasta kuluu sisäisen vastuksen voittamiseen. Levyt lämpenevät ja vettä keitetään pois elektrolyytistä.



Kuva 3.4. Latausvirta vapauttaa sulfaatti-ionit lyijysulfaatista ja työntää ne ulos lyijystä takaisin elektrolyyttiin. Happo tulee väkevämmäksi ja raskaammaksi. Sähköinen potentiaali kasvaa taas.

Tyhjä akku pitää ladata, ettei se vahingoittuisi pysyvästi. Kun akun napoihin kytketään ulkoinen virtalähde, prosessi lähtee käyntiin vastakkaiseen suuntaan. Energia saa rikin irtoamaan levyiltä ja yhtymään elektrolyytissä olevan vedyn kanssa. Syntyy uuttaa rikkihappoa, joka tekee elektrolyytin väkevämmäksi ja raskaammaksi. Lyijy levyissä tulee taas puhtaaksi. Sähköistä potentiaalia on taas olemassa; akku on ladattu täyteen.

Lyijyakku muuttaa siihen sitoutunutta kemiallista energiaa sähköksi levyissä tapahtuvien reaktioden kautta. Purkausreaktiossa lyijy hapettuu 2-arvoisiksi positiivisiksi ioneiksi Pb ++ ja luovuttaa kaksi elektronia, jotka kulkeutuvat ulkoisen virtapiirin kautta positiiviselle elektrodille. Siellä syntyneet 4-arvoiset lyijyionit sitovat nämä elektronit ja pelkistyvät 2-arvoisiksi.

Positiivinen levy:

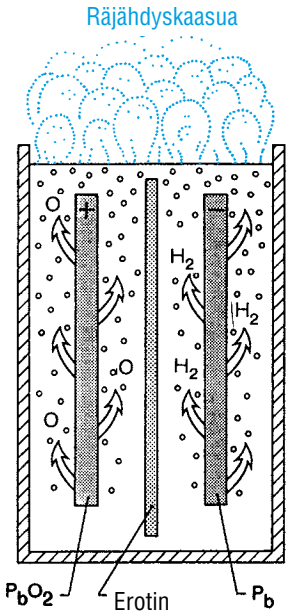
$$\mathbf{PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{--} + 2e^- \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O}$$

Negatiivinen levy:

$$\mathbf{Pb + SO_4^{--} \rightarrow PbSO_4 + 2e^-}$$

Lyijy =	Pb
Lyijyoksidi =	PbO_2
Lyijysulfaatti =	$PbSO_2$
Rikkihappo =	H_2SO_4
Vesi =	H_2O

Räjähdyskaasua



Kuva 3.5. Kun akku ei voi ottaa latausta vastaan, siihen tuotu energia kuluu veden hajottamiseen hapeksi ja vedyksi. Yhdessä ne ovat räjähdyskaasua.

Latausprosessissa vapautuu sekä happea että vetyä kaasumaisina. Kaasun voi nähdä pieninä helminä levyillä. Niin kauan kun levyille palautuu sulfaatti-ioneja, kemiallinen prosessi etenee normaalisti ja kaasua syntyy vain vähän. Jos energiaa yritetään pakata sisään sen jälkeen kun kaikki rikki on jo hapossa, energia tekee muuta työtä. Tämä muu on veden hajottamista sähkökemiallisesti. Pluslevyille syntyy happea ja miinuslevyille vetyä. Molemmilla levyillä kuplii runsaasti. Kun nämä kaksi kaasua sekoittuvat elektrolyytin yläpuolella, syntyy räjähdyskaasua, joka on helposti syttyvää ja voimakkaasti räjähtävää!

Veneen akuissa on tarpeeksi vettä räjäyttämään vene kappaleiksi jos kaikki niissä oleva vesi muuttuisi vedyksi ja hapeksi. Akkutilan tuuletus on siksi tärkeää, mutta ennen kaikkea akut pitää suojata ylilataukselta.

Tyyppivalinta

Käsite kapasiteetti on moniselitteinen. Akusta, jonka kapasiteetti on 100 Ah, ei voida ottaa mitä tahansa ampeerien ja tuntien yhdistelmää, joka antaa tulokseksi = 100. Mitä suurempi virta otetaan, sitä vähemmän energiaa akku antaa.

Tavallisin normi kapasiteetin ilmoittamisessa perustuu ns. C_{20}-testiin. Tällöin otetaan ulos 1/20-osa kapasiteetista 20 tunnissa, tässä tapauksessa 5 A, kunnes jännite on laskenut 10,5 volttiin.

On myös kapasiteettiarvot C_{10} ja C_5. Akku voi antaa kaksinkertaisen virran 10 tunnissa ja nelinkertaisen 5 tunnissa, ennen kuin jännite on laskenut 10,5 volttiin. (C_{10} on tarkoitettu kovaan käyttöön ja C_5 sähkötrukkeihin.)

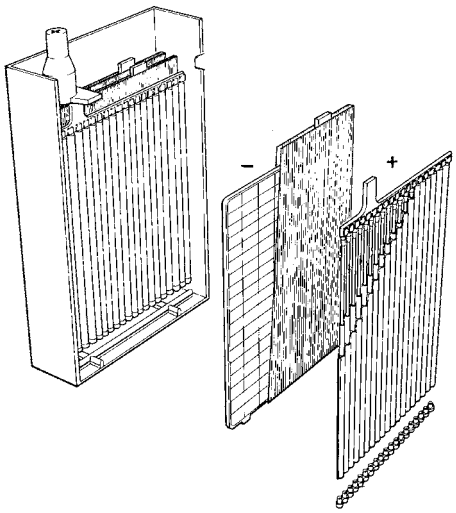
$$\frac{\text{Kapasiteetti}}{\text{C-arvo}} = \text{Normioitu virranantokyky}$$

Esimerkiksi 4 rinnankytkettyä akkua á 75 Ah mitattuna C_{10}-normin mukaan antaa käytettäväksi teoreettisesti 300 Ah. Niistä voi ottaa 30 A 10 tunnin ajan.

Jos akuista otetaan C-arvoa suurempi virta, jää kapasiteetti pienemmäksi. Jos virta kaksinkertaistetaan, menetetään noin 10 % kapasiteetista.

Akusta voi ottaa hyvin suuren virran, esimerkiksi 200 A starttimoottoriin, lyhyen ajan ilman suurempaa merkitystä. Merkitystä on pitkäkestoisella, tasaisella virralla.

Käynnistysakku



Kuva 3.6. Käynnistysakku on pieni ja siinä on paljon ohuita levyjä joka kennossa. Seurauksena on suuri pinta, joka voi antaa ja ottaa suuren virran lyhyessä ajassa. Käyttöakussa on vähemmän ja paksumpia levyjä. Kuvassa on putkilevyakku, jossa pluslevyjen aktiivinen massa on putkimuodossa. Tällaiset akut voivat antaa virtaa pitemmän aikaa kuin käynnistysakut, mutta latautuvat vastaavasti hitaammin.

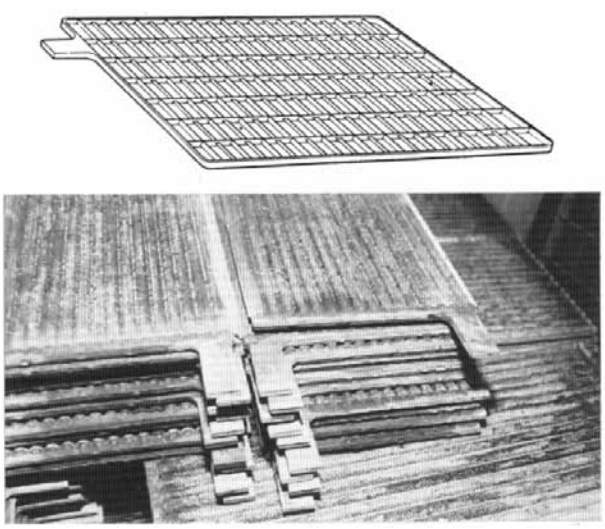
Tarjolla on erilaisia akkuvaihtoehtoja käyttötarkoituksen mukaan. Jos halutaan saada suuri virta lyhyeksi ajaksi, esimerkiksi starttimoottoriin, akkuun sijoitetaan useita ohuita levyjä joka kennoon. Yhteinen pinta tulee suureksi, jolloin monet sulfaatti-ionit lähtevät liikkeelle yhtaikaa. Samasta syystä tällainen akku on nopeasti ladattavissa. Rakenne tekee kuitenkin akun vähemmän vakaaksi, millä on merkitystä eliniän kannalta.

Käyttöakku

Käyttämällä harvempia, mutta paksumpia levyjä joka kennossa, pinta tulee pienemmäksi ja virtaa ei voida ottaa paljon kerralla. Toisaalta tällainen akku sietää syvemmän purkamisen ja tällaiset levyt ovat vakaampia. Varjopuolena on, että latautumiskyky huononee vastaavasti – akku tarvitsee paljon pitemmän ajan kuin käynnistysakku ottaakseen yhtä paljon energiaa. Tällaisia akkuja nimitetään usein käyttöakuiksi ja ne soveltuvat käytettäviksi veneen erilaisten kulutuskojeiden sähkön syöttöön.

Tukiranka

Kennolevyjen pehmeä, aktiivinen massa on kiinnitetty kehykseen, hilaan. Sekin on lyijyä jotta levyt olisivat niin homogeenisia kuin mahdollista. Kehysten pehmeä lyijy on kovetettu lejeerauksella ja se vaikuttaa akun kemiaan. Myös antimonia on käytetty hilojen rakenteessa, sillä on monia etuja, mutta sen käyttö aiheuttaa veden kulutusta elektrolyytistä. Antimoniakku on sitä paitsi herkkää syväpurkaukselle. Jos ulos otetaan enemmän kuin 70–75 % kapasiteetista, akku voi helpommin sulfatoitua ja vahingoittua.



Kuva 3.7. Pehmeä, aktiivinen lyijymassa pidetään paikallaan jäykässä hilassa. Tässä levyt ovat valmiina asennettavaksi.

Antimoni

Nykyisten lyijy/antimoniakujen hiloissa on vain 1,5–2 % antimonia. Hilat tulevat tällöin melko pehmeiksi ja kuplivat helpommin akun lämmetessä. Näin tapahtuu jos akkua yliladataan, tai kun se alkaa sulfatoitua ja osa latausvirrasta muuttuu lämmöksi.

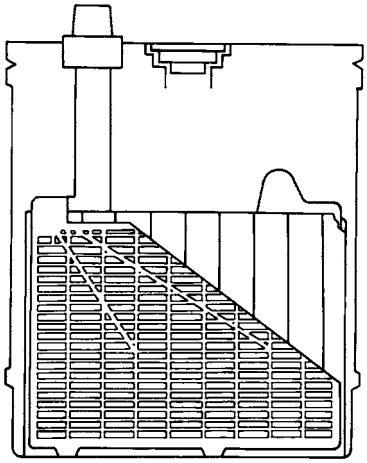
Vanhemmissa akuissa on jopa 7 % antimonia, hilat ovat jäykempiä ja niiden elinikä on pitempi, mutta ne käyttävät enemmän vettä, jota siksi pitää lisätä useammin. Lisäksi ne ovat kaksi kertaa niin kalliita kuin matala-antimoniakut. Erikoisakut venekäyttöön ovat usein tätä tyyppiä.

Kalsium

Vaatimus vähemmästä huollosta veden lisäämisestä sekä paremmasta jäykkyydestä on johtanut kalsiumin käyttöön antimonin tilalla akkujen hiloissa. Lyijy/kalsiumakulla on lukuisia hyviä puolia. Se sietää 15 V jännitteen ennen kuin kaasua alkaa muodostaa, ja tarvitsee siksi selvästi vähemmän vettä. Huonoihin puoliin kuuluu syväpurkaus, jolla voi olla dramaattiset seuraukset. Jos akun napajännite laskee liian alas, on vaarana ettei akkua enää saada henkiin. Parhaita venekäytössä ovat ns. hybridiakut,

joiden miinuslevyissä on kalsium- ja pluslevyissä antimonivahvisteiset hilat, tai päinvastoin riippuen toimittajasta.

Huoltovapaa



Kuva 3.8. Huoltovapaat akut eroavat tavallisista vain siten, että niissä on matala-antimoni- tai kalsiumvahvisteiset hilat korkean antimonipitoisuuden sijasta. Lisäksi niissä on enemmän elektrolyyttiä kennojen yläpuolella. Vettä kuluu vähemmän ja niistä saadaan enemmän virtaa. Tällaisten akkujenkin elektrolyytin pintaa pitää valvoa silloin tällöin.

Huoltovapaat akut ovat yksinkertaisimmassa muodossaan matala-antimoniakkuja, joissa on hyvin suuri nestetila kennojen yläpuolella. Hienoimpia ja kalleimpia ovat hybridiakut tai kalsiumvahvisteisilla hiloilla varustetut akut. Niissä on myös enemmän elektrolyyttiä kennojen yläpuolella. Tällaisissa akuissa kestää kauemmin ennen kuin nestepinta laskee kennojen yläreunaan.

Akku voi myös näyttää sinetöidyltä siten, ettei tulppiin pääse käsiksi nestepintojen tarkistusta varten. Tarkemmin katsottuna löytyy yksi tai useampia lukituksia, jotka voi kääntää sivuun. Nestepinta tulee tarkistaa ja täyttää vähintään kerran vuodessa vaikka akku olisi ns. huoltovapaa.

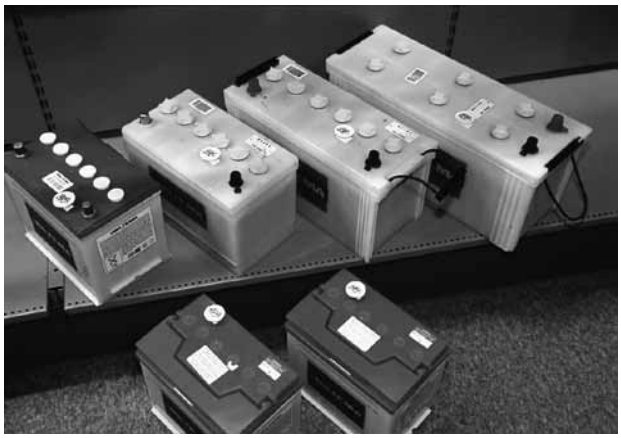
Millaiset akut?

Huoltovapaat veneakut ovat kalliita ja painavia. Monta selkäkipua on kärsitty kun akkuja on kuljetettu hankaliin paikkoihin veneessä. Halvempia käynnistysakkuja voi käyttää myös käyttöpuolella. Ne ovat kevyempiä käsitellä, niillä on parempi latautuvuus kuin käyttöakuilla.

Oikealla asennuksella, oikealla käytöllä ja ennen kaikkea oikealla latauksella voi käynnistysakkujen ikä olla 6–8 vuotta käyttöpuolellakin.

Kuorma-auton akku?

Mukavuusvaatimukset ovat aiheuttaneet sen, että kuorma-autot ja rekat tarvitsevat aina vain enemmän sähköä ja niiden akkuja onkin kehitetty vastaavasti. Tässä tarkoitetaan suuria, painavia ja melko karkeatekoisia voimanpesiä, jotka sietävät enemmän kuin tavallinen käynnistysakku. Jos veneessä on tilaa ja selkä on vahva, voi olla kiva kokeilla yhtä tai kahta suurta kuorma-auton akkua monen veneakun sijasta. Niitä on saatavissa parinsadan Ah:n kapasiteetteihin asti ja hinta on hiukan toista sataa euroa kappaleelta.



Kuva 3.9. Tavallisten lyijyakkujen kohdalla pätee sääntö: Mitä suurempi ja painavampi, sitä suurempi kapasiteetti.

Hyytelöakut

Lyijyakkujen suhteen ei ole paljoa tapahtunut sataan vuoteen, mutta jotain kuitenkin. Hyytelöakkuja on ollut saatavilla muutamia vuosia. Ne eroavat tavallisista akuista siten, että happo on hyytelömuodossa eikä siis ympäröi vapaana levyjä.

On myös erikoisia rekombinaatioakkuja, joissa akku itse huolehtii kaasuistaan ja palauttaa ne elektrolyyttiin. Tällaiset akut voidaan tehdä tiiviiksi, josta johtuen niitä ei voi valvoa tai niihin ei voi lisätä vettä, mutta niissä on venttiili, joka voi päästää ylipaineen pois ylilatauksessa. Hyytelöakku sietää syväpurkausta melko hyvin ja latauksen vastaanottokyky on suuri. Tämä akkutyyppi sopii sekä käynnistykseen että kulutukseen.

Kun investoi hyytelöakkuihin, sanoo teoreettisesti hyvästit akkuongelmille moneksi vuodeksi, mutta myös näitä akkuja pitää ladata täyteen ja taas purkaa, etteivät ne sulfatoidu. Eräs hyytelöakkujen etu on, etteivät ne vuoda. Ajan oloon voi kapasiteetti pienentyä siksi, että hyytelöelektrolyyttiin tulee aukkoja. Tällöin ei paikoitellen synny kontaktia lyijyyn ja virran läpikulku huononee. Tämä heikentää kapasiteettia vähitellen.

Hyvä käyttöohje on kytkeä akkuihin lyhytaikainen ja voimakas kuormitus ja ladata se uudestaan välittömästi. Tämä voidaan tehdä esim järjestämällä tilanne, jossa moottori ei lähde käyntiin mutta starttimoottoria käytetään 4 kertaa 20 sekuntia. (Dieselmoottorissa pidetään pysäytysvipua ulkona, bensiinimoottorissa irrotetaan yksi sytytyspuolan paksuista johdoista.) Hyytelöakkuja on saatavilla monia kokoja ja mittoja. Yleisesti voidaan sanoa, että hinta ampeerituntia kohti on kaksinkertainen verrattuna perinteisiin lyijyakkuihin.

AGM-akut

AGM-akut ovat uusia tulokkaita ja tulevat luultavasti saamaan yhä suurempaa suosiota veneakkuina.

Lyhenne tulee sanoista Absorbed Glass Mat ja tarkoittaa että elektrolyytti on nestemäistä kuten tavallisissa akuissa, mutta se on imeytetty levyjen välissä olevaan lasikuitumattoon. Nämä matot eivät ainoastaan pidä happoa sisällään vaan ne toimivat myös erottimina ja stabiloivina elementteinä. Näissä akuissa levyt voivat joko olla rullattuina yhteen tai sijaita vierekkäin.

Eräs eduista on, että akun voi sijoittaa niin kuin se parhaiten mahtuu, esim kyljelleen ja jopa ylösalaisin. Myös nämä akut ovat täysin huoltovapaita ja kestävät hyvin syväpurkausta. Kapasiteetti on verraten alhainen, mutta akut antavat hämmästyttävän suuren virran. Latauksen vastaanottokyky on hyvä.

AGM-akut sopivat siksi erityisen hyvin käynnistykseen sekä keulapotkurin ja ankkurivinssin käyttöön. Akkujen syöttämä suuri virta antaa näille laitteille lisäpotkua.

Ylilataus

Rekombinaatioakut kuten hyytelö ja AGM, ovat tiiviitä, mutta niissä on ylipaineventtiili. Jos niitä yliladataan pitkiä aikoja, lämpötila nousee kuten kaikissa akuissa. Paine nousee kunnes venttiili lopulta aukeaa. Akku menettää silloin nestettä ja voi kuivua kuten avoimet lyijyakut. Viimemainittuja voi valvoa ja lisätä niihin nestettä, mutta suljetuissa akuissa se ei onnistu. Ne siis vahingoittuvat pitkäaikaisesta ylilatauksesta.

Tämä tarkoittaa että sen paremmin hyytelö- kuin AGM-akkujakaan ei pidä yliladata. Joissain säätimissä on oma asento tällaisille akuille. Ne lataavat ensin 14,4 volttiin, jonka jälkeen ne pudottavat ylläpitojännitteen 13,9 volttiin.

Hyytelö- ja AGM-akuilla on kuitenkin niin pieni itsepurkaus, että ne eivät tarvitse ylläpitolatausta tavallisella talvikaudella. Veneessä ne pitää kuitenkin kytkeä irti, etteivät vuotovirrat tyhjennä niitä.

Kuinka monta akkua?

Kun tiedetään veneen virrankulutus ja tarvittava kapasiteetti, voidaan määritellä tarvittavien akkujen määrä. Käyttötarve voi esimerkiksi olla 300 Ah. Silloin veneeseen voidaan asentaa 3 kpl 100 Ah:n veneakkua tai 4 kpl 75 Ah:n käynnistysakkua ja kytkeä ne rinnan. Rinnankytkettävien akkujen pitää olla samanlaisia.

Akustossa pitää kaikki akut vaihtaa samanaikaisesti. Jos vaihtaa vain yhden akun, se todennäköisesti on kemiallisesti erilainen kuin entiset, vaikka se olisi samaa merkkiä ja sillä olisi sama kapasiteetti.

Kuva 3.10. AGM-akku on sopiva startti-moottorille, ankkurivinssille ja mulle laitteille, jotka tarvitsevat suuren virran lyhyen aikaa.

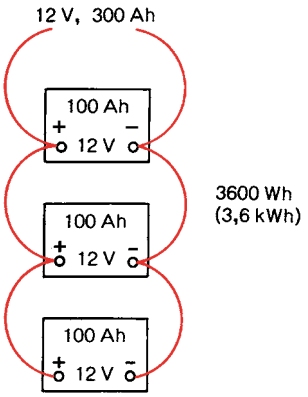
Kuva 3.11. AGM-rekombinaatioakun rakenne on erittäin vakaa. Mekaanisesti akut on hyvin vahvoja ja ne sietävät toistuvia syväpurkauksia ilman että kapasiteetti olennaisesti alenee.

Akut voivat vaurioittaa toinen toistaan. Käytännössä ei ole vaarallista kytkeä rinnan hiukan erilaisia akkuja, jos ne ovat koko ajan käytössä. Jos ne seisovat käyttämättä, saattavat ne piankin tuhoutua.

Rinnan- ja sarjakytkentä

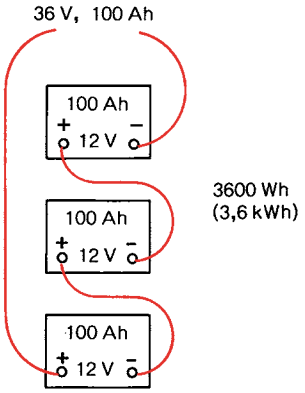
Akuilla on yhteensä tietty energiamäärä (jännite x virta x aika). Ne voidaan kytkeä yhteen kahdella tavalla:

Rinnankytkentä
Kun kaikissa akuissa kytketään kaikki plus-navat yhteen ja kaikki miinus-navat yhteen, jännite pysyy samana, mutta kapasiteetti kasvaa jokaisesta lisäakusta.



Kuva 3.12. Kolmen akun rinnankytkentä. Jännite ei muutu, mutta kapasiteetti kolminkertaistuu.

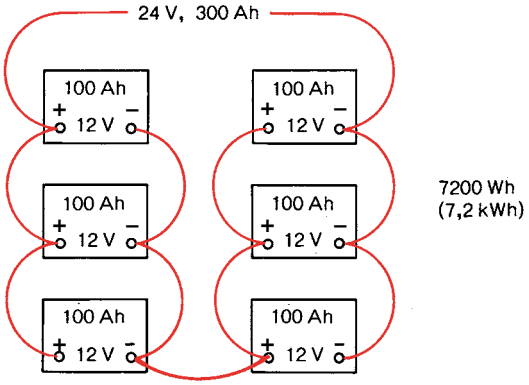
Sarjakytkentä
Jos kunkin akun plus-napa kytketään seuraavan akun miinus-napaan, jokainen akku lisää jännitettä, mutta kapasiteetti (ampeeritunteina) säilyy muuttumattomana.



Kuva 3.13. Akkujen sarjakytkentä. Kapasiteetti (ampeeritunneissa) ei muutu, mutta jännite kolminkertaistuu. Energiamäärä on sama molemmissa kytkennöissä.

Useimmissa huviveneissä on 12 V järjestelmä, eikä myynnissä ole juuri muita kuin 12 V akkuja. Haluttu akkukapasiteetti saadaan riittävän monella rinnankytkettävällä akulla.

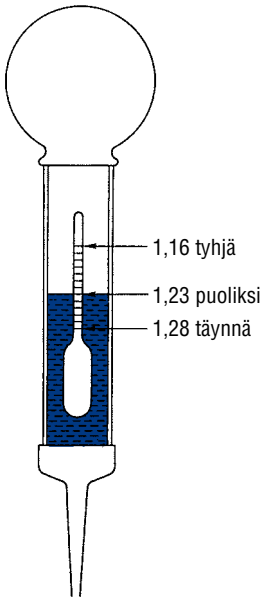
Joissakin suurissa veneissä on 24 V järjestelmä. On tavallista yhdistää rinnan- ja sarjakytkentä siten kuin on esitetty kuvassa 3.14.



Kuva 3.14. 24 V järjestelmä on useimmiten yhdistelmä rinnan- ja sarjakytkennästä. Tässä on kuusi 12 V 100 Ah akkua kytketty antamaan 24 V ja 300 Ah.

Akkujen valvonta

Akkujen kuntoa tulee seurata aika ajoin. Perinteisesti käytetään happomittaria, joka näyttää elektrolyytin tiheyden (ominaispainon). Kun akku on täysin ladattu, happo on painavaa. Tiheyden pitää olla 1,28. Kun tiheys on alle 1,18, on akku melkein tyhjä.



Kuva 3.15. Happomittari kertoo vain akun tilasta suhteessa todelliseen (usein pienentyneeseen) kapasiteettiin. Elektrolyyttiä imaistaan mittalasiin ja hapon tiheys luetaan uimurinvarresta.

Happomittari ei kuitenkaan kerro koko totuutta. Hapon tiheys voi hyvinkin olla suuri, samalla kun osa aktiivisesta massasta on irronnut levyistä ja on hyödyttömänä akun pohjalla. Lepojännite ja kuormituskoe kertovat enemmän. Uuden, täysin ladatun akun, joka on jonkin aikaa ollut levossa, lepojännite on 12,7 V. Jokainen kymmenesosa tämän alle kertoo suuresta kapasiteetin vähenemisestä. Lepojänniteen voi tarkistaa digitaalisella volttimittarilla.

Kapasiteetti ja akun kunto on parhaiten tarkistettavissa yksinkertaisella, kuormituskokeella.

Mitataan täyteen ladatun akun lepojännite (= 12,7 V). Käytetään starttimoottoria 10 sekuntia ilman että moottori käynnistyy (Dieselmoottorissa STOP-nappula ulosvedettynä, bensiinimoottorissa puolan ja virranjakajan välinen johto irrotettuna.). Starttimoottorin käydessä jännite laskee helposti 10–11 volttiin. Jos se nousee takaisin 12,7 volttiin muutamassa minuutissa, voit olettaa akun kapasiteetin olevan hyvän.

Akkuturvallisuus

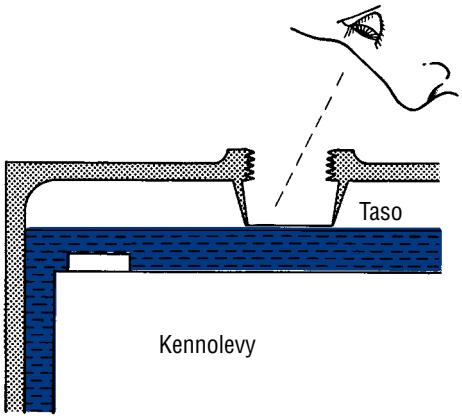
Akku sisältää happoa ja suuren energiamäärän, joka voi purkautua lyhyessä ajassa.

Akun napoja ei koskaan saa oikosulkea. Oikosulkuvirta voi olla useita tuhansia ampeereja. Jos pudotaa vaikkapa jakoavaimen napojen päälle, voi lopputuloksena olla katastrofi. Suuri virta aiheuttaa, että jakoavain voi hitsautua kiinni napoihin ja muutaman sekunnin kuluttua se on hehkuvassa tilassa. Jos onnistuu sieppaamaan sen pois saman tien – ensimmäisellä yrityksellä – kaikki on hyvin. Jos ei, akku saattaa räjähtää ja singota lyijyä ja happoa pitkin venettä. Jos akkuhappoa saa silmiinsä, tulee silmiä huuhdella pitkään ja perusteellisesti puhtaalla vedellä ja hakeutua lääkäriin niin pian kuin mahdollista.

Akun hoito

Akut ovat veneen sähkölaitteiston sydän – kaikki riippuu niistä. Hoito ja kunnossapito on yksinkertaista mutta tärkeää.

Elektrolyyttiä pitää olla noin 1 cm yli kennolevyjen, tai sisällä korkin alla olevaan merkkitasoon asti. Vain tislattua tai ns. akkuvettä saa käyttää akkujen jälkitäyttöön. Kennolevyt eivät siedä kuivumista. Jos näin tapahtuu, vettä ei saa lisätä. Se ei auta, vaan ainoastaan laimentaa happoa, joka nyt on väkevää. Levyille ei saa joutua likaa. Korkkien ympäristö tulee pestä ja puhdistaa huolellisesti ennen niiden avaamista.Valkoinen pinta napojen ympärillä kertoo löysistä navoista. Sen ei tarvitse merkitä kovin paljoa, mutta se tulee kuitenkin poistaa. Kannen ja akun navat voi pestä veteen sekoitetulla leivinjauheella



Kuva 3.16. Elektrolyyttiä pitää olla noin 1 cm yli kennolevyjen. Monissa akuissa on korkin alla pieni taso, joka osoittaa oikean elektrolyyttimäärän.

tai alkalisella saippualla (vihersaippua). Kansi tulee huuhdella hyvin, mutta huuhteluvettä ei saa mennä kennoihin.

Jos elektrolyytin pinta vajoaa epänormaalisti yhdessä tai useammassa kennossa, akku ei ehkä ole tiivis. Tätä on pidettävä silmällä ja vettä lisättävä usein. Ammattimies osaa ehkä korjata vian, mutta nykyaikainen akku voi olla kyllä lopullisesti vaurioitunut. Lisääntynyt vedenkulutus yhdessä kennossa voi myös merkitä, että kenno on sulfatoitunut ja siksi vaurioitunut. Akun navat voi puhdistaa viilalla, hiekkapaperilla tai veitsellä. Akkukengät tulee kiristää kunnolla napoihin ja lopuksi napakengät voidellaan hapottomalla rasvalla. Akkujen pitää seistä suorassa eivätkä ne saa väristä. Akuille on hyväksi että niitä käytetään. Se pitää aktiivisen massan pehmeänä. Kapasiteetti nousee helposti alussa laskeakseen sitten koko akun eliniän. Syväpurkamista tulee välttää. Moottorin (ja laturin) pitäisi esimerkiksi käydä vähintään 1500 r/min silloin kun ankkurivinssi tai keulapotkuri on käynnissä. Akusta ei tule ottaa enempää kuin 70–75 % sen kapasiteetista, mieluiten ei yli 65 %. Akut pitää ladata heti syväpurkauksen jälkeen.

Akut pitää ladata silloin tällöin täyteen – vähintään joka toinen viikko kun ne ovat päivittäisessä käytössä.

Täyteenlataus tarvitsee paljon aikaa. Akku muodostaa jonkin verran kaasua ja sen tuuletuksesta sekä kennojen nestepinnan tarkkailusta tulee huolehtia. Pieni latausvirta pitkän ajan on parempi kuin päinvastoin. (viimeinen 10 % ottaa aina pitkän latausajan).

Halvimpien akkulaturien kanssa tulee olla varovainen, koska niissä ei ole jännitteensäätöä. Jos tällaisen laturin annetaan olla päällä kun akku on täynnä, akku kiehuu pilalle.

Akut, jotka eivät ole käytössä, purkautuvat itsestään. Jännitteen laskiessa 12,2 V:iin alkaa sulfatoitumisen vaara. Silloin akku pitää ladata. Itsepurkautuminen kiihtyy lämpötilan noustessa. Ladatut akut voivat olla veneessä yli talven, mutta ne pitää irrottaa pääkytkimestä ja toisistaan. Elektrolyytti (rikkihappo) on syövyttävää, jos sitä läikkyy vaatteille, tulee ne heti neutraloida emäksisellä aineella ja pestä saman tien.

Käytöstä poistetut akut

Akku on ongelmajäte ja se sisältää paljon haitallisia kemiallisia aineita ja raskasmetallia. Akkua ei siksi saa heittää noin vain roskikseen, vaan se pitää viedä ongelmajätteiden keräyspisteeseen tai Sortti-asemalle. Suurimpien venesatamien yhteydessä on usein romuakkujen keräilypiste.

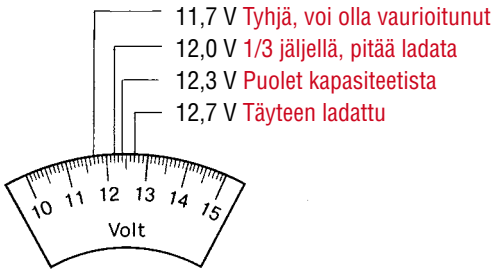
On ympäristörikos heittää vanha akku yli veneen laidan.

4. AKKUJEN SEURANTA

Veneilijät eivät yleensä tiedä, miten akut jaksavat. He kuitenkin aavistavat virtaa olevan vähän jäljellä kun satamassa on oltu jonkin aikaa, ja että moottorin käyttäminen lataa akut jälleen. Karkeasti ottaen tämä voi olla totta, mutta arvailu ei ole hyväksi.

Volttimittarin ja ampeerimittarin avulla on helppo nähdä miten akut jaksavat.

Volttimittari

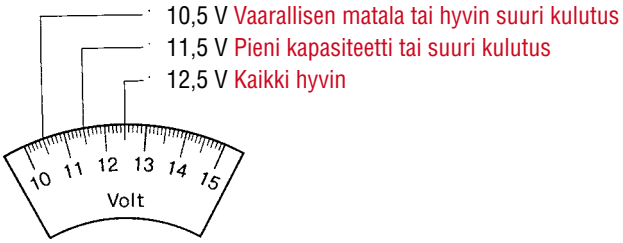


Kuva 4.1. Volttimittari ja lepojännite.

Kun akku on levossa eikä sitä ladata tai kuormiteta, kertoo lepojännite miten akku jaksaa. Voltin kymmenesosat ovat ratkaisevia:

- 12,7 V täysi akku
- 12,3 V puolet kapasiteetista
- 12,0 V noin kolmannes jäljellä, akku pitää ladata
- 11,7 V täysin tyhjä ja ehkä vaurioitunut akku. Se voidaan ehkä pelastaa heti tapahtuvalla latauksella jos se ei seissyt tällaisena liian kauan, mutta se on joka tapauksessa menettänyt osan huippukapasiteetistaan.

Kulutus ilman latausta



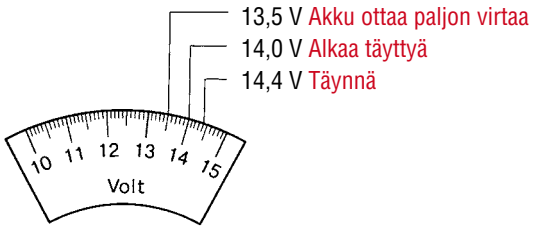
Kuva 4.2. Volttimittari kulutuksen aikana (ilman latausta).

Jännite laskee heti kun sähköä aletaan käyttää. Jopa yksi hehkulamppu laskee jännitettä 0,2 V lyhyessä ajassa. Kun vene on satamassa eikä moottori käy tasaisella kuormituksella, uusien akkujen jännite on noin 11,5–12 V.

Hyvin suurella kuormituksella, esimerkiksi kun ankkurivinssi käy, jännite laskee noin 10,5 volttiin. Jännitteen pitää nousta takaisin kun kuormitus on palannut normaaliksi.

Jos jännite laskee alle 11 V tasaisella kuormituksella, virtaa ei saa enää ottaa lataamatta. 10,5 voltilla akut voivat heikentyä pysyvästi.

Lataus



Kuva 4.3. Volttimittari latauksen aikana.

Volttimittari nousee aika nopeasti kun lataus on käynnissä.

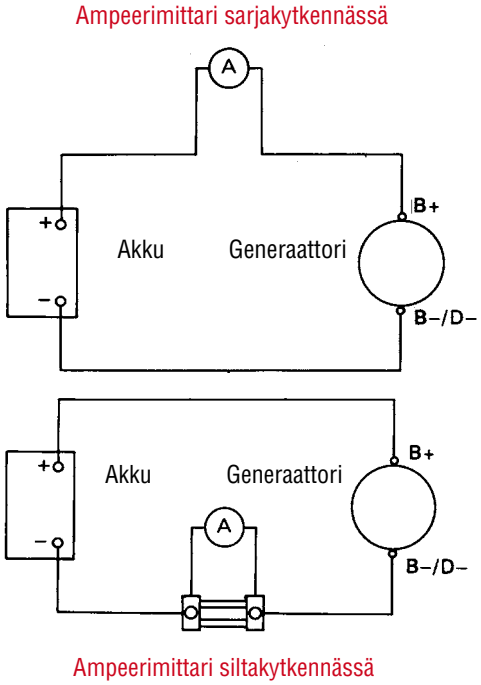
Kun akku on tyhjä, se ”ottaa” aluksi paljon virtaa. Jännite on suunnilleen 13,2–13,8 V.

Kun akku alkaa täyttyä, virta vähenee. Jännite nousee yli 14 V. Akkuun menee vähän virtaa.

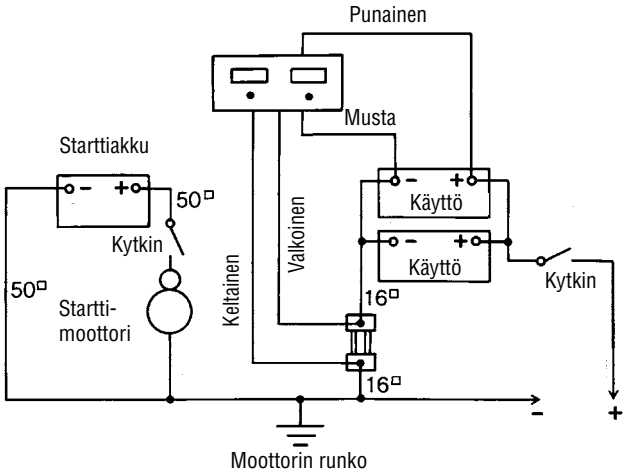
Kun akku on täynnä, jännite on 14.4 V. Hiukan virtaa menee sisään ja kaasua muodostuu.

Ampeerimittari

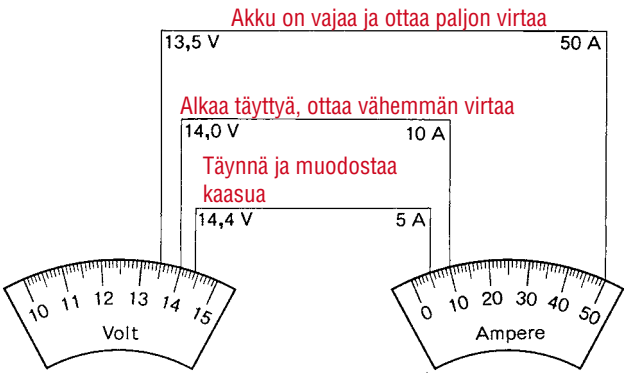
Ampeerimittari, joka on kytketty kuvan 4.4. osoittamalla tavalla, näyttää molempiin suuntiin: Kuinka paljon virtaa ladataan kun moottori käy. Ja kuinka paljon virtaa kuluu kun sähköä käytetään ilman latausta. Mittari näyttää myös ”netto”-latauksen jos sähköä käytetään samalla kun lataus on käynnissä.



Kuva 4.4. Tavallisella, sarjaan kytketyllä ampeerimittarilla kaikki virta kulkee kojelaudalle ja takaisin. Silta-ampeerimittari mittaa jännitteen alenemaa sillassa (shuntissa), jonka vastus tunnetaan.



Kuva 4.5. Ampeerituntimittarin kytkentä. Shuntti tulee ostettaessa ampeerimittarin mukana. Se kytketään maajohtoon moottorin rungon ja akun väliin. Käytännössä shuntin voi asentaa käyttöakkujen ensimmäiseen miinusnapaan. Mittari kertoo kaiken mitä menee ulos tai sisään käyttöakkuihin.



Kuva 4.6. Volttimittari ja ampeerimittari yhdessä. Esitetyt luvut perustuvat veneeseen, jossa ei ole erillistä latauksen säädintä akun navoissa. Jos säätö tapahtuu, pysyy virta suurena kaiken aikaa kaasunmuodostusjännitteeseen asti. Latausaika lyhenee huomattavasti.

Tavallinen ampeerimittari mittaa sarjakytkennässä, siis juuri virtaa kuljettavassa johdossa. Mittarin lukemista varten pitää pääkaapeli tuoda kojelautaan/ohjauspöytään ja taas takaisin. Se on pitkä matka niin suurelle virralle. Siitä syntyy jännitteen alenemaa, ellei kaapeli ole hyvin paksu. Sellainen ampeerimittari voi lisäksi olla palovaarallinen.

Veneessä pitääkin käyttää ns shunttiampeerimittaria. Se on oikeastaan millivolttimittari joka mittaa jännitteen alenemaa sillassa (shuntissa), jonka vastus tunnetaan ja joka on sijoitettu suoraan pääkaapeliin. Johdot itse mittariin voivat olla aika ohuet. Jännitteen alenema ja palonvaara on eliminoitu.

Kun virta on suuri, generaattorin suorituskyvyn rajoilla, on akku hyvin tyhjä. volttimittari näyttää alhaista jännitettä (13,2–13,8 V).

Kun akku täyttyy, kemiallinen prosessi etenee hitaammin. Virtaa kulkee vähemmän. Jännite nousee 14 volttiin.

Kun akku on täynnä, virtaa ei kulje juuri lainkaan. Jännite on 14.4 V.

Mutta kuinka paljon kapasiteettia on akussa kulloinkin?

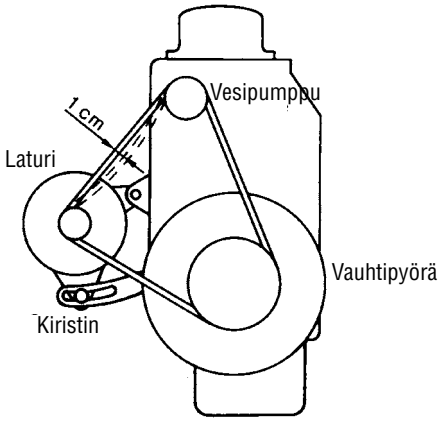
On olemassa instrumentteja, jotka laskevat tyydyttävästi kapasiteetin eli ampeeritunnit sekä sisään että ulos. Ne näyttävät myös nettoampeerit ulos/sisään sekä jännitteen. Laitteet voidaan nollata esimerkiksi kun akut ovat täynnä. Aina kun käytetään sähköä, nähdään miten paljon akut tyhjenevät. Kun ladataan, kertoo laite ampeerituntien taas kasvavan, aivan kuten polttoainemittari kun tankkia täytetään.

Tällainen instrumentti on kallis, noin 300 euroa, mutta samalla saa ampeeri- ja volttimittarin. Investointi lisää vapaa-ajanveneen mukavuutta ja asennus on yksinkertainen.

5. SÄHKÖNKÄYTTÖ JA VARASTOINTI

Sisämoottorit

Veneen pitää kuljettaa mukanaan kaiken tarvittavan energian, sekä kulkemiseen, instrumentteihin että mukavuuteen. Kun mahdollista nestekaasua ei oteta huomioon, kaikki energia on varastoitu polttoainetankkiin sekä ladattuhin akkuihin.



Kuva 5.1. Laturi käyttää usein samaa hihnaa kuin vesipumppu. Latauksen aikana laturin pyörittäminen on niin raskasta, että hihnan pitää olla kireällä. Kireys on sopiva, kun hihnaa voi painaa sisäänpäin noin 1 cm.

Generaattori (laturi) on veneen voimalaitos, jota käyttää veneen moottori yhdellä tai mieluummin usealla kiilahihnalla. Monessa moottorissa on vain yksi hihna, joka samalla käyttää jäähdytysvesipumppua.

Nykyaikainen laturi tuottaa vaihtojännitettä (vaihtovirtaa). Akku tarvitsee tasajännitettä (tasavirtaa). Ennen kuin sähkö lähtee laturista, se pitää siksi tasasuunnata. Vaihtovirtalaturi antaa enemmän tehoa pienillä kierroksilla kuin vanhempi tasavirtalaturi, mutta ensin mainittukin lataa huonosti moottorin tyhjäkäynnillä.

Näin generaattori toimii

Veneen laturi on pienoiskopio siitä generaattorista, joka löytyy kaikista vomalaitoksista. Se sisältää kaksi voimakasta sähkömagneettia.

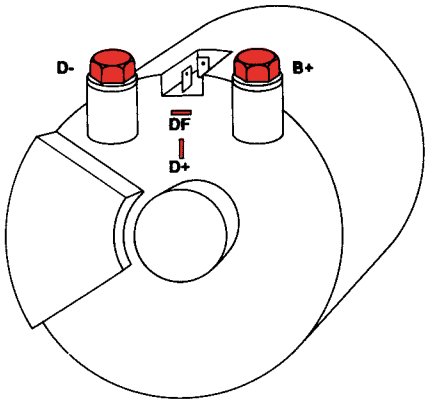
- Toinen on rengasmainen ja kiinteä. Sitä kutsutaan staattoriksi.
- Toinen on lieriömäinen. Sitä kutsutaan roottoriksi ja se voi vapaasti pyöriä staattorin keskellä.

Roottorin päässä on hihnapyörä. Roottori pyörii kun moottori käy. Generaattori eli laturi toimii näin:

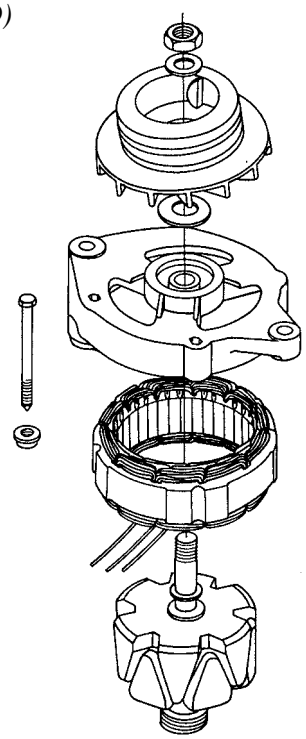
1. Roottorin sähkömagneetti aktivoidaan tuomalla roottorikäämiin jännite, joka synnyttää käämiin virran. Käämi magnetisoituu ja syntyy magneeettikenttä. Jännite tuodaan ulkopuolelta generaattorissa olevasta kytkentänavasta DF.

2. Kun tämä magneettikenttä pyörii staattorin käämityksen sisällä, syntyy staattoriin jännite. Kiilahihnan mekaaninen energia muuttuu sähköenergiaksi staattorissa. Mitä enemmän virtaa generaattori tuottaa, sitä raskaampaa on vetää kiilahihnaa.

3. Indusoitunut virta tasasuunnataan generaattorissa ennen kuin se lähtee akkuun generaattorin navoista B+ ja D- .



Kuva 5.2. Generaattori eli laturi on toteutettu kaksijohtojärjestelmällä (eristetty miinus), mutta useimmissa venemoottoreissa on miinus moottorin rungossa. Napaan D- ei tällöin kytketä mitään. Napa B+ on varustettu eristävällä aluslevyllä, joka on hyvin tärkeä.
B+ (BAT)
D- (B-, Earth tai GRD)
D+ (STA tai 61)
DF (FLD)

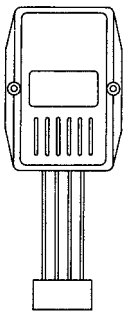


Kuva 5.3. Generaattori muodostuu sähkömagneetista, joka pyörii toisen sähkömagneetin sisällä.

Jännitteensäädin

Mitä suurempi jännite syötetään kenttään, sitä enemmän virtaa menee kenttäkäämeihin ja sitä vahvemmaksi tulee magnetismi. Kenttävirta seuraa kenttäjännitettä kaiken aikaa.

Akun napajännitteen pitää olla lähellä 14,4 volttia, että se voitaisiin ladata täyteen. Jos jännite tulee tätä suuremmaksi, energia kuluu veden hajottamiseen ja räjähdyskaasun valmistukseen. Generaattoria pitää voida ohjata ja jännitteensäädin hoitaa tätä tehtävää.



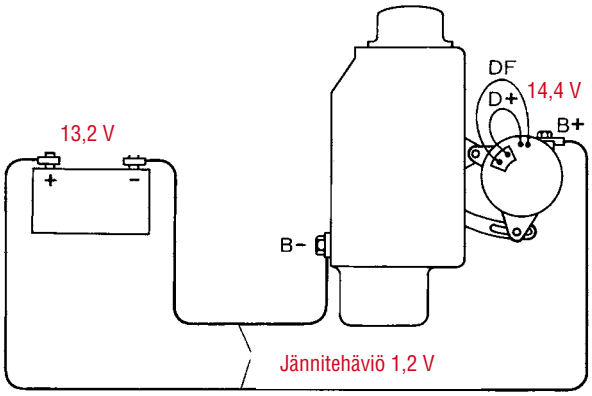
Kuva 5.4. Säädin säätää kenttävirtaa. Se magnetoi kenttää siten että generaattorista tuleva jännite pysyy vakiona – riippumatta kuormituksesta ja kierrosluvusta. Se huolehtii siitä, ettei akku saa liian suurta jännitettä.

Koko jännite pitää saada perille

Useimmat laturit tulevat autoteollisuudesta ja niissä on mukana jännitteensäädin. Säädin on useimmiten kiinnitetty ulkopuolelle, mutta eräissä latureissa se on sisäänrakennettu.

Tällainen säädin valvoo jännitettä laturin sisällä. Matkalla akkuun menetetään aina hiukan jännitettä.

Akun pitää saada 14,4 V että se latautuisi täyteen. Jokainen kymmenesosavolttia on tärkeä. Tyypillinen jännitteen alenema laturin ja akun välillä on 0,5–1,2 V. Jos laturista tulee 14.4 V, on jännite akun navoissa 13,2–13,9 V. Silloin akku ei koskaan lataudu täyteen! Parhaassa tapauksessa saadaan sisään vain kolme neljäsosaa kapasiteetista.



Kuva 5.5. Kun säädin on laturin kyljessä, se ei ota huomioon jännitteen alenemaa akulle siirryttäessä. Tässä alenema on 1,2 V ja tämä akku ei käytännössä koskaan lataudu enempää kuin puoliksi.

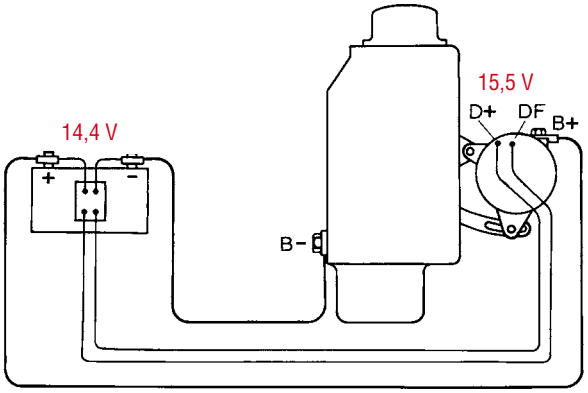
Säädin joka on sijoitettu laturiin, ei ota huomioon akun tarpeita.

Laturi pitää saada tekemään tehtävänsä: Toimittaa täysi jännite akun napoihin.

Tämän aikaansaamiseksi pitää säätimen seurata akun napoja, ei laturin diodeja, jota se käytännössä tekee.

Kun säädin seuraa akun napoja, se kompensoi jännitteen aleneman laturin ja akun välillä. Esimerkiksi edellä kuvatussa tilanteessa se säätää jännitteen 15,5 tai 14,9 volttiin että jännite olisi 14,4 V akun navoissa.

Säätimen siirto



Kuva 5.6. Tässä säädin seuraa akkua ja ottaa huomioon jännitteen aleneman. Laturin pitää tuottaa niin suuri jännite, että se on tarpeeksi suuri akun navoissa.

Säätimen tulee seurata akun napajännitettä ja nostaa jännite akun luona tarpeeksi suureksi. Jos ulkopuolelle asennettu säädin on laturin kyljessä, se voidaan kytkeä irti.

Hyvä venelaturi on kallis, mutta maksaa hintansa kun virtaa saadaan riittävästi ja akkujen elinikä pitenee.

Hyvän venelaturi:
- Seuraa akun napojen jännitettä.
- Voidaan säätää veneen laitteiston mukaiseksi.
- Kompensoi lämpötilaa (suurempi jännite pienessä lämpötilassa ja kääntäen).

Tällainen laturi on helppo kytkeä. Jos siinä on lämpötilakompensointi, pitää sen sijaita akkujen luona, mieluimmin suoraan jonkun akun vieressä.

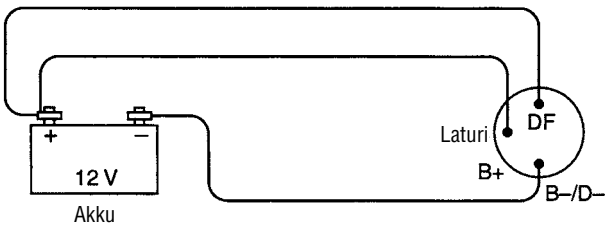
Säätimen harhautus

Nykyisissä latureissa olevat kompaktit säätimet, ovat laturin yhteyteen rakennettuja metallisia tai muovisia koteloita, jotka on valettu täyteen hartsia. Joihinkin

latureihin on mahdollista hankkia uusi korkeammalle jännitteelle suunniteltu säädin. Jos sellaista ei ole saatavilla, on vaihtoehtona oveluus, lataussäätimen hämääminen antamalla sille virheellistä tietoa latausjännitteestä.

Tämä onnistuu parhaiten asentamalla 1–2 tavallista diodia sarjaan jännitteensäätimen miinusjohtoon. Säätimen tunnustelema jännite on nyt 0,7–1,4 volttia todellista matalampi eli akkujohtimien ja mahdollisten jakodiodien aiheuttama jännitehäviö on saatu kompensoitua ja akut latautuvat täyteen. Harhautusdiodien kanssa rinnakkain on hyvä kytkeä vielä 0,1 mikrofaradin kondensaattori suojaamaan niitä jännitepiikeiltä.

Hätäratkaisu



Kuva 5.7. Suoralla kytkennällä akun plusnavan ja laturin kenttänavan välillä voi varmistaa latauksen jos säädin alkaisi savuta. Mutta silloin pitää vahtia jännitettä!

Voi sattua, että säädin pettää. Sen näkee volttimittarista kun moottori on käynnissä. Jos jännite on 13 V tienoilla, ei latausta tapahdu. Jos generaattorin vetohihna on kunnossa ja pyörittää generaattoria reippaasti, on todennäköistä että latauksen säädin on irtisanonut sopimuksensa eikä toimita virtaa kenttään. Silloin pitää pärjätä seuraavalla hätäratkaisulla:

Etsitään laturin napa DF. Sen pitää olla merkitty. Irrotetaan johto säätimestä ja korvataan se johdolla, joka viedään suoraan akun plusnapaan. Nyt kenttä saa täyden virran eikä generaattoria säädetä lainkaan. Kun jännite on 14,4 V, lataus lopetetaan irrottamalla tämä johto.

Perämoottori

Perämoottori tuottaa virtaa sytytykseen. Virta ei tule oikeasta generaattorista, vaan kestomagneeteista jotka on kiinnitetty vauhtipyörään, samalla tavoin kuin mopoissa. Suuremmissa moottoreissa on lisäksi virran ulosottomahdollisuus.

Kestomagneetit heikkenevät vanhetessaan sekä lämmöstä että tärinästä, jota perämoottorissa onkin paljon. Suorituskyky heikkenee ajan oloon – seikka joka selittää, miksi vanhat moottorit voivat olla huonosti käynnistyviä.

Suuremmissa moottoreissa on tavallisesti kaksi käämiä vauhtipyörässä – toinen tuottaa sähköä sytytykseen, toinen akun lataukseen.

Magneetit on useimmiten tungettu koneeseen siten, että niitä ei voi vaihtaa. Ne voidaan periaatteessa magnetisoida uudestaan.

Lataus

Vauhtipyörägeneraattorin toiminta on karkeasti ottaen samanlaista kuin erillisenkin laturin. Jännite on suoraan verrannollinen kierroslukuun. Täydellä nopeudella jännite voi nousta yli 15 voltin, mutta virta on pieni.

Perämoottorilla varustetun veneen sähkölaitteet rajoittuvat useimmiten starttimoottoriin, kulkuvaloihin, muuhun valaistukseen, instrumentteihin ja mahdolliseen tyhjennyspumppuun.

Myös tämä generaattori tuottaa vaihtojännitettä. Se pitää siis tasasuunnata akkua varten. Joissain moottoreissa on tasasuuntaaja sisään rakennettuna. Toisiin se pitää ostaa lisävarusteena.

Eräitä latauspiirillä varustettuja perämoottoreita ei saa käynnistää käsin, jos akku ei ole kytkettynä. Ilman akkua käynnistyksen kierrosluku antaa niin suuren jännitteen, että tasasuuntaaja kärähtää.

Tarkkaan ottaen tultaisiin toimeen ilman tasasuuntaajaa, jos virtaa käytetään suoraan ulosotosta, siis siten ettei se välillä käy akussa. Siinä tapauksessa täytyy pitää huolta siitä, että virtaa kulutetaan tarpeeksi. Pienellä kuormalla tulee jännite liian suureksi. Jos esimerkiksi sytytetään yksi ainoa hehkulamppu, voi se kirjaimellisesti kokea lyhyen ja loistavan uran.

Eräät moottoritehtaat ovat todella alkaneet kantaa huolta kunnollisesta sähkönsaannista myös perämoottoreista. Tavallinen virta suuremmista moottoreista on 10 A, mutta jokunen moottori voi tuottaa jopa 35 A mikä alkaa jo olla tarpeeksi.

Elektroniikan tuho

Perämoottorin vauhtipyörägeneraattorin jännite vaihtelee suuresti ja voi helposti nousta 17 volttiin. Sitä paitsi voi syntyä jännitepiikkejä, jotka ovat paljonkin yli tämän. Näin voi tapahtua etenkin silloin, kun moottori pyörii jollain kierrosluvulla ja sytytysjännitte katkaistaan.

Tällaiset jännitepiikit ovat tehokkaita tuhoajia. Elektroniset instrumentit ovat erityisen herkkiä ja ne pitää suojata. Suojaaminen on kuitenkin suhteellisen helppoa.

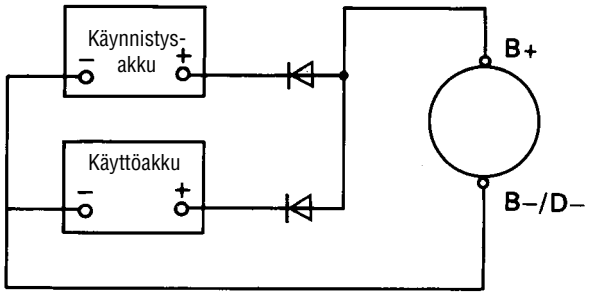
Kaksipiirijärjestelmä

Suuremmissa veneissä on usein yksi virtapiiri, jossa on joukko käyttöakkuja ja toinen virtapiiri käynnistysakkua varten. Tällä varmistetaan, että moottorin käynnistysvirtaa on aina, riippumatta siitä, miten paljon sähköä käytetään satamassa oltaessa.

Laturi lataa molempia piirejä, mutta ne pidetään erossa toisistaan siten, ettei muu kulutus tyhjennä käynnistysakkua. Tämän voi järjestää monin tavoin.

Jakodiodit

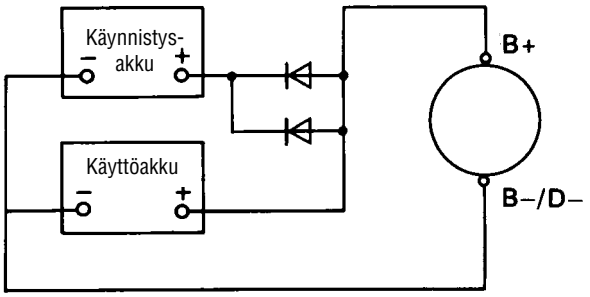
Diodi on sähköinen takaiskuventtiili. Kun tämä sijoitetaan käynnistysakun latauspiiriin, voi virta kulkea vain yhteen suuntaan, nimittäin akkuun päin.



Kuva 5.8. Kaksipiirilataus – diodi kummassakin piirissä estää ettei toinen voi tyhjentää toista. Diodit aiheuttavat jännitteen alenemaa.

Ei ole epätavallista panna yksi diodi käynnistysakun latauskaapeliin ja toinen käyttöakkujen latauskaapeliin. Ajatuksena on, ettei kumpikaan niistä voi tyhjentää toista.

Ongelma on, että diodit aiheuttavat jännitteen alenemaa, kynnysjännite on tyypillisesti 0,5–1 V. Kunnollisessa latauksen säädössä säädin ottaa tämän huomioon.



Kuva 5.9. Jos molemmat diodit kytketään rinnakkain käynnistyspiiriin, vähenee tämän piirin vastus puoleen ja käyttöakku saa täyden jännitteen. Diodien aiheuttama jännitteen alenema säilyy käynnistysakussa ennallaan.

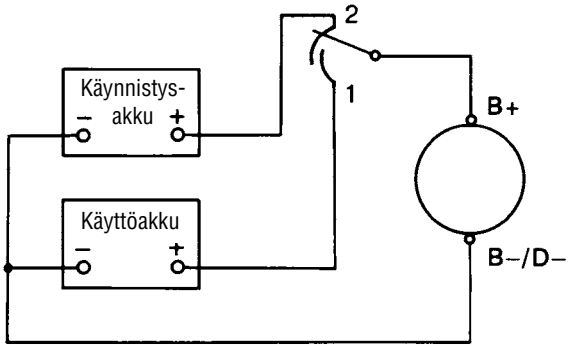
Jos akkujen ohjaama säädin puuttuu, on järkevää poistaa diodi käyttöakkupiiristä. Silloin saadaan sinne täysi jännite. Vapaa diodi sijoitetaan toisen diodin rinnalla käynnistyspiiriin. Tällöin kummankin diodin läpi kulkeva virta pienenee puoleen ja samalla jännitteen alenemakin vähenee.

Käynnistysakku on edelleen suojattu purkautumiselta käyttöakkupiiriin, mutta se saa muutaman kymmenesosavoltin verran vähemmän latausjännitettä. Sillä ei ole merkitystä, koska käynnistykseen käytetään melko vähän aikaa. Kun ollaan satamassa ilman latausta, voi teoreettisesti syntyä heikko virta käyttöakusta käynnistysakkuun. Kuitenkin jännite-ero diodien kahden puolen on yleensä riittävä estämään tämän käytännössä.

Erotuskytkin

Erotuskytkimen käyttö on paras ratkaisu. Latauspiirissä olevalla kytkimellä on kolme asentoa. Asennossa ”1” tai ”One” koko latausvirta menee yhteen piiriin. Asennossa ”2” tai ”Two” se menee toiseen. Näiden välissä on asento nimeltään ”1+2” , ”All” tai ”Both”. Latausvirta menee molempiin piireihin yhtaikaa.

Käytännössä kytkin pidetään asennossa ”1” ja ladataan käyttöakkupiiriä koko ajan. Silloin tällöin pidetään kytkintä puolisen tuntia asennossa ”2” jotta käynnistysakku saadaan huippukuntoon.

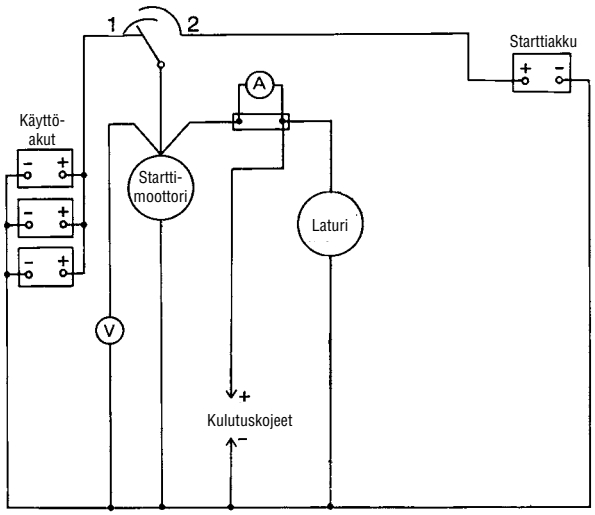


Kuva 5.10. Erotuskytkin kahden piirin välillä. Edellytyksenä on, että ymmärretään mitä tapahtuu sekä kulutuksen että latauksen aikana.

Kytkin keskiasennossa molemmat piirit ovat mukana samanaikaisesti. Tämä asento on varsinaisesti tarpeen generaattorissa olevien diodien suojaamiseksi siten, että generaattori on yhteydessä ainakin yhteen akkuun kytkintä käännettäessä.

Akunvaihtokytkin ei saa olla keskiasennossa kun moottori ei käy.

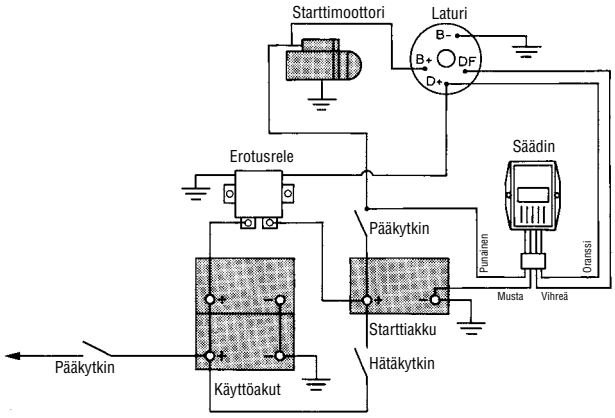
Jos tehdään kytkentä, joka on esitetty kuvassa 5.11., saadaan periaatteessa kaksi riippumatonta virtapiiriä, joita kumpaakin voidaan käyttää kaik-



Kuva 5.11. Käynnistyksen varmistaminen. Erotuskytkimen asennossa 1 sekä moottorin käynnistys että kulutuskojeiden käyttö. Asennossa 2 on vain starttiakku kytkettynä ja kulutuskojeet eivät saa virtaa.

keen. Erotuskytkimen asennossa ”1” tapahtuu sekä käyttö että käynnistys päävirtapiirissä. Piiri 2, jossa käynnistysakku on, ei ole käytössä, mutta pidetään täyteen ladattuna. Kun kytkin käännetään asentoon ”2”, käytetään piiriä, jota voi kutsua hätäpiiriksi. Nyt käytössä on täysi akku sekä käynnistykseen että instrumentteihin, esimerkiksi VHF:ään hätäkutsua varten.

Jos molemmat piirit ovat lähes tyhjät, voit äärimmäisenä keinona yrittää sekä käynnistystä kytkin keskiasennossa. Silloin molemmista akuista saadaan se vähä mitä niissä on jäljellä. Kytkin tulee kääntää takaisin asentoon ”1” tai ”2” heti käynnistyksen jälkeen.



Kuva 5.12. Kuvassa on esitetty erotusrelekytkentä, joka on hyvä, mutta melko kallis ratkaisu.

6. AKKUJEN LATAAMINEN JA LISÄSÄHKÖ

Päivittäinen tarve

Moottorilla ajoa voi olla niin vähän, ettei päivittäistä sähköntarvetta saada tyydytettyä. Tyypillisin tilanne on purjeveneessä kuljettessa pitkät ajat vain purjeilla. Vaikka suuret sähkönkuluttajat, kuten jääkaappi ja lämmityslaite olisivatkin poiskytkettynä, tarvitsevat hehkulampuilla toteutetut kulkuvalot 30 Ah joka yö. Niiden kulutus voidaan pienentää 10 Ah:iin siirtymällä yhteen kolmiväriseen valoon mastonhuipussa tai ledeillä toteutettuihin kulkuvaloihin. Navigointilaitteet kuluttavat tyypistä riippuen 10–20 Ah vuorokaudessa. Autopilotti on tärkeä miehistön jäsen, joka ei tarvitse vapaavuoroja, ruokaa tai juomaa. Mutta se tarvitsee sähköä. Jos sitä käytetään puolet ajasta, se tarvitsee sähköä 30 Ah vuorokaudessa ja enemmänkin veneen koosta ja autopilotin tyypistä riippuen.

Moottorin käyttäminen pari tuntia vuorokaudessa hoitaa tämän asian. Erillinen aggregaatti voi tehdä saman ja sitä paitsi antaa hyödyllistä 230 V jännitettä työkaluihin. Valtameripurjehtijalla pitää olla dieselkapasiteettia selvitäkseen sähköntarpeesta kuukausien ajan.

Aurinkopaneelit tai tuuli- ja laahausgeneraattorit voivat antaa tarpeeksi sähköä kuluvaloihin, navigointilaitteisiin ja autopilottiin.

Viikonloppuvene

Harvoin tulee ajetuksi moottorilla niin paljon, että akut saataisiin aivan täyteen. Tämä pätee erityisesti viikonloppuveneilyyn.

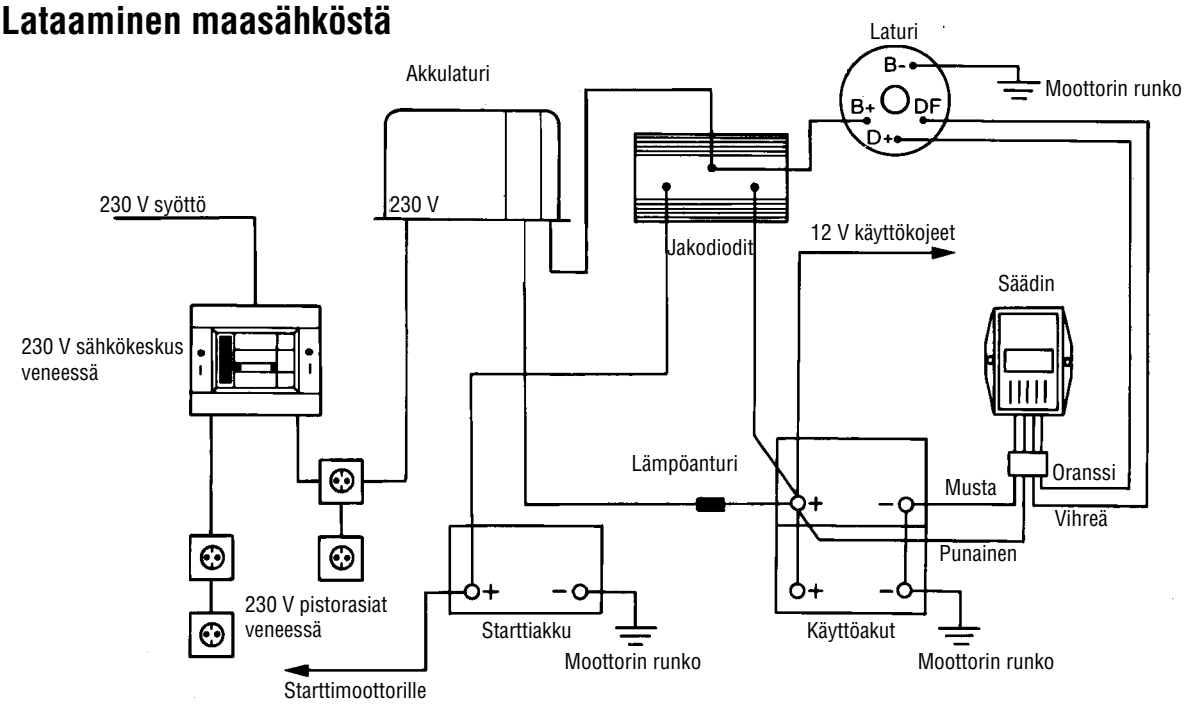
Viikonloppuveneilijän on hyvä käyttää vain puolta veneen akkukapasiteetista. Tällöin latausmahdollisuudet ovat paremmatt ja akut vastaanottavat paljon virtaa aina kun moottoria käytetään. Jos veneestä poistutaan joka sunnuntai-ilta siten että akut eivät ole täynnä, on tuloksena pysyvä kapasiteetin menetys.

Täydet akut

Akkujen pitkän eliniän kannalta, pitää kaikki sulfaatti-ionit saada levyiltä rikkihappoon mieluiten niin usein kuin mahdollista.

Sellainen veneakku, jota ei koskaan pureta liian tyhjäksi, jossa ei koskaan ole liian vähän vettä, ja ladataan täyteen vähintään joka toinen viikko, kestää 5–10 vuotta! Akut ovat kalliita, ja on hyvää taloudenpitoa kiinnittää niihin huomiota.

Lataaminen maasähköstä



Kuva 6.1. Kiinteästi kytketyn akkulaturin kaavio. Tässä asennuksessa on automaattinen erotin akkujen välillä.

Jos veneen säilytyslaiturista on mahdollisuus saada normaalia verkkovirtaa (230 V) on onnekas. Akkulaturi hoitaa kunnon latauksen viikon kuluessa ja akut ovat aina täynnä kun liikkeelle lähtö koittaa.

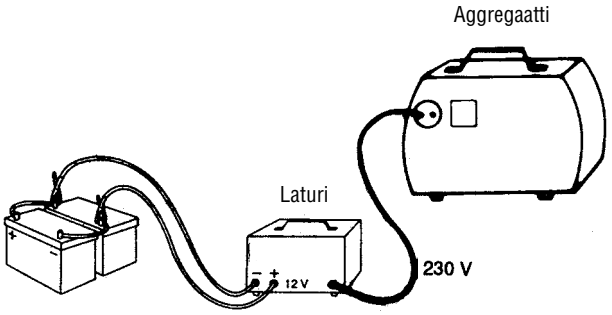
Veneessä käytettävän akkulaturin tulisi olla kiinteästi asennettu ja tyyppiä, joka sopii veneessä oleville akuille. On huomioitava, että kaikkien veneen 230 V kiinteiden sähköasennusten pitää olla tähän oikeutetun urakoitsijan tai asennusoikeudet omaavan henkilön tekemiä.

Halpa kotilaturi voi vahingoittaa isotkin akut jos se saa olla päällä liian kauan. Veneen akkulaturin pitää olla elektronisesti ohjattu. Yksinkertaisimmat tyypit katkaisevat virran, kun latausjännite nousee 14,4 volttiin. Hyvä laturi kytkeytyy päälle uudestaan hetken kuluttua, kun jännite on laskenut. Parhaat pulssilaturit, joilla on pysyvästi pitempi tauko pulssien välillä, pitävät akun oikeassa jännitteessä kaiken aikaa.

Siirrettävä aggregaatti

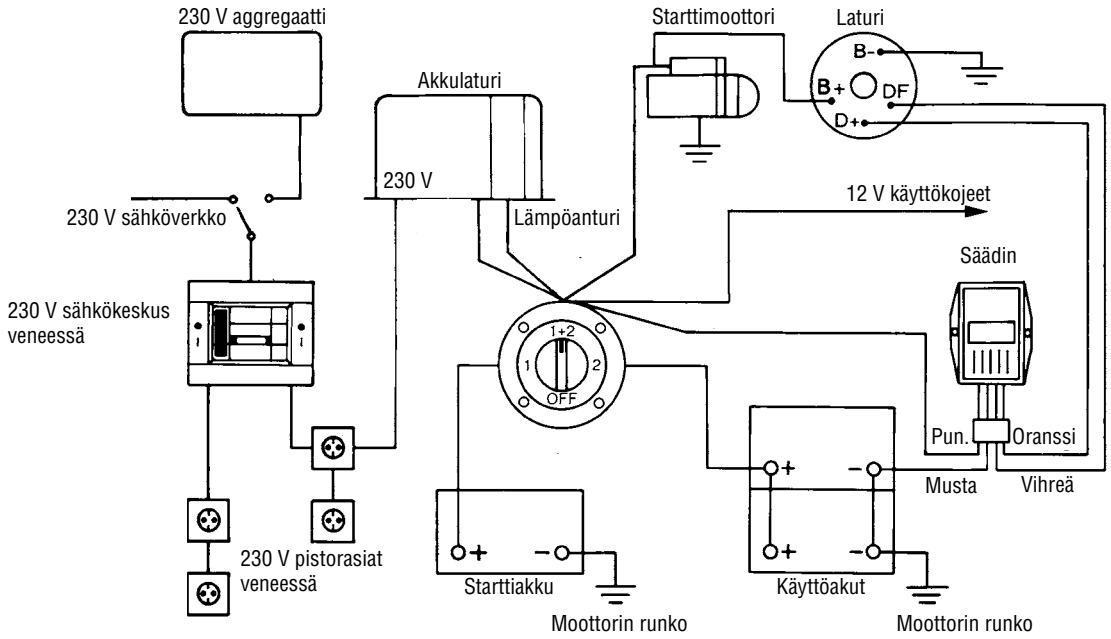
Pienet siirrettävät aggregaatit tuottavat sähköä yleensä 35–1000 W. (Jatkuva tuotto on kerrottava 0,8:lla). Voimalähteenä on useimmiten yksisylinterinen, ilmajäähdytteinen nelitahtimoottori, joka pyörittää 230 V generaattoria. Sellainen aggregaatti voi olla hyvä investointi sähkötyökalujen käyttöön. Aggregaateissa on usein myös 12 V liitäntä, mutta tämä käyttää vain osaa generaattorin käämistä ja pystyy antamaan vain vähän virtaa. On myös huomattava. Että generaattorista saatava 12 V:n jännite riippuu aggregaatin kierrosluvusta. Kannettava aggregaatti onkin vain hätäratkaisu. Ajo moottorilla tuottaa kymmenen kertaa enemmän sähköä ja lataa akut oikealla jännitteellä.

Markkinoilta löytyy myös pelkästään 12 V:n aggregaatteja. Niistä saadaan virtaa jopa 40 A ja ne sopivat erinomaisesti akkujen lataukseen mutta eivät sähkötyökalujen käyttöön. Tavallinen kannettava 230 V:n bensiiniaggregaatti on kunnolla hyödyksi, jos se syöttää sellaista akkulaturia, joka on suunniteltu kestämään niin säröytynyttä vaihtovirtaa kuin tällainen generaattori yleensä antaa. Tällöin voidaan akkuja voidaan ladata 20–70 A oikealla jännitteellä.



Kuva 6.2. Aggregaatin kytkeminen veneen kulutuspiiriin.

Kiinteä aggregaatti



Kuva 6.3. 230 V aggregaatin kytkentäkaavio. Tässä asennuksessa on mekaaninen erotuskytkin akkujen välillä.

Isoissa veneissä on paljon hyötyä kiinteästi asennetusta aggregaatista tai oikeastaan apukoneesta. Se on parhaimmillaan nelisylinterinen, vesijäähdytteinen dieselmoottori, joka pyörittää 230 voltin generaattoria. Tällaisen laitteen teho on 4 kW ja siitä ylöspäin. Tällöin voi tulla ajankohtaiseksi rakentaa veneeseen myös erillinen 230 V:n sähköverkko. Veneessä voidaan nyt käyttää tavallisia kotitalouden sähkölaitteita kuten kahvinkeittiet, mikroaaltouunit, televisiot, tukankuivaajat ja jopa lämpöpuhaltimet. Tällaisten sähkölaitteiden hinnat ovat eri luokkaa kuin 12 voltin laitteilla. Epämukavuutena on, että apukone pitää käynnistää aina kun näitä laitteita käytetään. Isommat aggregaatit on tosin automatisoitu ja ne käynnistyvät tarvittaessa itsestään. Olisihan melko vaivalloista käynnistää apukone käsin vain kahvin keittämiseksi.

Kiinteän aggregaatin asennuksessa tulee huomioida, että se pitää yhdistää polttoainetankkiin, tulo- ja menojäähdytysveteen. Agregaatti tulee sijoittaa hyvin ilmastoituun tilaan. Parasta on, jos aggregaatilla on oma äänieristetty konehuone.

Aggregaatti tulee kytkeä releen tai katkaisijan avulla 12 V:n järjestelmään siten ettei se tyhjennä akkuja kun se ei ole käynnissä.

Veneen 230 V asennus pitää teettää valtuutetulla sähköasentajalla.

Aurinkopaneelit

Aurinkopaneelit antavat melko pientä virtaa. Paneeli, jonka tehoksi on merkitty 60 W, ei anna suorassa auringon paistaessakaan enempää kuin pari ampeeria ja pienikin varjo pudottaa huomattavasti tehoa. Pimeässä se ei tietenkään anna mitään. Aurinkopaneelit eivät siis ratkaise veneen käytön virtaongelmia, mutta niistä on akkujen ylläpidon kannalta merkittävää etua.

Aurinkopaneelien jännite on säädetty suureksi, joten se vähäinen virta mikä tulee, menee viimeisen päälleä akkuihin. Pilvisellä säällä paneelin virta hoitaa akkujen itsepurkauksen. Voidaankin sanoa, että akut, jotka ovat kiinni aurinkopaneelissa, eivät sulfatoidu helposti.

Kun vene sunnuntai-iltana retken päätteeksi kiinnitetään laituriin, aurinkopaneelit huolehtivat viikon aikana akkujen latauksesta seuraavaa viikonvaihdetta varten. Tämä piripintaan lataus on hieno juttu akkujen kannalta.

Aurinkopaneelit maksavat tyypillisesti 300–700 euroa. Se on tietysti melkoinen sijoitus, mutta lisää akkujen elinikää monella vuodella.

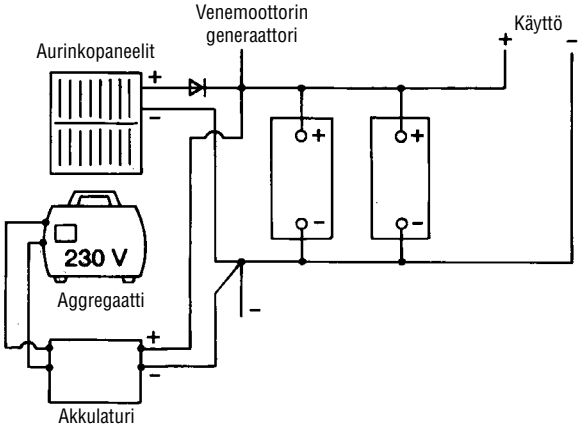
Aurinkopaneelien asennus

Huviveneessä, jossa aurinkopaneelin pitää huolehtia vain huippu- ja ylläpitolatauksesta, tarvitaan yksi keskikokoinen paneeli.

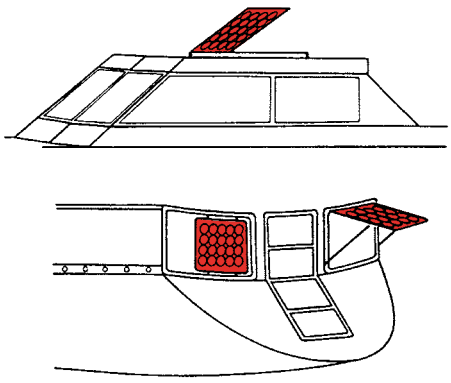
Nyrkkisääntönä voidaan pitää sopivaksi paneelin tehoksi 10 W akkujen jokaista 100 Ah:a kohti.

Aurinkopaneelien antama virta on niin pieni, että säädin on yleensä tarpeeton, mutta akkujen nestepintoja kannattaa pitää kuitenkin silmällä. Ilman säädintä pitää yhteen paneelin ja akun välisistä kaapeleista asentaa diodi siksi, ettei akku tyhjene yöllä. Diodiksi tulisi valita mahdollisimman pieni kynnysjännitteinen tyyppi.

Tärkein näkökohta paneelien asennuksessa on oikea kulma aurinkoon nähden ja mahdollisten varjojen syntyminen.



Kuva 6.4. Aurinkopaneelin ja kannettavan aggregaatin kytkentä laturiin. Kaapelit kytketään suoraan akun napoihin. Jos säädintä ei käytetä, pitää jompaankumpaan kaapeliin kytkeä diodi, joka tosin pudottaa hieman latausjännitettä, mutta estää akun purkautumisen pimeään aikaan.



Kuva 6.5. Purjeveneessä voi paneeli olla ripustettu yläreunastaan ja käännetään oikeaan kulmaan aurinkoon nähden kun vene on laituripaikallaan. Moottoriveneessä kajuutan katto on hyvä paikka paneelille. Ripustuksen avulla paneeli voidaan kääntää aurinkoon päin.

Paneelin teho on suurimmillaan, kun se on kohtisuoraan aurinkoon. Litteä paneeli kannella tai ohjaamon katolla on edullista ripustaa siten, että se voidaan nostaa pystyyn, kun veneestä lähdetään. Hyvä keskiarvo kesällä on suunnata paneli etelää 60 asteen kulmaan ja 80 asteen kulmaan talvella.

Teräviä varjoja tulee välttää. Pahimmassa tapauksessa varjo pimittää koko paneelin eikä paneeli tuota virtaa.

Tuuligeneraattori

Valtameripurjehtijat turvautuvat usein tuuligeneraattoriin. Venekäyttöön sopivat parhaiten nimellisjännitteltään 12 V:n tuulimyllyt, joiden maksimiteho on 30–100 W eli 3–8 A .

Tuulen pitää olla aika voimakas, että tuuligeneraattorista on varsinaista hyötyä. Vasta yli 5 m/s tuulella, saadaan100 Wn nimellistehoisesta generaattorista yli 1 A, ja 35 W generaattorista vain 0,5 A. Kovassa 15 m/s tuulessa saadaan vastaavasti 6 A tai 2 A. Maksimiteho saadaan vasta täydessä myrskyssä.

Tuuligeneraattorin hyvä puoli on, että se lataa niin kauan kun tuulta on, ja periaate pienet purot antavat paljon ampeeriritunteja, kun aikaa kuluu. Ja päinvastoin kuin aurinkopaneeli, tuuligeneraattori lataa myös yöllä.

Tuuligeneraattori pitää asentaa paikkaan, jossa siivet eivät voi vahingoittaa ketään.

Tuuligeneraattori tulee kytkeä akkuihin aina säätimen kanssa.

Laahus- ja potkurigeneraattori

Laahusgeneraattori on ainoastaan pitkiä purjehduksia tekevän purjehtijan apuväline. Veneen perässä vedetään köyteen kiinnitettyä potkuria. Veden virtaus saa sen pyörimään ja siirtämään energiaa pyörivän hinausköyden välityksellä veneen perään kiinnitettyyn generaattoriin. Laahausgeneraattorista saadaan harvoin enempää kuin 1–2 A ja silloinkin pitää veneen kulkea vähintään 6 solmua.

Hyvä puoli on, että sähköä syntyy niin kauan kun vene liikkuu. Huono puoli on että se hidastaa veneen kulkua.

Yksi vaihto ehto on asentaa potkuriakseliin kiilahihna ja antaa tämän pyörittää pientä generaattoria. Purjehtiessa pyörivä potkurin antaa pari ampeeria riippumatta sen suuruudesta. Kaikkien moottorien vaihdelaatikot eivät kuitenkaan siedä sitä, että potkuri pyörii kaiken aikaa. Myös tämnä ratkaisu hidasraa veneen kulkua.

7. MAASÄHKÖ

Aikaisemmissa luvuissa on käsitelty verkkojännitteen (230 V) käyttöä akkujen lataukseen, sekä aggregaateilla tuotetun 230 V:n sähkön käyttöä veneessä.

On tullut kuitenkin yhä yleisemmäksi ottaa veneeseen samanlaista sähköä kuin mihin on tottuttu kotona. Yhä useammin näkee veneilijöitä, jotka ensimmäiseksi rantauduttuaan menevät maihin liitäntäjohdon kanssa ennen kuin vene on edes kunnolla kiinnitetty. Heidän veneessään on oma 230 V:n laitteisto tai he kytkevät veneessään olevan sähköpuhaltimen kuivaamaan veneen sisätilat. Tällaiset veneilijät etsiytyvät mielellään sellaisiin vierassatamiin, joiden laitureilla on sähköä saatavissa.

Kuva 7.1. Laiturilla oleva liitäntäkotelo, johon voidaan liittää 6 venettä.

Sähköisku

Sähköiskun saa, jos koskettaa maasähkökaapelin vaihejohdinta ja jos samalla sähkö pääsee tavalla tai toisella myös nollajohtimeen tai maadoitusjohtimeen. Iskun vaarallisuus riippuu juuri siitä, miten hyvässä yhteydessä on eri johtimiin ja millainen on ihon kosteus. Jos henkilö on avojaloin märässä veneessä tai samalla koskettaa jotain maahan tai veteen yhteydessä olevaa metallirakennetta, hän on aidossa hengenvaarassa. Jos sen sijaan jaloissa on kunnon kumisaappaat, ei ehkä tunne mitään tai tuntee vain pienen nipistyksen. Hengenvaarassa on myös, jos koskettaa yhdellä kädellä vaihejohdinta ja samanaikaisesti jollain toisella kehonosalla kaapelin muita johtimia. Sähköiskuja on siis monenlaisia ja niitä vastaan voi suojautua esim juuri kumijalkineilla. Kuitenkaan ei pidä tarkoituksellisesti mennä koskettamaan jännitteistä johdinta ja luottaa kumisaappaisiin.

Oikosulkusuojaus ja vikavirtasuojaus

Suomessa käytössä olevassa TN-S-järjestelmässä yksivaiheisen sähkönsyötön toinen johdin on syöttävän pään puolella yhdistetty maahan. Tätä johdinta kutsutaan nollajohtimeksi ja toista jännitteistä johdinta vaihejohtimeksi. Järjestelmään kuuluu lisäksi keltavihreä suojajohdin (aikaisemmin käytettiin myös yhdistettyä nolla- ja suojajohdinta, ja näitä asennuksia on edelleen runsaasti käytössä).

Jos vaihejohdin ja nollajohdin joutuvat kosketuksiin toistensa kanssa, syntyy oikosulku. Tätä varten johdot ja muu asennus on suojattu sulakkeilla tai johdonsuojakytkimillä. Tavallinen sulakekoko on venelaitureilla on 16 A. Jos sulakkeen tai johdonsujakytkimen läpi kulkee jonkin aikaa vaikkapa 25 ampeerin virta, sulake palaa tai johdonsuojakytkin laukeaa.

Oikosulku- ja ylivirtasuojat ovat huonoja suojia henkilöturvallisuuden kannalta, sillä sähköisku on vaarallinen jo varsin pienillä virroilla. Tärkeää on myös katkaista virta nopeasti. Tähän suojaukseen käytetään vikavirtasuojaa, joka vertaa vaihe- ja nollajohtimen virtoja toisiinsa. Jos virrat eivät ole yhtä suuret, jossain on vuoto maahan, mahdollisesti jonkin henkilön kautta. Jos suoja havaitsee virroissa eroa esimerkiksi yli 30 mA (= 30 tuhannesosa-ampeeria), suoja toimii ja virta katkeaa.

Koskaan ei saa täysin luota sulakkeisiin ja johdosuojakytkimiin. Sähkölaitteiston kunnosta on huolehdittava tarkastuksin. Vene tai maasahkön liitäntäjohto on varustettava aina vikavirtasuojalla.

Selvä vastuu

Veneen sähkölaitteisto on veneenomistajan vastuulla. Sähkö satamissa ja laitureilla on marinan- tai satamanomistajan vastuulla.

Pyöreät pistokkeet ovat paremmin koteloituja. Ne pysyvät sitä paitsi hyvin paikoillaan. Putoaminen vahingossa ja ulkopuolisten suorittama irrottaminen on estetty.

Vika sekä maalaitteistossa että muissa veneissä aiheuttaa korroosiovaaran omassa veneessä.

Kuva 7.2a Vasemmalla maadoitettu shuko-pistoke. Kahdessa muussa ei ole suojajohdinta, vaikka ne sopivatkin maadoitettuihin pistorasioihin. Viimemainitut on tarkoitettu ns. kaksoiseristetyille laitteille, joissa ei ole kosketeltavia metalliosia tai jännitteisten osien ja metalliosien välillä on vahvat eristeet.

Kuva 7.2b Satamalaitteistoissa tulisi olla CEE:n mukaiset pyöreät pistorasiat ja pistotulpat kaikissa liitännöissä. Ne ovat selvästi kestävämpiä, kotelointi on parempi ja pistotulpat pysyvät sitä paitsi paremmin paikoillaan.

Verkkojännitteisiä 230 V laitteita, kuten mikroaaltouunia, kahvinkeitintä, televisiota, tukankuivaajaa jne voidaan käyttää akuilla invertterin avulla, mutta näiden ottamat tehot ovat niin suuria, että useimmille akkuun perustuville asennuksille syntyy liian suuri kuorma.

Siksi on parempi asentaa veneeseen maasähkö, mutta se vaatii oman kiinteän sähkölaitteistonsa 12 V laitteiston lisäksi. 230 V laitteiston saa Suomessa asentaa vain yleissähkötöihin oikeutettu vähintään D-ryhmän urakoitsija tai henkilö (Sähkötarkastuskeskuksen julkaisu D2-92).

Kuva 7.3. On sallittua tehdä siirtymäjohto tai adapteri pyöreän pistotulpan ja shukon välille. Kuvassa mahdollisia ratkaisuja. Johdon pitää olla niin lyhyt, ettei johdon päässä oleva pistotulppa ylety veteen tai maahan.

Veneessä voidaan kuitenkin käyttää irrallista 230 V laitteistoa (jota ei saa asentaa kiinteästi). Käytännössä se tarkoittaa siirrettäviä johtoja. Samalla pitää näihin johtoihin liitettävien laitteiden olla tarkoitettu liitettäväksi siirrettävällä johdolla.

Kaikissa sähkölaitteissa, jotka eivät ole kaksoiseristettyjä, pitää olla maadoitettu pistotulppa. Järjestelmässä on oltava suojajohdin.

Vikavirtasuojat

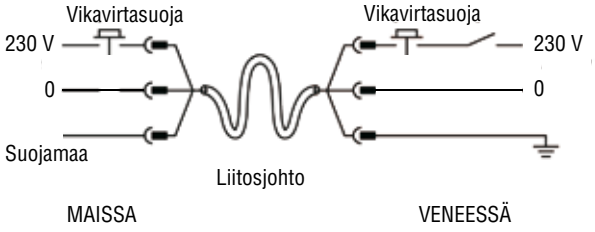
Vikavirtasuoja tulisi asentaa myös veneeseen. Suojia tulee tuplasti, sillä suomalaisten sähköturvallisuusmääräysten mukaan pitää vikavirtasuoja olla kaikissa maalla olevissa virranjakopisteissä. Ei kuitenkaan kannata luottaa siihen, että asia todella on näin.

230 V aggregaatilla/generaattorilla tai 230 V invertterillä pitää myös olla omat vikavirtasuojansa ensimmäisenä osana ennen niiden kytkemistä veneen sähkökeskukseen/sähkölaitteisiin.

Mahdollinen vikavirtasuoja pitää asentaa ensimmäiseksi virranottokohdan jälkeen – ennen kaikkia muita laitteita kuten sähkökeskusta, pääkatkaisijaa, sulakkeita, automaattikytkimiä jne.

Herkkä ja supernopea

Vikavirtasuoja vahtii virran kulkua kahdessa 230 V johtimessa. Jos se huomaa, että yhdessä johtimessa kulkee enemmän virtaa kuin toisessa, se käsittää asian virran vuotamiseksi maahan jossain paikassa ja katkaisee jännitteen. Vuotovita voi johtua ihmisestä, joka koskettaa virrallista johdinta eristysviallises-



Kuva 7.4. Vikavirtasuojan käyttö veneessä.

sa laitteessa ja samalla jotain muuta maadoitettua osaa.

Jos erotus on suurempi kuin 30 mA (30 tuhannesosa-ampeeria), katkeaa virta heti.

Vikavirtasuoja ei toimiakseen tarvitse mitään kuormaa (sähkönkäyttöä), jonka vuoksi se on huomattava turvallisuuden lisääjä.

Vikavirtasuoja huolehtii siitä ettei veneessä ole vuotovirtoja.

Jos sähköt katoavat yhtäkkiä, kyseessä on usein vikavirtasuoja, joka on tehnyt tehtävänsä. Laitteistoa tarkastettaessa huomataan, että vipu joka kytkee tai katkaisee virtapiirin, on napsahtanyt 0-asentoon. Tavallisin syy on että maasähköjohdon pistotulppa on joutunut veteen.

Silloin ei auta pelkästään se, että suljetaan vikavirtasuojakytkin uudestaan. Suolavesi on pistotulpassa edelleen ja aiheuttaa oikosulun. Pistotulppa pitää huuhtoa makealla vedellä, kuivata ja mieluimmin suihkuttaa myös sisäpuolelta kosteutta poistavalla spraylla.

Veteen pudonnut sähkötyökalu voidaan periaatteessa pelastaa samalla tavalla, mutta sen kunnollinen kuivuminen kestää kauan makeavesihuuhtelun jälkeen.

Tästä huolimatta: kun vikavirtasuoja (tai sulake omista syistään) katkaisee virran, on siihen aina syy. Ja syy on vika jossain paikassa, tavallisesti oikosulku tai ylikuorma sulakkeen suoja-alueella.

Syy tulee ensin etsiä ja korjata vika ennen jännitteen uudelleen kytkemistä.

Liitäntäjohto

On tärkeää kytkeä sähkö oikeassa järjestyksessä:

1. Kun vene kytketään maasähköön, tehdään kaikki muut kytkennät ennen kuin pistotulppa kytketään maissa olevaan sähkölähteeseen.

2. Kun liitäntäjohto irrotetaan, pitää sen ensiksi tapahtua sähkölähteestä.

Lisäksi pitää huomata seuraavaa:

- Useita liitäntäjohtoja ei saa kytkeä toisiinsa.
- Samassa johdossa ei saa olla useita veneitä.
- Liitäntäjohtona tulee käyttää vain veden- ja öljynkestävää kaapelia. Se on mustaa ja siinä keltainen raita ja merkintä VSN tai VSB.

Kaapelikelat

On käytännöllistä, että liitäntäjohdolla on kaapelikela, mutta myös sen pitää olla ulkokäyttöön tarkoitettu.

Ja tärkeä neuvo: Kun kaapeli on kelalla, sen läpi ei voi siirtää suuria virtoja, sillä virran aikaansaama magneettikenttä saa sen niin kuumaksi, että eristys sulaa tai kaapeli saattaa syttyy palamaan.

Tavallisen sähkötyökalun käyttäminen lyhyen aikaa ei ole ongelma, mutta esimerkiksi lämmitin tai uuni voi olla liian suuri kuorma kelalla olevalle kaapelille.

Koko kaapeli tulee ottaa pois kelalta, kun käytetään paljon sähköä pitkän aikaa.

Tee-se-itse

Vika 230 V asennuksissa voi aiheuttaa henkilövahingon vaaran, mutta myös tulipalon. Siksi on kehitetty laaja säännöstö joka kertoo kuka saa tehdä mitä, sekä miten työ pitää tehdä. Kaikki kiinteät asennukset ovat sähköurakoitsijan työtä.

Vaikka veneessä on ollut ammattitaitoinen sähköasentaja, on pidettävä huoli siitä, että saa myös selostuksen siitä, että työ on tehty määräysten mukaisesti.

Veneilijä ei voi yleisesti ottaen puuhastella itse kun on kyseessä verkkojännite (230 V), mutta yksi poikkeus löytyy: Jos kaikki tarvittavat varusteet voidaan kytkeä toisiinsa valmiiksi asennetuilla pistokkeilla tms, siis käyttämättä työkaluja, voi veneilijä tehdä työn itse. Sekin vaatii kuitenkin tiettyä taitoa. Varusteiden on sitä paitsi oltava CE-merkittyjä ja käyttöohjeiden pitää olla mukana.

Muutama yritys on kehittänyt täydelliset järjestelmät komponentteineen ja kaapeleineen. Ne perustuvat erikoispistokkeisiin, jotka eivät tarvitse työkaluja. Tämä tekee oman asennuksen sekä mahdolliseksi että lailliseksi.

On tärkeää varmistua siitä, että veneen sähkövarusteet on tarkoitettu meriympäristöön.

On monia esimerkkejä tulipaloista tai melkein-tulipaloista varusteissa, jotka eivät siedä kosteutta tai jotka irtoavat veneen hakatessa aallokossa.

SFS 6000-7-709 Venesatamat

Suomalainen 5-sivuinen standardi asettaa venesatamien sähköasennuksille seuraavia vaatimuksia:

Venesatamien sähköistyksessä saa käyttää aino-

astaan TN-S-järjestelmää (= erillinen suojajohdin ja nollajohdin koko järjestelmässä).

Huviveneen potentiaalintasausta (maadoitusta) ei saa liittää maasyötön suojajohtimeen, ja erotusmuuntajan kuhunkin toisiokäämiin saa liittää vain yhden veneen.

Seuraavat osat on yhdistettävä potentiaalintasausjohtimeen, joka puolestaan yhdistetään erotusmuuntajan toision liittimeen:

1. veneen veteen yhteydessä olevat metalliosat, jotka pitää yhdistää useammasta pisteestä, jos rakenne ei saa aikaan jatkuvuutta (vaatimus ei koske metalliosia, jotka on asennettu eristemateriaalin päälle tai eristetty muista metalliosista)
2. pistorasioiden suojakoskettimet
3. laitteiden jännitteelle alttiit osat (= laitteiden metallirungot ja -kuoret, ellei laite ole kaksoiseristetty).

Sähkölaitteiden valinnassa ja asentamisessa on erityistä huomiota on kiinnitettävä korroosioon, rakenteiden liikkeisiin, mekaaniseen vahingoittumiseen, palavien nesteiden ja höyryjen esiintymiseen ja sähköiskun lisääntyneeseen vaaraan.

SFS EN-60529 mukaan laituriin tai sen yläpuolelle asennetuilla sähkölaitteilla on oltava seuraavanlaiset kotelointiluokat:

1. kun esiintyy roiskeita	IPX4
2. kun esiintyy vesisuihkuja	IPX5
3. kun esiintyy aaltoja	IPX6

Venesatamien kaapelit on valittava siten, että estetään kelluvien rakenteiden aiheuttamista liikkeistä johtuvat mekaaniset rasitukset. Jos putkiasennuksessa asennusputkeen voi kertyä vettä, on putkessa oltava sopiva vedenpoistoreikä tai vastaava.

Seuraavantyyppisiä johtoja ei saa käyttää:

1. Ilmakaapeleita, joissa on kannatinvaijeri tai jotka on ripustettu vaijerista.
2. Eristettyjä erillisiä johtimia asennusputkissa.
3. Alumiinijohtimisia kaapeleita.

Pistorasioiden on oltava mahdollisimman lähellä niitä venepaikkoja, joita ne syöttävät. Veneitä syöttävät pistorasiat on asennettava jakokeskukseen tai erilliseen koteloon. Ulos asennettavien sähkölaitteiden kotelointiluokan on oltava vähintään IP44. (Jos esiintyy suihkuavaa vettä tai aaltoja, kotelointiluokan pitää olla vähintään IPX5 tai IPX6.)

Jokaista venepaikkaa kohti on oltava vähintään yksi pistorasia. Pistorasiat on sijoitettava siten, että vältytään pitkien jatkojohtojen aiheuttamilta vaaroilta. Veneiden syöttämiseen käytettyjen pistorasioiden on oltava standardien SFS-EN 60309-1 ja SFS-EN 60309-2 mukaisia teollisuuskäyttöön tarkoitettuja voimapistorasioita ja niillä on oltava suojausmenetelmästä riippumatta mm. seuraavat ominaisuudet:

1. Yksivaiheiset pistorasiat: 16 A, napaluku 2 + suojajohdin.
2. Lisäksi voidaan käyttää seuraavia pistorasioita: Yksivaiheiset pistorasiat: 32 A, napaluku 2 + suojajohdin, kolmivaiheiset pistorasiat: 32 A tai 63 A, napaluku 4 + suojajohdin.
3. Tarvittaessa voidaan käyttää mitoitusvirraltaan muita standardin SFS-EN 60309-2 mukaisia pistorasioita.

Jokainen pistorasia on suojattava erikseen vikavirtasuojalla, jonka mitoitusvirta on enintään 30 mA. Jokainen pistorasia on suojattava erikseen ylivirtasuojalla. Järjestelmästä riippuen saatetaan tarvita suojaus jokaisessa navassa.

8. VIANETSINTÄ

Laite ei toimi

Veneen sähkölaitteissa voi esiintyä erilaisia vikoja alkaen lampusta, joka ei pala, aina starttimoottoriin, joka ei pyöri. Niin kauan kun on kyseessä ”toimii/ei toimi”-tilanne, asia on melko yksinkertainen. Silloin on yleensä katkos virtapiirissä. Tärkeintä, mitä silloin on tehtävä, on looginen ajattelu.

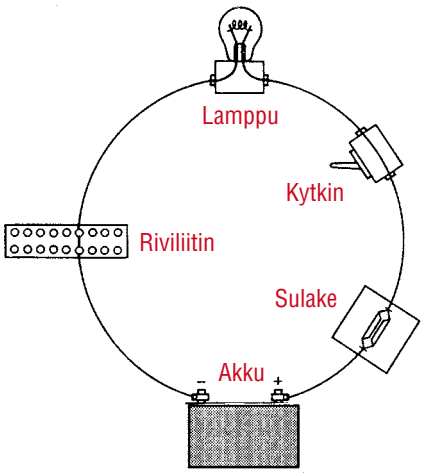
Kun laitteet toimivat katkonaisesti tai toimivat muuten huonosti, asia mutkistuu. Tyypillinen esimerkki on lämmityslaite, joka ei toimi jatkuvasti. Silloin on kyseessä useimmiten liian matala jännite tai katkeileva kohta virtapiirissä.

Kun jokin laite lakkaa toimimasta, pitää ensin tarkistaa, tuleeko siihen jännite ennen sen lähettämistä korjattavaksi. Jännitteen puuttuminen voi usein olla ainoa vika.

Ensimmäinen tehtävä on katsoa onko pääkytkin kiinni-asennossa. Seuraavaksi tarkistetaan akku. Jos napajännite on 12,7 V, akku on täynnä. Jos jännite on alle 11,4 V, täytyy jotain tehdä.

Suljettu virtapiiri

Vertauskuvallisesti voi ajatella juoksurataa – rengasta joka sulkeutuu akun napojen välillä ja akun sisällä. Jos ehjä hehkulamppu ei pala, rengas on katkennut jostain kohdasta. Jos katsotaan tavallista lamppuasennusta, rengas kulkee yhdestä akun navasta akun läpi toiseen napaan napakengän, johtimen, pääkytkimen, uuden johdon, sulakkeen, kytkimen, uuden



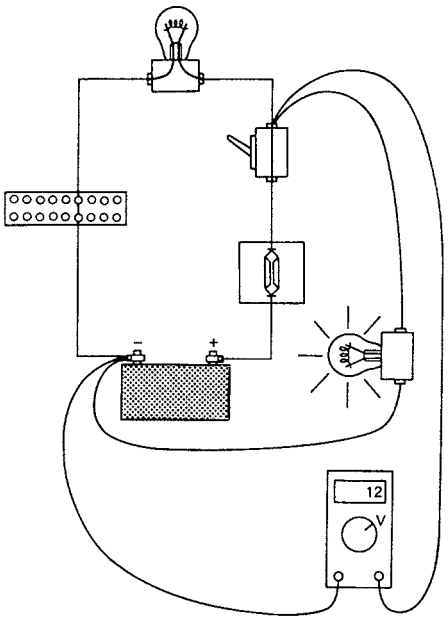
Kuva 8.1. Sähkö kulkee ympyrää akun napojen välillä.

johdon, lampunpitimen, lampun ja uuden takaisin akun napaan tulevan johdon (mahdollisesti kiskon) kautta.

Sähkön pitää kulkea koko ympyrä eli piiri. Kun etenee askel askeleelta, löytää lopulta kohdan, jossa piiri on juuri nyt poikki.

Katkospaikan etsimiseen tarvitaan jonkin apuväline:

1. Volttimittari mittaa, onko jännitettä ja paljonko sitä on.



Kuva 8.2. Vianetsintä volttimittarilla ja koestuslampulla. Kuvassa sulake ja kytkin ovat kunnossa. Kytkimen toimintaa voi myös kokeilla kääntämällä sitä päälle ja pois. Miinuksen voi ottaa mistä vain mutta varminta on ottaa se akun navasta.

2. Ohmimittari mittaa piirin resistanssia (vastusta). Ohmimittarilla selvitetään, onko piiri kunnossa vai poikki.

3. Koestuslamppu voi korvata molemmat, mutta ei aina.

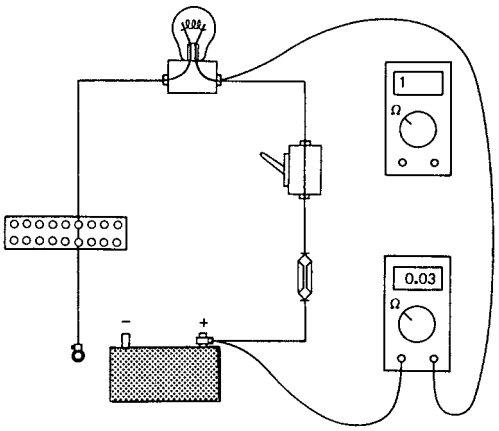
Digitaalisen yleismittarin saa nykyään muutamalla kympillä. Siitä on enemmän iloa joka kerta kun tutustuu sen käyttöön.

Vianetsintä jännitteen avulla

Koestuslampulla tai volttimittarilla näkee, onko joka paikassa jännite. Kannattaa mitata ensin, onko kulutuslaitteen liitäntäkohtien välillä jännite. Jos siinä on jännite, on lamppu palanut tai laite on vikaantunut.

Jos kulutuslaitteen navoissa ei ole jännitettä, tulee mennä askel kerrallaan taaksepäin. Ensin tarkistetaan pluspuoli, koska siellä on paljon mahdollisia vikapaikkoja. Edetään näin takaisin akun napaan asti tai siihen asti kun jännite löytyy. Kun volttimittari heilahtaa tai koestuslamppu palaa, jännitettä on siihen asti, mutta ei pitemmälle ja vikakohta on löytynyt.

Jos akun plussan ja kulutuslaitteen miinuksen välillä ei ole jännitettä, on vika piirin miinuspuolella. Nyt edetään volttimittarilla tai koestuslampulla miinuspuolta pitkin kunnes jännitte löytyy.

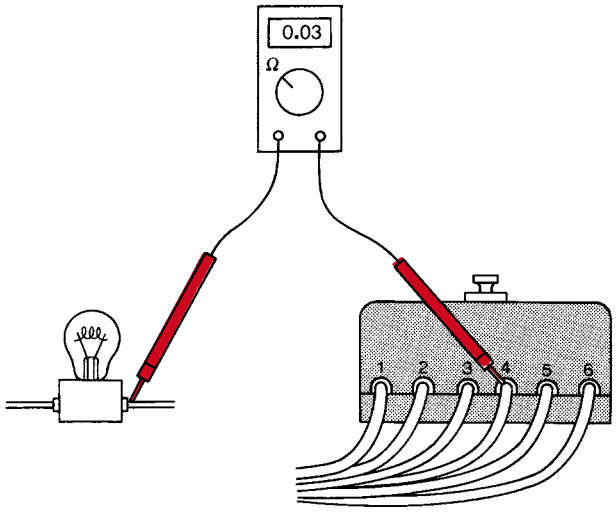


Kuva 8.3. Ohmimittari osoittaa, että piiri on kunnossa lampulle asti. Jos kytkin avataan, piiri katkeaa. Mittari näyttää silloin "ääretöntä" tai "1".

Vianetsintä ilman jännitettä

Piiri kytketään ensin virrattomaksi akulta käsin. Yhden navan irrotus on yleensä riittävä.

Kun yleismittaria käytetään ohmimittarina (vastusmittarina), voidaan havaita, onko piirissä "tie auki" vai onko siellä katkos. Käytännössä katkenneessa piirissä on "ääretön" vastus ja vain joitain kymmenesosa ohmeja piirissä, joka on ehjä.



Kuva 8.4. Ohmimittaria käytettäessä piirin tulee aina olla jännitteetön. Tässä oikea johto on sulakkeessa n:o 4.

Voi olla vaikeaa päästä käsiksi kaikkiin kytkentäkohtiin tai löytää oikea johto merkitsemättömistä kytkinrimoista tai sulakepesistä. Ohmimittari auttaa kun etsitään paikkaa, jossa on sellainen katkos tai ´”ahtautuma”, että virta ei pääse kulkemaan.

Sarjamittaus mittarilla tai koestuslampulla

Jos esimerkiksi kulkuvalo on pimeänä, piirissä on katkos (lamppu on yksi osa piiriä). Jos lämmityslaite ei käynnisty, tai jos ankkurivinssi toimii hitaasti, se voi merkitä alentunutta jännitettä. Nämä voi todeta mittaamalla jännite-eron plussan ja miinuksen väliltä akun navoista sekä plussan ja miinuksen väliltä kulutuslaitteessa. Puolen voltin tienoilla oleva jännite-ero suuren kulutuslaitteen osalta tarkoittaa että asiat ovat kunnossa. Jos ero on suurempi, häviää matkalla liian paljon jännitettä (Ehkä laitteisto on kunnossa, mutta kaapelit ovat liian ohuita?)

Volttimittaria voi käyttää eräänlaisessa sarjakytkennässä eli akun yhden navan ja saman kulutuslaitteessa olevan navan välillä. Tämä on kätevä tapa mitata ja paikallistaa piirin katkos tai huono liitos.

Kun mitataan jännitettä sarjakytkennässä – siis ”piirin pituussuunnassa”:

- Piiri on kunnossa, kun mittari näyttää nollaa.
- Piirissä on katkos, kun mittari näyttää täyttä jännitettä (melkein sama kuin akun jännite).

Mittaa molemmilta puolilta, siis pitkin plus-sivua ja miinus-sivua.

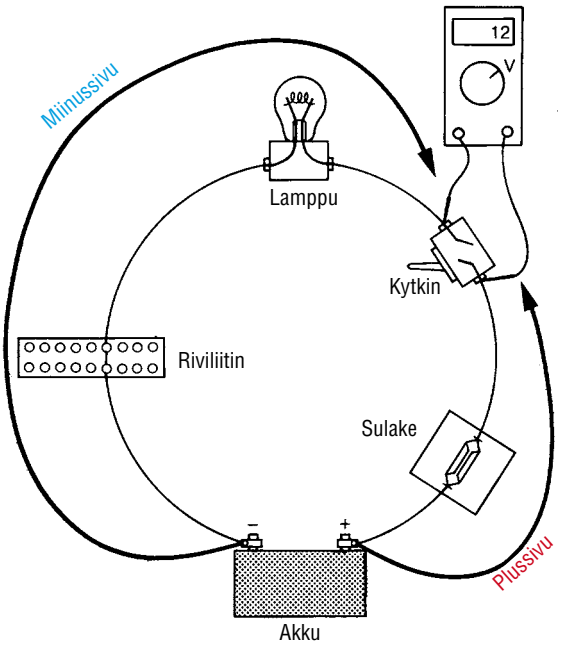
Sarjamittauksen käyttö katkoksen paikallistamiseen:

- Toinen volttimittarin johdoista kytketään akun plusnapaan.
- Toisella volttimittarin johdolla mitataan kulutuslaitetta samalta puolelta.
- Jos mittari näyttää jännitettä esim akun plusnavan ja kulutuslaitteen pluspuolen väliltä, on katkos piirin pluspuolella jossain näiden kahden mittauskohdan välillä. (Vastaava mittaus voidaan tehdä myös miinuspuolella.)
- Toinen volttimittarin johto pidetään akun navassa. Toisella johdolla edetään askel askeleelta akkua kohti viallisessa piirin puolikkaassa. Kun volttimittari herää, ts kun se näyttää lähes täyttä jännitettä, ollaan tultu kohtaan josta eteenpäin piiri on kunnossa: Mentiin johtoa pitkin vikapaikan ohi.

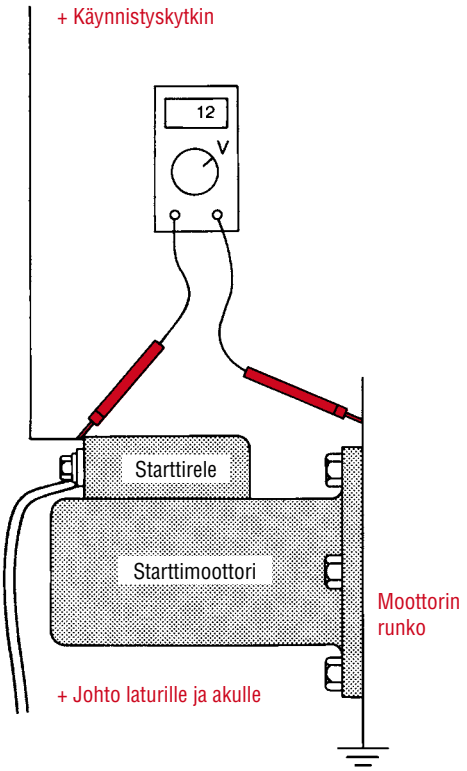
Tätä menetelmää voidaan käyttää myös koestuslampulla, jota on helpompi ”lukea” ja siksi kätevämpi käyttää.

Jännitettä alentava kohta voidaan paikallistaa samalla tavoin: Niin kauan kun sarjamittauksessa jännite on nolla, on kaikki kunnossa. Kun volttimittari alkaa osoittaa jotain, ollaan menty johtoa pitkin jännitettä alentavan kohdan ohi.

Pienen harjoittelun jälkeen voi koestuslampulla nähdä myös suuremmat jännitteenalennuskohdat. Jos lamppua käytetään sarjamittaukseen, se alkaa hehkua ja vastaavasti palaa kirkkaammin mitä suurempi jännitteen alenema on. Katkoksessa lamppu palaa täydellä voimallaan.



Kuva 8.5. Katkoksessa virta tulee katkoskohtaan piirin molemmilta puolilta. Siinä kohdassa volttimittari näyttää jännitettä tai koestuslamppu palaa kirkkaasti.



Kuva 8.6. Käynnistyskytkin antaa virtaa releelle, joka sallii starttimoottorin saada plussan suoraan akusta (generaattorin navan B+ kautta).

Starttimoottori

Starttimoottori on aivan liian suuri kuluttaja jotta sitä voitaisiin syöttää virta-avaimen tai käynnistyskytkimen kautta. Moottorissa on siksi kaksi piiriä, käyttöpiiri ja ohjauspiiri. Kun käännetään virtaavaimesta tai painetaan käynnistysnappulaa, käynnistysrele sulkeutuu ja yhdistää plussan suoraan akusta starttimoottoriin ja antaa sille käyttövirran.

Jos starttimoottori ei käynnisty avainta käännettäessä, ja releen naksahdus kuuluu, ohjauspiiri on kunnossa. Volttimittarin voi myös kytkeä plusjohdon käynnistysreleen ohueen pluskaapeliin ja toisen johdon moottorin runkoon ja katsoa, näyttääkö mittari jännitettä kun avainta kierretään.

Mikäli pääkytkin on kiinni, pitää releessä olevan paksun pluskaapelin ja moottorin rungon välillä aina olla jännite. Käynnistysreleen tehtävä on kytkeä tästä syntyvä käyttövirta itse starttimoottoriin.

9. LIITOKSISTA

Kun veneen sähkölaitteisiin aletaan tehdä parantelua tai laajennuksia, on liittäminen – kytkentä – tärkeintä. Niin pienellä jännitteellä kuin veneessä on, ovat virrat vastaavasti suuria. Silloin pitää johtimien ja liittimien poikkipintojen olla suuria joka kohdassa.

Liitokset voivat olla suurin vikojen aiheuttaja veneen sähkölaitteistossa.

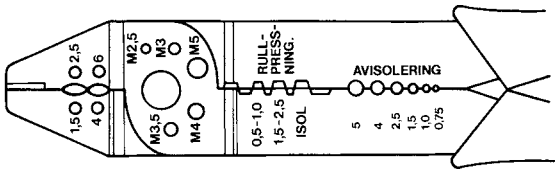
Joissakin elektronisten laitteiden käyttöohjeissa voidaan esittää johtoja liitettäväksi kietomalla päät yhteen ja eristämällä ne sitten teipillä. Tämä on hätätilassa mahdollista, jos kyseessä on vain muutama milliampeeri (tuhannesosa ampeeri) ja ohuet johdot.

Tärkeintä on säilyttää poikkipinta suurena koko matkan kulutuslaitteelle asti.

Juotokset

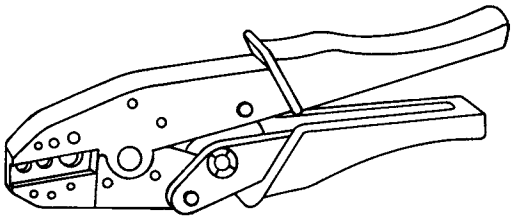
Muutama vuosi sitten olivat juotosliitokset ainoat autuaaksitekevät. Jopa johtojen päät tinattiin kun ne kytkettiin yhteen jonkin muun materiaalin kanssa. Nykyisin on huomattu, että tämä ei sovi merelle. Juotostina sisältää juotostahnaa (happoa), jolloin kosteassa ja suolaisessa ympäristössä syntyy kupariin korroosiota siellä missä tina loppuu. Lisäksi kuparista tulee tinauskohdassa täysin jäykkää, ja tuloksena on jyrkkä siirtymä pehmeään, tinaamattomaan kupariin. Kuparilla on sellainen ominaisuus, että se kovettuu kun sitä liikutetaan ja syntyy varma vikapaikka siihen missä tina loppuu.

Puristus/kutistusliitos



Kuva 9.1. Yksinkertaiset puristusliitospihdit.

Ilman juotoksia tehdyt liitokset ovat parhaita. Sähkö- ja autotarvikeliikkeissä on tarjolla erilaisia puristusliitoksiin soveltuvia kaaapelikenkiä ja jatkoshylsyjä. Saatavilla on myös valmmiita sarjoja , jotka sisältävät tavallisia liittimiä, haaroitusliittimiä, haarukkaliittimiä, pyöreitä liittimiä, rengaskaapelikenkiä ja jatkoshylsyjä sekä yksinkertaiset kaapelikenkäpihdit. Tällainen setti ei maksa juuri mitään ja sellainen pitäisi löytyä jokaisesta veneestä.



Kuva 9.2. Kalliimmilla erikoispihdeillä syntyy aina samanlainen puristusliitos.

Useimmat veneilijät katsovatkin selviävänsä tällä. Silloin pitää kuitenkin huomata, että yksinkertaisetkin pihdit tekevät hyviä, mutta eivät täydellisiä liitoksia. Puristusvoimalle ei ole kontrollia ja liitospinta kaapelikengän sisällä on pieni. Jos halutaan saada aikaan täydellisen puristusliitos, pitää käyttää tätävarten valmistettuja hieman kalliimpia erikoispihtejä. Tällaisilla pihdeillä syntyy ohjattu muodonmuutos 75%:iin eivätkä pihdit aukea ennen kuin paine on oikea. Pihdit maksavat parikymmentä euroa (Biltema) ja sellaiset pitäisi oikeastaan hankkia jos veneessä tehdään vähänkin suurempia sähkötöitä.

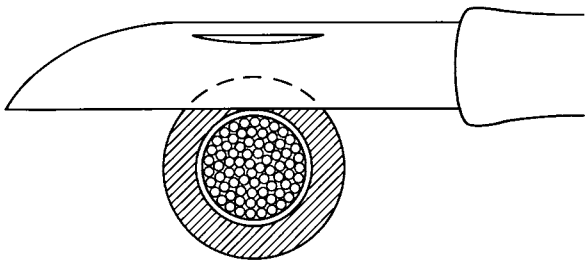
Kaapelikengät

Puristettavalla kaapelikengällä on monia etuja. Niillä on värikoodi poikkipinnan mukaan.

1,5 mm^2 on punainen, 2,5 mm^2 sininen ja 6 mm^2 on keltainen. On siis helppoa valita oikea.

Suuresta valikoimasta seuraa, että on helppoa löytää se nippeli jota tarvitaan. Sitä paitsi on helppoa tehdä liitokselle korroosiosuojaus.

Oikea eristeen poisto



Kuva 9.3. Eristettä poistettaessa on varottava kaapelin säikeiden vahingoittumista.

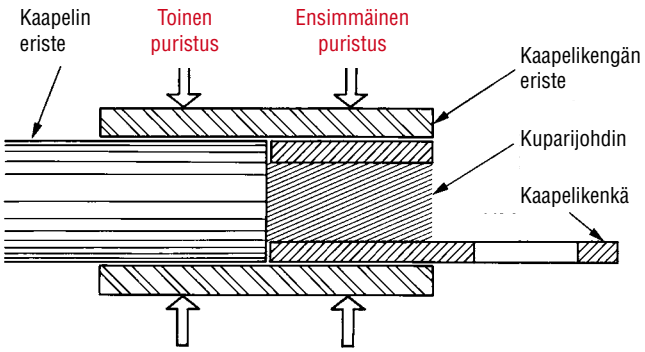
Tehdäänpä millainen liitos tahansa, liitoskohdasta pitää poistaa eristys. Eriste on sinänsä tiukassa ja voi olla vaikeaa saada sitä pois. Tärkeää on tehdä se oikein.

1. Ensin mitataan, miten pitkältä eriste pitää poistaa, mutta mielellään muutama millimetri liian paljon.

2. Seuraavaksi tehdään viilto varovasti veitsellä eristeen ympäri ja otetaan eristepala pois pihtien leikkuriosalla. Huom: Viillosta tulee helposti liian syvä. Tällöin johdin voi vahingoittua tai kuparilankoja leikkautua poikki, jolloin tuloksena on alentunut poikkipinta. Ei siis kannata leikata aivan kupariin asti, vaan antaa pihtien hoitaa loput. Mittaa paljastetun johtimen oikea pituus ja leikkaa ylimääräinen osa pois. Kun pituus on oikea, ei liitoksesta saa näkyä paljasta kuparia.

On jonkin verran taitoa vaativaa poistaa eristettä vahingoittamatta johtoa. Työ sujuu parhaiten erikoispihdeillä, jotka eivät maksa kymmentäkään euroa ja jotka tekevät työn yksinkertaiseksi ja ennen kaikkea oikein suoritetuksi.

Oikea puristusliitos



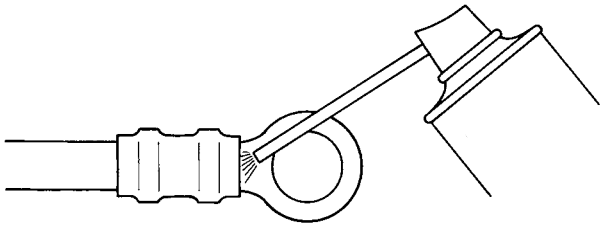
Kuva 9.4.

Kaapelikengän kytkentähylsyn päällä oleva eristys työntyy muutaman millimetrin kytkentähylsyn ulkopuolelle takareunalla. Tämä tulee ottaa huomioon johtimien eristettä poistettaessa. Vapaata kuparia pitää olla niin paljon, että koko hylsy kaapelikengässä täyttyy ja johdon eriste tukeutuu kenkään, kun kupari on kokonaan hylsyn sisällä.

Ensiksi tehdään puristus hylsyn päältä siten, että se muuttaa muotoaan ja tarttuu kupariin.

Sen jälkeen siirretään pihdit taaksepäin ja puristetaan kaapelikengän eristyksen päältä. Muovin ominaisuuksiin kuuluu, että siihen jää pysyvä muodonmuutos ja se tarttuu johdon eristeeseen. Erikoispihdit tekevät nämä molemmat vaiheet yhdellä kertaa.

Täydellinen pääte



Kuva 9.5.

Kun puristusliitos on tehty oikein, tuloksena on pysyvä ja toimiva liitos, joka vastaa myös johdon poikkipintaa. Usein tyydytään tällaiseen tulokseen, mutta jos halutaan täydellistä tulosta, kaapelikenkään ruiskutetaan korroosioinestoainetta esim.Tectyliä tai vastaavaa. Pieni suihkaus oikein suunnattuna tekee liitoksesta korroosionkestävän.

10. JOHDOT JA ASENTAMINEN

Tämän teoksen alkusivuilla kerrottiin, että sähkön teho (wattia) – on virran (ampeeria) ja jännitteen (volttia) tulo.

Kotona pistorasiassa jännite on 230 V. Veneessä se on vain noin 12 V. Siitä johtuu, että saman tehon saavuttamiseksi tarvitaan suurempi virta.

Että suuri teho saataisiin perille kulutuslaitteelle, pitää johtojen olla tarpeeksi paksuja – niillä pitää olla riittävä poikkipinta. Venesähkö tarvitsee paksuja johtoja.

Miten paksuja johtoja?

Jos poikkipinta on liian pieni, jännite putoaa. Tulosta kutsutaan jännitehäviöksi (tai jännitteen alenemaksi), ja siitä aiheutuu useita ongelmia. Kun jännite jo on lähtöpisteessäkin matala, niin jopa voltin kymmenesosat voivat saada epämukavia seurauksia. Monet veneen kulutuslaitteet tarvitsevat suuren tehon. Jos jännite laskee, laskee teho vastaavasti. Sähkömoottori voi pahimmassa tapauksessa palaa, jos se joutuu toimimaan liian pienellä jännitteellä.

Suurin sallittu jännitehäviö 12 V laitteistossa on 0,4 V. Starttimoottorille se on 1 V (8 %).

Mitä paksumpi johto on, sitä pienemmäksi tulee vastus. Kun johto on liian ohut verrattuna siihen virtaan jonka sen pitäisi siirtää, tulee häviö suureksi. Osa tehosta muuttuu lämmöksi itse johdossa.

Suuri virta liian pienessä johdossa merkitsee palonvaaraa.

Johtimien mitoituksessa on hyvänä apuna kuvan 9 nomogrammi. On huomattava, että virran pitää kulkea edestakaisin. Kun siis lasketaan miten pitkä johdosta tulee, pitää kertoa akun ja laitteen välinen etäisyys kertoa kahdella.

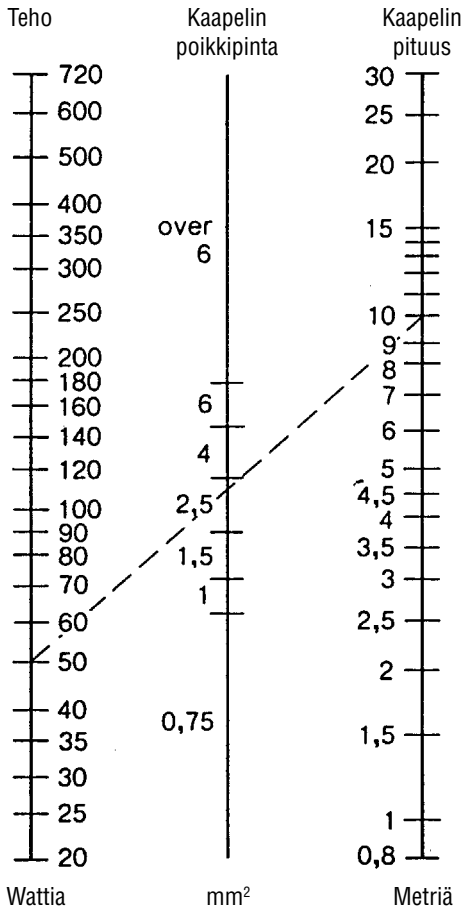
Pitkillä johdoilla voi käyttää myös seuraavaa nyrkkisääntöä poikkipinnan määrittelyyn:

1 mm² 20 A virtaa ja 1 m johtoa kohti

Jos esimerkiksi siirretään sähköä kulkuvaloille, jotka tarvitsevat yhteensä 50 W ja sijaitsevat 8 m päässä, laskenta menee näin:

$$\frac{50\ \text{W} \times (2 \times 8\ \text{m})}{12\ \text{V} \times 20\ \text{A}} = 3{,}3\ \text{mm}^2$$

Käytännössä valitaan standardipoikkipinta 2,5 mm², mutta parempi olisi, jos valittaisiin seuraava kokoluokka eli 4 mm². Jos sähköä tarvitaan 1000 W ankkurivinssiin, saadaan samalla kaavalla johtimien poikkipinnaksi 83 mm². Tavallisesti käytetty 50 mm² on liian vähän! 100 mm² on oikea valinta.



Kuva 10.1. Yllä oleva nomogrammi kertoo tarvittavan johdon poikkipinnan riippuvuuden johdon pituudesta ja siirrettävästä tehosta. Kun yhdistetään viivalla reunimmaisilla asteikoilla olevat tehoa ja johdon pituutta esittävät pisteet, saadaan viivan ja keskimmäisen asteikon leikkauspisteestä tarvittava poikkipinta. Esimerkiksi kuvan katkoviiva kertoo, että tarvitaan poikkipinnaltaan 2,5 mm² paksuinen johdin siirtämään 50 wattia 10 metriä. Huomaa, että virran pitää kulkea edestakaisin, eli johtimen pituus pitää kertoa kahdella.

Mikä johtotyyppi?

Veneessä pitää olla tarkkana siitä, minkälaista johtoa käytetään. Tärinä ja kupari sopivat huonosti yhteen. Tavallinen rakennuksissa käytetty asennusjohto on yksilankaista. Jonkin ajan kuluttua värähtely tekee kuparin hauraaksi ja seurauksena on johdinkatkos.

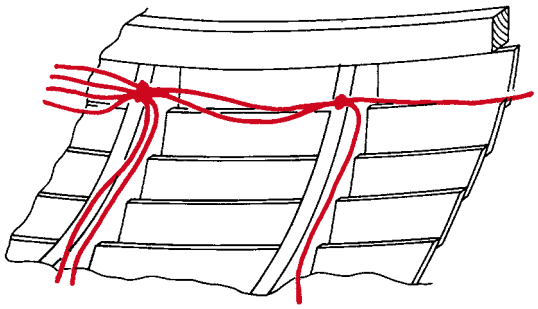
Veneessä ei saa käyttää tavallista talojen asennusjohtoa (MMJ). Veneessä käytettävien johtojen johtimien pitää olla monisäikeisiä eli kerrattuja.

Veneessä voi käyttää tavallista monilankaista yksijohtimista johtoa, jossa on 105° PVC-eriste. Sitä voi ostaa metritavarana autotarvike- tai veneilyliikkeistä. Tällaisen johdon ongelmana on kuparin kor-

roosio. PVC-muovi (polyvinylcloride) ei sitä paitsi ole täysin vesitiivistä joten johto voi kastua.

Parempiakin johtoja on, mutta niiden saanti on vaikeampaa. Kannattaa kuitenkin joka tapauksessa pyrkiä käyttämään johtoa, jossa säikeet on tinattu ja eriste on PE:tä (polyeteeni). Useimmat kaapelitehtaat tekevät tällaisia johtoja eivätkä ne maksa paljoa enempää. Tällä johdolla on erittäin hyvä korroosionsieto ja eriste on paljon vahvempaa ja tiiviimpää. Pitäisi olla itsestään selvää, että veneliikkeistä saa tällaista johtoa.

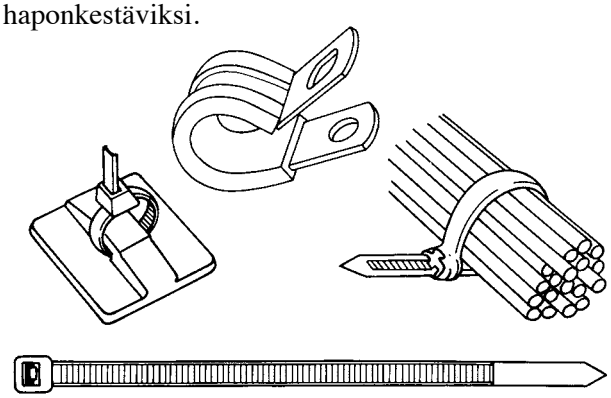
Johdotuksen suunnittelu ja veto



Kuva 10.2.

Ensimmäinen ohje on, että johtojen on oltava kunnolla suojattuja ja kiinnitettyjä siten paikalleen etteivät ne liiku tai heilu.

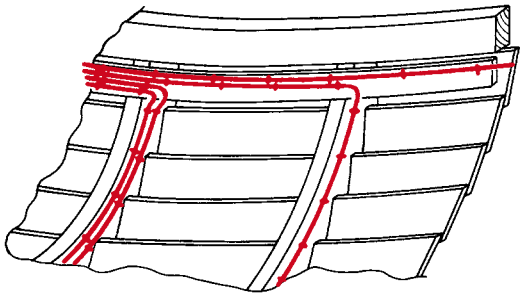
Saatavilla on varsin hyviä kiinnitystarvikkeita, mutta parasta on asentaa muoviputkia ja johtokanavia aina kuin mahdollista ja viedä johdot niitä pitkin. Kaupasta saatavien kiinnikkeiden rautanaulat tai ruuvit tulee vaihtaa messinkisiksi tai mieluiten haponkestäviksi.



Kuva 10.3.

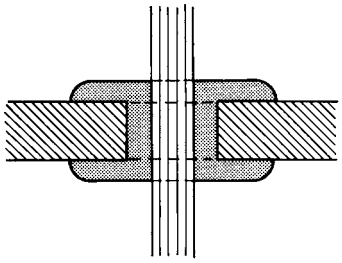
Johdot kannattaa kiinnittää tasaisin välimatkoin. Hyvä nyrkkisääntö on noin 20 cm (”ruuvimeisselin pituus”) kiinnikkeiden välillä.

Irralliset johdot tulee sitoa toisiinsa siten että niistä tulee jäykkä ja tiivis nippu. Kannattaa kuitenkin ottaa huomioon, että voi olla vaikeaa ottaa yksittäinen johto pois nipusta jos se pitää myöhemmin vaihtaa.



Kuva 10.4.

Aina kun johto menee laipion tms läpi, se pitää suojata hankautumiselta ja teräviltä reunoilta. Kannattaa käyttää kumisia läpivientejä (autotarvike) tai silikonia kun johdot ovat paikoillaan.

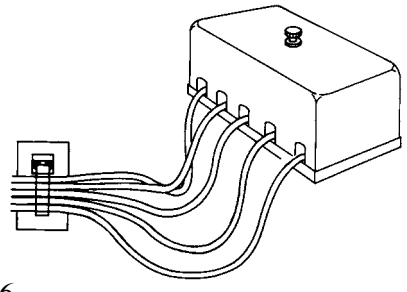


Kuva 10.5.

Silikonia käytettäessä tulee varoa, ettei sitä joudu suoraan kupariin, koska sen liuotinaineena käytetty etikkahappo syövyttää kuparia.

Johtoja ei koskaan saa asentaa pysyvästi veteen. Pilssiin asennusta tulisi välttää.

Veneenrakentajat säästävät mielellään rahaa kaikessa ja tekevät johdot mahdollisimman lyhyiksi. Omassa veneessä, kannattaa johtoihin jättää hiukan ylimääräistäkin pituutta.



Kuva 10.6.

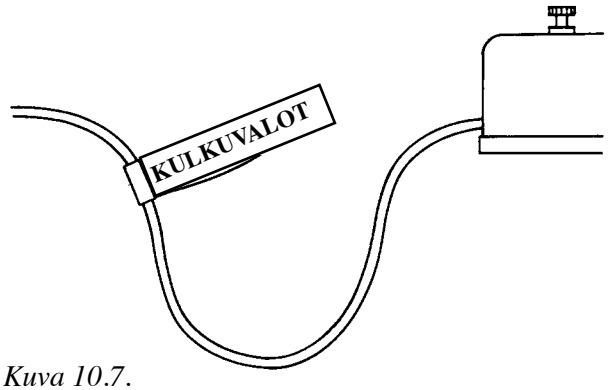
Huoltovara, antaa mahdollisuuden kuoria ja vaihtaa kytkentää monta kertaa.

Merkinnät

Rakennusten sähköistystä koskevat määräykset vaativat merkitsemään kaikki johdot sulaketaulussa. Tällaista sääntöä tulisi käyttää vesilläkin, sillä voi

olla työlästä etsiä vikaa johtoverkosta, jossa värejä on vähän ja sulakkeita ei ole merkitty. Vain harva veneenrakentaja huolehtii johtojen merkitsemisestä.

Kannattaa tehdä merkinnät itse sen jälkeen kun olet tutustunut asennukseen ja tietää mikä johto vie mihinkin. Johtojen merkintään löytyy erikoistarvikkeitakin, mutta niitä voi olla vaikea hankkia.



Kuva 10.7.

Tavallinen eristysnauha erilaisine väreineen ei ole sopivaa merkintään. Se irtoilee pian. Kannattaa käytää sen sijaan maalarinteipistä tehtyjä liuskoja, jotka kiinnitetään joka johtoon siten että niihin voi kirjoittaa. Teippi kannattaa sijoittaa pienen matkan päähän johdon päästä siten ettei se turmellu kun kytkentöihin ruiskutetaan suoja-aineita. Tällainen liuska pysyy kunnossa vuosikausia ja sen voi helposti vaihtaa sen jos muuttaa kytkentöjä.

Rasia 1

1	Kulkuvalo	Sin 1
2	Moottorin valo	Musta 1
3	Ankkurivalo	Rusk 1
4	Ankkurivalo	Sin 2
5	Kansivalo	Pun 1
6	Sisävalo 1	Pun 2

Rasia 2

1	Sisävalo 2	Musta 2
2	Jääkaappi	Pun 3
3	Lämmityslaite	Pun 4
4	VHF	Musta 3
5	Mittarit	Sin 3
6	Stereot	Sin 4

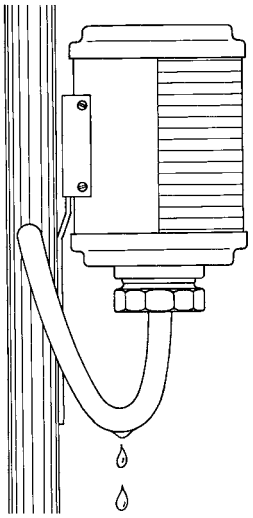
Kuva 10.8.

Myös sulakerasiat tulee merkitä ja kirjoitaa niihin mille laitteelle ja johdolle kukin sulake on.

Ulosasennetut johdot

Sähkövarusteet, jotka asennetaan ulos, esimerkiksi valot, pitää asentaa siten että erityistä huomiota kiinnitetään veden sisään tunkeutumiseen. Johdot tulee viedä ulkona oleviin valaisimiin ja laitteisiin sisään alapuolelta. Johtoon tulee lisäksi jättää lenkki, ettei se jää kireäksi ja ettei vettä tule sisään valaisimeen tai mittariin johtoa pitkin.

Silikoni tai polyuretaani (”Sikaflex”) eivät ole niin tiiviitä kuin kuvitellaan. Ne saattavat irrottaa tai murtua ja päästää vettä sisään. Itsevulkanoituvat teippi kuten ”Rubbaweld” muodostavat pitkäikäisen kimmoisuutensa säilyttävän suojauksen. Teippi soveltuu sitä paitsi erinomaisesti myös johtojen niputtamiseen.



Kuva 10.9.

Starttimoottorin johto

Moottori on asennettu paikalleen joustavasti. Kumityynyjen päällä moottori värähtelee ja lisäksi heilahtaa käynnistettäessä ja pysäytettäessä. On tavallinen virhe, että pääplussajohto viedään suoraan laipion läpi starttimoottorille. Tästä seuraa, että johto tärinässä taipuessaan saattaa murtua kaapelikengän kohdalta. Startti kaapeli tuleekin kiinnittää moottoriin klemmarilla.

Laturin johto

Generaattori tuottaa usein 50 A tai enemmänkin virtaa. Akkuja syöttävien latausjohtojen tulee olla tarpeeksi paksuja, vähintäin 16 mm^2. Jokaisella voltin kymmenesosan jännitehäviöllä on epäedullisia seurauksia.

Myös generaattorista tulevat latausjohdot tulee kiinnittää moottoriin ennen kuin ne menevät laipion läpi akuille.

Sulakkeet

Virtapiiri, jota ylikuormitetaan, lämpenee ja johdot saattavat lopulta syttyä palamaan. Sulakkeen pitää olla heikon lenkki ketjussa – sen pitää palaa ensiksi ja katkaista piiri. Useimmissa veneissä sulakkeet ja pääkytkin ovat pluspuolella.

Sulakkeiden palolle on kaksi pääasiallista syytä, joista molemmat ovat yhtä tavallisia:

1. Johtoa ylikuormitetaan liian suurella virralla. Liian monta tai liian suurta kulutuslaitetta on käytössä yhtaikaa.

2. Piirissä on täysi tai osittainen oikosulku.

Ensimmäisessä tapauksessa pitää vähentää johtoon kytkettyä tehoa tai huolehtia siitä, etteivät kaikki tähän johtoon kytketyt laitteet ole päällä yhtaikaa. Parasta on jakaa kuormitus useammalle johdolle ja sulakkeelle. Jälkimmäisessä tapauksessa pitää etsiä vika ja korjata se.

Sulake joka palaa, on merkki siitä jotain on vialla. Suuremman sulakkeen vaihto voi aiheuttaa palonvaaran

Turvallisuuteen liittyvät laitteet kuten kulkuvalot, VHF, sumutorvi, valonheittimet jne on syytä varustaa kukin omalla johdollaan ja omalla sulakkeellaan.

Kaikki kulutuslaitteet, joiden virta on 5 A (60 W) tai enemmän, on syytä varustaa kukin omalla johdollaan ja omalla sulakkeellaan.

Hytin valaisimet voidaan suojata samalla sulakkeella. Sulakkeita ei pidä sijoittaa moottoritilaan tai akkutilaan.

Johdot sähkömoottoreille, joita käytetään vain lyhyitä aikoja, esimerkiksi ankkurivinssin tai keulapotkurin johto, voidaan kytkeä akkuun ilman sulakkeitakin, mutta niillä on oltava oma pääkytkimensä.

Valitettavasti saatavilla on huonosti sulakkeita, jotka sopivat venekäyttöön. Useimmiten täytyy tyytyä tavallisiin auton sulakkeisiin. Sulake itse on ihan kelvollinen, mutta heikko kohta on sulakealusta. Metalli, jota käytetään sulakerasioissa, on usein liian huonoa vesille ja syöpyy. Jonkin johtolähdön suurentuneen vastuksen syy voi usein olla juuri sulakerasia.

Teollisuudenlle suunnatuista sähkölaitteista löytyy kunnollisesta materiaalista valmistettuja sulakejärjestelmiä (esim. riviliitin sulakeyhdistelmiä) eivätkä ne maksa juurikaan enemmän kuin veneliikkeistä saatavat.

Seuraavia kolmea sääntöä pitää noudattaa sulakerasian suhteen:

1. Sen pitää olla mahdollisimman kuivassa paikassa.

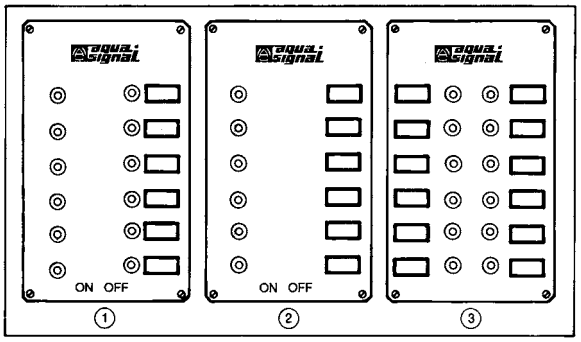
2. Sen pitää sijaita sellaisessa paikassa, että siihen päästään käsiksi tarkastuksissa ja sulakkeen vaihdoissa.

3. Sulakerasian sisus on hyvä ruiskuttaa kosteutta poistavalla sprayllä.

Viimeksi mainittu koskee kaikkia muitakin sähköisiä liitoksia kuten kytkimiä, päätteitä, kytkinrimoja, lamppuja jne.

Suihkaus kontaktispraytä tasaisin aikavälein ratkaisee useimmat sähköongelmat ennen kuin ne ilmaantuvat.

Automaattisulakkeet



Kuva 10.10.

Saatavilla on lukuisia hyviä automaattisulakkeita venekäyttöön. Kun veneeseen tehdään uutta asennusta tai uusitaan perusteellisesti vanhaa, kannattaa ostaa täydellinen automaattisulakkeilla varustettu hyvää merkkiä oleva sulakekeskus.

Suoraan akkuun

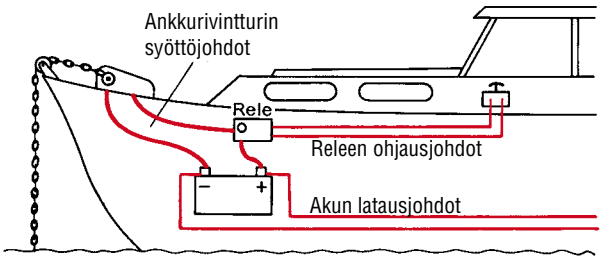
Useimmat elektronisten venelaitteiden valmistajat suosittelevat automaattisulakkeiden yhdistämistä suoraan akkuun. Tällä on se etu, että ne aiheuttavat mahdollisimman vähän häiriöpiikkejä ja saavat parhaat mahdolliset olosuhteet hoitaa sitä tehtävää, mihin ne on tarkoitettu. Joissain tapauksissa käytäntö on sinänsä hyvä, mutta se ei ole pakollista ja saattaa aiheuttaa sekaannusta akkukoteloissa.

Lukuun ottamatta automaattista pilssipumppua ja mahdollista kaasuvaroitinta, pitää kaikki elektroniset varusteet kytkeä pääkytkimen kautta.

Kun akun tai akkujen ja pääkytkimen välinen etäisyys on pieni ja pääkytkimen laatu on hyvä, ei tämä ole mikään ongelma.

Rele ja ohjausvirta

Suurehkoissa veneissä on usein kaksi suurta sähkönkuluttajaa aivan keulassa, nimittäin ankkurivinssi ja keulapotkuri jotka tarvitsevat paksut johdot antamaan niille tarpeeksi virtaa. Sitä paitsi kumpikin niistä tarvitsee oman johtonsa, mutta jos päätät, ettet käytä niitä yhtaikaa voi niillä olla yhteinenkin johto.



Kuva 10.11.

Eräs vaihtoehto on asentaa akku veneen etuosaan ja ottaa siitä paksummilla johdoilla virta näille suurille kuluttajille. Silloin moottorilta veneen keulaan riittävät pienemmät johdot, koska vain latausvirta pitää siirtää veneen etuosaan. Kuten aikaisemmin esitetystä esimerkistä, huomaa on 50 mm^2 poikkipinta oikeastaan liian pieni keulassa olevan ankkurivintturin tarvitsemalle virralle. Mutta akun latausjohdoksi se on oivallinen.

Ankkurivintturia tai keulapotkuria ei tule koskaan käyttää ilman että veneen moottori käy noin 1500 r/min. Latausvirta antaa akulle varsin arvokasta tukea raskaan työn aikana.

Jos akut ovat veneen sisällä, esimerkiksi hytissä vuoteen alla, on erittäin suositeltavaa, että valitaan hermeettisesti suljetut akut. Silloin välttyy happosotkuilta ja akkukaasuilta.

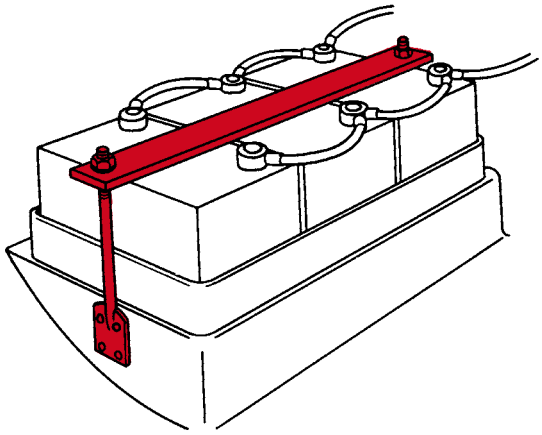
Tällaisella akkuasennuksella etäisyys virtalähteestä kulutuskohteeseen on pieni, eikä käyttöakulta tulevien johtojen tarvitse olla kovin paksuja.

Kun käytetää vinssiä tai keulapotkuria, tulee keulaan sijoittaa niiden ohjausta varten rele. Releissä on suuret kontaktipinnat ja ne pystyvät yhdistämään tai katkaisemaan näiden laitteiden käyttövirran. Releen käämiä ohjataan pienellä virralla, joka siirtyy pitkiä matkoja 2,5 mm^2 johdinpoikkipinnalla

Akkujen asennus

Akkujen sijoittamisessa pitää ottaa huomioon koko joukko asioita. Ennen muuta niiden tulee pysyä varmasti paikoillaan. Se tarkoittaa, että niiden pitää olla omissa kehikoissaan tai koteloissaan jotka mielellään ovat kiinni ruuvattuja.

Purjeveneissä, jotka voivat kallistua paljonkin tai jopa mennä ympäri, akut on varmistettava siten, että ne eivät siirry tai putoa ulos koteloistaan vaikka vene menisi kumoon. Jos näin kävisi, on tärkeää että sähköä on käytettävissä jälkeenpäin – ehkä voi lähettää hätäkutsuja tai käyttää pilssipumppua? Akut, jotka kaatuvat, ovat itsessään vaarallisia. Lisäksi rikkoutuneet astiat sekä joka paikkaan leviävä happo lisäävät vaaraa.



Kuva 10.12.

Akut pitää asentaa siten, että ne eivät voi pudota tai kaatua jos vene nousee pystyy tai kaatuu.

Purjeveneet voivat maata pitkään samalla halssilla ja siksi akut pitää asentaa siten, että levyt ovat veneen pituussuunnassa. Siten vältytään kuivilta levynkulmilta yksipuolisessa kallistuksessa.

Jos akut on sijoitettu siten, että niistä voi valua happoa veneen kallistuessa, pitää ne sijoittaa nestettä pitäviin ja happoa sietäviin koteloihin.

11. KORROOSIO

Helppotajuisesti voidaan sanoa, että luonnosta löytyvät jalometallit ovat ”kulumattomia”. Ne metallit, joita ihmiset ovat jalostaneet malmeista tai vastaavista, Äiti Maa ottaa ajan kuluessa takaisin. Paradoksaalista on, että juuri ne metallit, joden valmistukseen tarvitaan eniten energiaa, kuluvat nopeasti ja muuttuvat takaisin alkuperäiseen muotoonsa eli luonnon oksideiksi.

Veneilijän kannalta on hankalinta se, että tärkeät metalliesineet tuhoutuvat. Teräsveneilijöiden, ja vielä enemmän alumiiniveneilijöiden on syytä tietää paljon korroosiosta, mutta myös muovi- ja puuveneissä tulee korroosio ongelmaksi sille joka ei ota ilmiötä tosissaan.

Korroosiota on kahdenlaista, nimittäin kemiallista ja sähkökemiallista. Tässä tarkastellaan sähkökemiallista korroosiota – jota myös kutsutaan galvaaniseksi korroosioksi.

Galvaanista korroosiota esiintyy kun, jännitesarjassa erilaisia metalleja on upotettuna elektrolyyttiin ja metallit ovat sähköä johtavasti yhteydessä toisiinsa.

Veneen pohjasta löytyy yleensä useampia eri metalleja, jotka muodostavat sähkökemiallisen parin (eli pariston) keskenään. Paristojen toiminta perustuu toisen metallin syöpymiseen.

Jännitesarja

Metallit on järjestetty ns. jännitesarjaan sen mukaan, kuinka jaloja ne ovat, eli kuinka halukkaasti ne syöpyvät. Mitä epäjalompi metalli on, sitä helpommin se syöpyy. Sinkki-kupari-parissa kupari on jalo ja sinkki epäjalo metalli. Syöpyminen on sitä tehokkaampaa, mitä suurempi ero metallien jaloudessa on (jännite ero suurenee). Mikäli systeemiin tuodaan ulkoista sähköä, voi syöpyminen kiihtyä hyvinkin nopeaksi, kasvaneen virran vaikutuksesta. Elektrolyyttinä toimii yleensä vesi, johon liuenneet suolat mahdollistavat elektronien siirtymisen metallista pois, eli metalli syöpyy.

Veneessä yleisimmin käytettyjen metallien jännitesarja

KATODI

metalli	potentiaali
Kulta	+0,20 V (elektroniikkakorttien kannoissa liittimissa)
Titaani	-0,10 V (kaiteet. akselit, maston osat)
Monell	-0,11 V (POP-niiteissä)
Haponkestävä	-0,20 V (kaiteet, akselit, heloitus)
Kupari	-0,22 V (sähköjohtimet,maadoituskiskot)
Pronssi	-0,25 V (potkurit, laakerit)
Ruostumaton	-0,35 V (kaiteet, akselit, heloitus)
Messinki	-0,35 V (helat)
Lyijy	-0,55 V (köli)
Valurauta	-0,78 V (köli, moottorin osat)
Rauta	-0,79 V (tukirakenteet, runko, peräsimet, kalarauta)
Alumiini	-0,85 V (masto, kaiteet)
Sinkki	-1,05 V (pinnoitteet, sinkkianodit)
Magnesium	-1,09 V (makean veden anodit)

ANODI

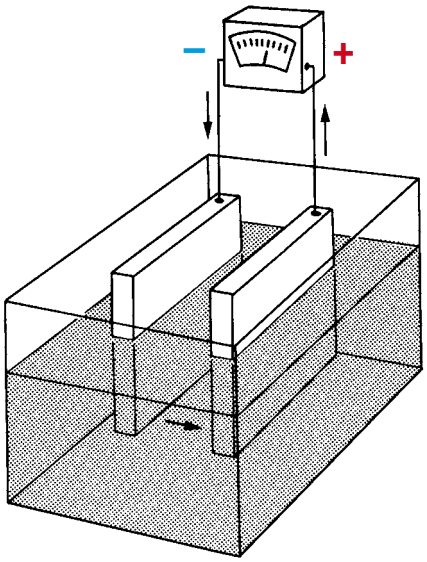
Taulukkoon on valittu yleisimmin veneessä esiintyviä metalleja. Taulukko toteutuu Suomenlahdella esiintyvässä merivedessä 20 °C lämmössä. Alempana taulukossa oleva metalli syöpyy, jos metallien välinen potentiaali ero on yli 0,25 volttia. Ylimpänä ovat ns. katodiset, ”vaikuttamattomat”. Pohjalla ovat anodiset, ”vaikutettavat”.

Jos kaksi metallia yhdistetään kuivana, ei tapahdu mitään. Kosteus saa asiat käyntiin, tai oikeammin sanottuna: se saa virran kulkemaan. Kosteudesta etenkin suolavedestä tulee silloin ns elektrolyytti.

Makeassa vedessä on liian vähän ”epäpuhtauksia”, että se olisi hyvä elektrolyytti. Siksi Saimaalla ja Päijänteellä on korroosio vähäistä.

Jos laitetaan esimerkiksi sinkkiä ja valurautaa suolaveteen ja yhdistetään ne keskenään, – alkaa sähköinen (sähkökemiallinen) prosessi. Sinkistä alkaa vaeltaa ioneja valurautaan. Ajan mittaan sinkki syöpyy pois, mutta valurauta ei syövy vaikka se on suolavedessä. Kyseessä on galvaaninen korroosio.

Normaalisti merialueilla veneissä käytetäänkin sinkkianodeja suojaamaan veneen vedenalaisia metalliosia. Makeassa vedessä suojaamiseen käytetään magnesiumia, joka on vielä sinkkiäkin helpommin syöpyvää suhteessa esim. alumiiniseen vetolaitteeseen.



Kuva 11.1. Kaksi elektrolyyttiin upotettua metallia muodostaa pariston. Siitä metallista, joka on alempana jännitesarjassa, tulee anodi, siitä joka on ylempänä tulee katodi. Jos ne kyttketään yhteen, kulkee ioneja elektrolyytin läpi anodilta katodille. Anodi syöpyy hitaasti mutta varmasti pois.

Suojautuminen

Jopa lasikuituveneessä on monia erilaisia metalleja. Jos ne joutuvat suoraan kosketukseen toistensa kanssa, alimman potentiaalin metalli ”vaeltaa” kohti suuremman potentiaalin metallia, kun se on elektrolyytissä. Tämän estämiseen on monia keinoja.

Eristäminen

Hyvä lakkakerros, muovinen välilevy tai jokin muu, joka erottaa nämä kaksi metallia fyysisesti, voi olla tarpeeksi hyvä suojaus. Tästä on esimerkkinä alumiiniriki, johon asennetaan lisäosia ruostumattomasta teräksestä. Mastossa saattaa ongelmaksi muodostua POP-niitit, joita on vaikea eristää sekä mastosta että lisäosista.

Kosteuden poistaminen

Sähkölaitteissa on syytä käyttää vain sellaisia metalleja, jotka ovat korkealla jännitesarjassa. Ne ovat silloin lähtökohtaisesti hyvin suojattuja, muttei kuitenkaan tarpeeksi hyvin jos ne ovat suolaisessa ja kosteassa ympäristössä. Suoja-spray auttaa usein pitämään kosteuden pois sähkölaitteista.

Spray pitää sitä paitsi ”vuotovirrat” poissa. Vuotovirtoja voi syntyä sinne, mihin kerääntyy suolaa. Suola varastoi kosteutta ja voi tulla sen verran johtavaksi, että pieniä virtoja kulkee sinne minne ei pitäisi. Se voi ajan oloon johtaa akkujen tyhjenemiseen

Kuva 11.2. Kosteutta poistava spray ratkaisee monia korroosiopulmia ennen kuin niitä ehtii syntyä. On hyvä tottua suihkimaan usein.

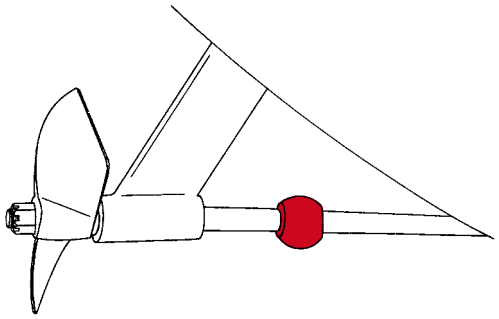
On erityisen tärkeää suojata kosteudelta ne mittarit, valot jne, jotka ovat ulkona kaikenlaisessa säässä. Moottoritilassa on lisäksi voimakkaasti vaihteleva lämpötila, joka aiheuttaa helposti kondensoitumista, joka yhdessä suolan kanssa voi aiheuttaa korroosiota. Erikoishyvä suojaus on tärkeä siis myös moottoritilassa.

Suoja-anodit

Vesirajan alapuolella on useita galvaanisia vaaroja. Esimerkiksi pronssipotkuri tai haponkestävä potkurinakseli nojaavat pysyvästi teräskaulukseen, jopa moottoriin, joka on veneen sisällä mutta on metallisesti yhdistetty potkurinakseliin ja jolla on kontakti meriveteen jäähdytysjärjestelmän kautta.

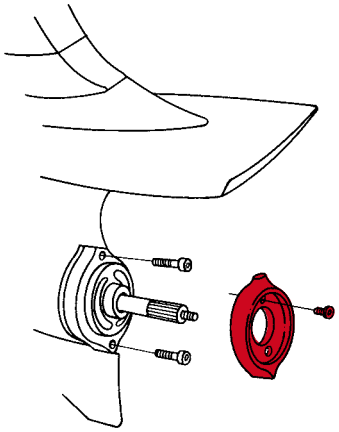
Kuparipitoinen sakka on katastrofi alumiiniveneille ja ulkomoottorien vetolaitteille.

Ulkomoottorien vetolaitteet ja purjevenevetolaitteet on tehty seoksesta, joka on hyvin alhaalla jännitesarjassa. Ilman suojausta ne syöpyvät lyhyessä ajassa.



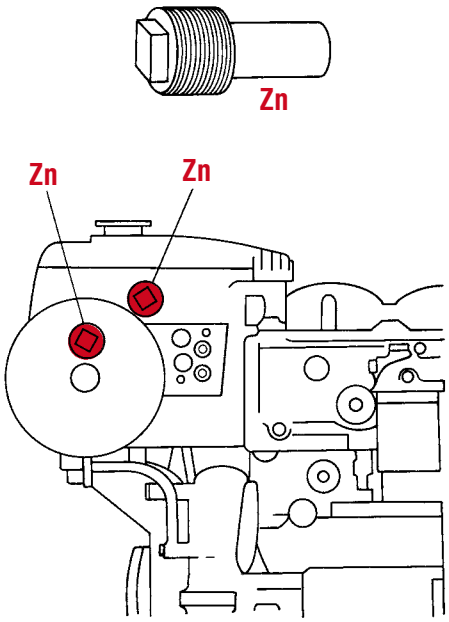
Kuva 11.3. Sinkkianodi potkurinakselissa. Saatavilla monia versioita kaikkiin standardi-akselinhalkaisijoihin.

Saatavilla on erikoisanodeja potkurinakseleihin ja potkureihin.



Kuva 11.4. Erikoisanodit vetolaitteistoa ja potkuria varten (Volvo).

Moottorien valmistajat toimittavat erikoisanodeja ulkomoottorien vetolaitteistoihin.

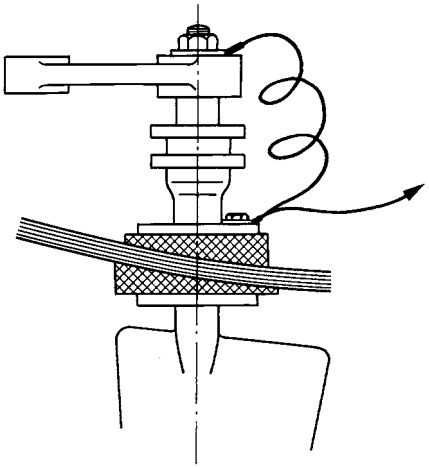


Kuva 11.5. Moottorin sisään asennettu anodisuojaus (Volvo).

Jotkut venemoottorit voidaan lisäksi suojata sisään asennetuilla anodeilla. Moottoriin ja vaihteistoon tulee asentaa vain alkuperäisiä ohjekirjan mukaisia anodeja.

Sinkkiä käytetään yleisesti teräsosien suoja-anodina. Nykyisin käytetään monia kevytmetalleja vetolaitteistossa, pitäisi myös käyttää silumiinisia suoja-anodeja.

Anodeja ei saa maalata tai päällystää ja niiden on oltava hyvässä metallisessa yhteydessä siihen kappaleeseen, jota niiden on tarkoitus suojata. Metalli tulee raaputtaa näkyviin vetolaitteistosta tai potkurinakselista. Anodit, jotka kiinnitetään muovirunkoon potkurin tai ruorin suojaamiseksi, pitää yhdistää sähköisesti siihen kappaleeseen jota niiden pitäisi suojata, esimerkiksi kuparinauhalla.



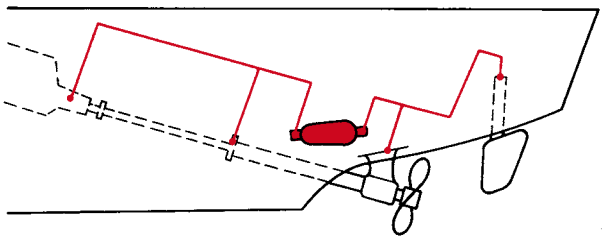
Kuva 11.6. Luotettava yhteys ruorin rungon ja ohjaimen välillä johdonpätkän avulla.

Liikkuvissa osissa kuten ruorissa ei voi luottaa siihen, että sähköinen yhteys ruorin ohjaimen ja ruorin rungon välillä on tarpeeksi hyvä. Siksi on viisasta yhdistää nämä keskenään johdolla, joka on riittävän pitkä ruorin liikkuessa.

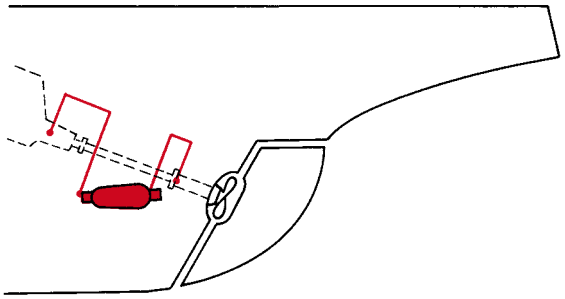
Anodit ovat tehokkaimpia, jos raaputtaa silloin tällöin pois niihin syöpyessä syntyneen päällysteen.

Galvaaninen korroosio on yleensä varsin hidasta ja mikäli suojaus on toteutettu oikein, nyrkkisääntönä on, että suoja-anodeista (sinkeistä) syöpyy kaudessa 50 %. Mikäli sinkki ei kulu, syynä voi olla epäpuhdasanodimateriaali, huono sähköinen yhteys suojattavaan kohteeseen tai ulkoinen vuotovirta. Joka tapauksessa mikäli sinkki on merialueilla kauden jälkeen 'uutta vastaava' kannattaa huolestua.

Vastaavasti mikäli sinkki on "hävinnyt" kokonaan, syinä voi olla liian pieni anodi, suhteessa suojattavaan kohteeseen, kiinnitys pettänyt (esim. potkuriakselisinkissä pulttien korvakkeissa on varsin vähän materiaalia) tai ulkoinen vuotovirta on kiihdyttänyt syöpymistä. Tarvittaessa sinkkejä voi lisätä ja kiinnityskorvakkeisiin voi laittaa ohuimpaan kohtaan pienen täplän maalia, etteivät korvakkeet syövy pois. Mikäli aikaisemmasta poikkeavaa syöpymistä on tapahtunut, kannattaa luoinnollisesti pyrkiä selvittämään syyt muuttuneeseen tilanteeseen.



Kuva 11.7. Esimerkki moottorin, potkurin ja ruorin anodisuojauksesta moottoriveneessä.



Kuva 11.8. Esimerkki anodisuojauksesta purjeveneessä.

Vuotovirran aiheuttama korroosio on yleensä huomattavasti nopeampaa, kuin galvaaninen. Galvaanisessa parissa jännite on yleensä puolesta pariin volttiin ja virta pysyy pienenä (milliampeereissa).

Pelkästään veneen oman akun voimin voi esim. mastoon syntyä vuotovirran aiheuttamia vaurioita, mutta maasähkön korkeampi jännite aiheuttaa helpommin suurempia virtoja ja siten nopeammin näkyviä vahinkoja.

Metallikohtioiden välinen jännite-ero siis kiihdyttää syöpymistä. Laiturissa olevat veneet muodostavat kukin itsenäisen "pariston", mutta eri veneet voivat myös kytkeytyä sähköisesti toisiinsa, esim. maasähkökaapelin tai laiturirakenteiden kautta. Sähkö pyrkii löytämään aina helpoimman (pienin sähköinen vastus) reitin, jolloin myös syöpyminen nopeutuu.

Yksi helpoimmista reiteistä sähkölle veneiden välillä ovat maasähkökaapelit, jolloin veneet yhdistyvät rannan sähköjärjestelmän kautta kuparijohdoilla toisiinsa. Ongelmaa ei olisi, mikäli kaikkien veneiden välinen suhteellinen jännite (potentiaali) olisi täsmälleen sama, virta ei kulkisi, eikä siten olisi vaaraa syöpymisellekään.

Todellisuudessa jokainen vene on sähköisesti omassa potentiaalissaan, koska jokaisessa johdossa ja johdon liitoksessa on vastusta. Kun virtaa kulkee vähänkin, myös jännitteet eri veneiden väleillä poik-

keavat toisistaan. Rantojen maasähköjärjestelmissä tilanne on erityisen huono, koska kaapelivedot ovat pitkiä ja niissä on paljon kosteuden turmelemia liitoksia.

Suomalaisessa maasähköliitännässä on suojamaa-, nolla- ja vaihejohto. Pääsääntöisesti maasähkö ja veneen 12V järjestelmä eivät saa olla yhteydessä toisiinsa. Valitettavasti tätä ei välttämättä voi helposti todeta, koska jossakin sähkölaitteessa yhteys saattaa muodostua esim. kondensaattorin kautta, jota yleismittari ei näe.

Olennaista vuotosähkökorroosiosuojauksen kannalta on, että veneen sisäisestä virtapiiristä ei pääsisi vuotamaan virtaa maasähköjärjestelmän suojamaahan tai nollajohtoon (nollajohtohan on viimeistään keskuksella kytketty suojamaan kanssa yhteen). Esim. huono akkulaturi saattaa yhdistää veneen 12 V järjestelmän maavirtajärjestelmän kanssa, jolloin moottori ja vetojärjestelmän syöpymisriski on ilmeinen ja laturi varmistaa, ettei syövyttävä virta lopu kesken.

'Suko-pistokkeessa' nollasta ja vaiheesta ei voi olla varma, koska pistoke käy molemmin päin. Tällä on merkitystä kun veneissä käytetään sähkölaitteita, jolloin yksittäisten sähkölaitteiden välille veneen sisällä ja naapuriveneissä saattaa muodostua suuriakin potentiaalieroja.

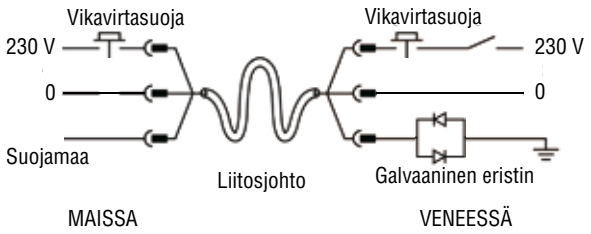
Vene, jolla on sisäisiä korroosio-ongelmia sekä alhaisin potentiaali, ja joka on satamassa huonoimmassa paikassa, toimii "uhrautuvana anodina". Ympärillä olevat veneet hyötyvät siitä: Ne saavat tietyn suojan tämän veneen kustannuksella.

Olennaista kuitenkin on, millaisia laitteita veneessä on, miten ne on kytketty toisiinsa ja millaisia järjestelmiä naapuriveneissä on.

Galvaaninen eristin

Halvin tapa estää tai ainakin vähentää galvaanista korroosiota maayhteyden kautta on käyttää galvaanista eristintä. Se kytketään maadoitusjohdon kanssa sarjaan veneessä ja muodostuu periaatteessa kahdesta toisiaan vastaan rinnankytketystä diodista. Ne päästävät silloin virran lävitseen riippumatta siitä mihin suuntaan virta kulkee.

Diodin tyypillinen jännitehäviö on 0,7 V, ja tätä juuri tarvitaan. Galvaaninen eristin alentaa "maadoitusjännitettä" veneessä maahan verrattuna noin 0,7 V. Kun maan ja veneen välillä on tällainen jännitehäviö, ei veneestä toiseen kulje virtaa. Näin pieni jännite-ero ei vaikuta vikavirtasuojaan. Ratkaisu kulkee usein nimellä Zinc Saver, siis sinkinsäästäjä, koska se estää veneen sinkkianodeja syöpymästä naapuriveneen anodien toimesta ja suojaa veneen omia asennuksia.



Kuva 11.9. Vikavirtasuojan ja galvaanisen eristimen käyttö veneessä.

Erotusmuuntaja

Se mikä todella toimii korroosionestäjänä, on erotusmuuntaja. Muuntaja on laite, joka muuttaa jännitettä "sisääntulevien" ja "ulosmenevien" johtimien välillä tavalla tai toisella. Esimerkiksi USA:sta ostetetun 110 voltin leivänpaahtimen voi kytkeä 230/110 V muuntajan kautta pistorasiaan. Veneessä käytetään muuntajaa, joka toimii muuntosuhteella 1:1. Jos syötetään 230 V sisään (primäärikäämiin), saadaan 230 V ulos toiselta puolelta (sekundäärikäämistä). Tämä tuntuu turhalta etenkin kun ajatellaan että veneeseen otetaan 20 kiloa rautaa ja kuparia yli 500 euron hinnalla. Mutta tämä on todella hyvä, sillä myös muuntajan muista ominaisuuksista on hyötyä. Ei ole mitään "metallista" – siis galvaanista - yhteyttä venesähkön ja veneen ulkopuolisen sähkön välillä. Virta, joka tulee maista voi olla miten "epäpuhdasta" tahansa, se virta jota otetaan muuntajasta ulos on täysin neitseellistä ja puhdasta. Veneessä ei enää ole "maasähkömaata" eli se on galvaanisesti erotettu. Sitä kautta muodostuu uusi maadoitus/tasaussysteemi ja virta veneessä sattuvassa maasulussa on niin pieni, ettei se aiheuta ongelmia.

Kaikissa veneissä, joissa on maasähköliitäntä, pitäisi olla erotusmuuntaja.

Erotusmuuntajan kytkentä

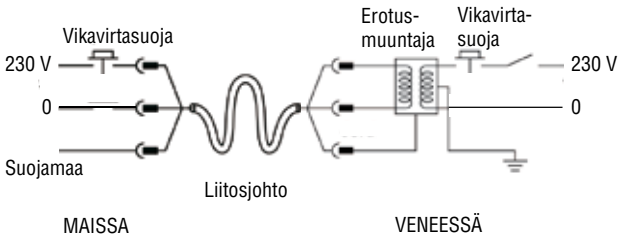
Kun vene yhdistetään maasähköön – vaihejohdin, nollajohdin ja suojajohdin TNS-laitteistossa, jännite ja maadoitusyhteys menevät edelleen veneen sähkökeskukseen ja erillisiin komponentteihin.

Kun veneeseen asennetaan erotusmuuntaja sen etupuolella oleva vikavirtasuoja tulee tarpeettomaksi – maasähkö menee ilman sitäkin aivan oikein muuntajaan. Vikavirtasuojan voi siirtää ensimmäiseksi komponentiksi erotusmuuntajan jälkeen.

Kun virta kytketään oikein erotusmuuntajaan, pitää huolehtia siitä että maista tuleva maadoitusjohdin päätetään siihen. Samalla käyttöön otetaan uusi maadoitusjohdin erotusmuuntajan omasta maadoituslähdöstä tai oikeammin tasauspisteestä.

Maasähkön maadoitusyhteyttä, joka menee muuntajaan sisään, ei saa yhdistää veneen maadoitukseen.

Tämä on tärkeää: Erotusmuuntajalla on oma maadoituksen ulostulo ja tästä lähtevä johdin viedään sähkökeskukseen ja edelleen yksittäisille komponenteille. Sitä ei saa yhdistää maista tulevaan maadoitukseen.



Kuva 11.10. Vikavirtasuojan ja erotusmuuntajan käyttö veneessä.

Rautaa ja kuparia vai elektroniikkaa?

Perinteiset muuntajat eivät ole ainoastaan kalliita, ne ovat myös suuria ja painavia. Ja ne saattavat pitää hurinaa. Perinteinen muuntaja muodostuu kahdesta eristetystä kuparikäämistä jotka on sijoitettu yhteiselle rautasydämelle. On olemassa rengassydämiä ja E-sydämiä, mutta toimintaperiaate on sama.

Uusi Switch Mode-tekniikka, jota on aikaisemmin nähty akkulatureissa, on otettu käyttöön erotusmuuntajien rakenteessa. Primääripuolella (sisääntulossa) muutetaan virta ensin suurtaajuiseksi. Puhutaan edelleen käämeistä ja sydämestä, mutta ne voidaan nyt tehdä oleellisesti pienemmiksi ja kevyemmiksi. Switch Mode-erotusmuuntaja, jonka kapasiteetti on 3,5 kW painaa 6 kg. Lisäksi häviää hurina.

Useimmat veneilijät luultavasti ajattelevat että valinta on helppo, etenkin koska Switch Mode-muuntaja on pieni ja kevyt. Mutta silläkin on varjopuolensa. Molemmilla tyypeillä on hyötysuhde noin 94–96 %. Häviöt tuntuvat lämpönä.

Vanhanaikainen erotusmuuntaja ei tarvitse jäähdytystä, mutta Switch Mode-muuntaja tarvitsee tuulettimen komponenttien jäähdytykseen. Se ei merkitse kovin paljon, sillä lämpö on sama, mutta tuulettimen käyttö merkitsee myös että suuret määrät ilmaa siirretään muuntajan pienten ja herkkien komponenttien väliin. Ja kuten tunnettua meri-ilma sisältää suolaa. Kysymys onkin, kestääkö Switch Mode-muuntaja merellä pitkiä aikoja.

Perinteinen muuntaja sitä vastoin on koteloitu, eikä siinä siksi ole herkkiä komponentteja. Perinteisten erotusmuuntajien valmistajat väittävät sitä paitsi, että hyvin tehdystä muuntajasta hurina on lähes poistettu. Silloin kun painolla ja tilavuudella ei ole suurta merkitystä, voi ehkä perinteinen muuntaja rautoineen ja kupareineen olla paras valinta.

12. ELEKTRONIIKKALAITTEISTA

Nykyään useimmissa vähänkin suuremmissa veneissä on jo monta tietokonetta tai tietokoneisiin perustuvia järjestelmiä. Satelliittinavigointi GPS on jokamiehen puuhaa; Decca-navigaattorit (AP, Shipmate jne) ovat häviämässä. Loran C on vielä jäljellä, mutta on vain osittain ajankohtainen. Tutkat tulevat kaiken aikaa pienemmiksi ja halvemmiksi. Navigaattorit, joissa on sähköinen kartta ja plotteri, jossa on rajapinta tutkaan, ovat halventuessaan täyttä vauhtia tulossa lähes kaikkiin huviveneisiin. Markkinat ovat tämän lisäksi täynnä kaikenlaisia lisälaitteita kuten kaikuluotaimia, tuulimittareita, lokeja jne. Nämä ovat pieniä tietokoneita. Kovin kauaa ei kulu, kun kaikilla tulee olemaan myös satelliittiin perustuva kommunikointiyhteys veneissään.

Asennus

Useimmat veneisiin tarkoitetut uudet elektroniset laitteet ovat uskomattoman vahvarakenteisia ja erittäin hyvin suojattuja kosteudelta. Monet ovat hermeettisesti suljettuja ja täytetty ns inertiakaasulla, yleensä typellä. Tästä johtuen korroosio on tuntematon käsite – niin kauan kuin laitteet ovat tiiviitä ja kaasu pysyy niissä sisällä.

Laitteet, jotka on tarkoitettu käytettäväksi ohjaamossa, on kuitenkin suojattava meriveden roiskeilta ja auringonvalolta niin hyvin kuin se on käytännössä mahdollista. Kylmä vesisuihku auringon lämmittämälle laitteelle jähdyttää sen sisällä olevan ilman tai kaasun. Syntynyt alipaine voi aiheuttaa veden pääsyn sisään laitteeseen.

Suuret instrumentit kuten tutkan näyttö ja karttaplotteri, ovat harvoin täysin vesitiiviitä, mutta usein ns. ”roiskesuojattuja”. Mitä kuivemmassa ne ovat, sitä parempi.

Maadoitus

Yhteistä useimmille hienoille elektronisille instrumenteille on, että ne vaativat hyvän maadoituksen. Tämä on ongelma useimmissa huviveneissä, koska muuta maata ei yleensä ole kuin miinus moottorin rungossa. Tästä taas voi aiheutua monia häiriöitä.

Onkin suositeltavaa asentaa veneeseen erillistset maadoituslevyt. Tällaiset erikoislevyt on suunniteltu sijoitettaviksi molemmille puolille rungon ulkopuolelle, vesirajan alapuolelle ja ne on yhdistetty toisiinsa poikittain rungon läpi. Vesi (etenkin merivesi) on erinomainen maa. Se joka maadoittaa instrumenttinsa tällaiseen levyyn, kohtaa harvoin ongelmia.

Hiukan vanhemmissa instrumenteissa on usein metallikotelo, joka tulee maadoittaa. Joissain saat-

taa myös olla erityinen maadoituksen sisäänmeno tai oma maadoitusruuvi kotelon sisällä.

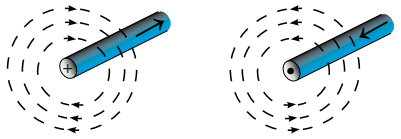
Uusien instrumenttien hyvänä puolena on niiden toimiminen suurella jännitealueella, jolloin akuston jännitevaihtelut eivät aiheuta ongelmia. Lisäksi ne tarvitsevat tutkaa lukuun ottamatta melko vähän sähköä. Laitteet eivät toki siedä mitä tahansa ja jotkut niistä ovat herkkiä ”radiokohinalle”.

Tärkeintä on varmistaa elektroniselle laitteistolle hyvät ja ennen kaikkea varmat työskentelyolosuhteet. On pari tyyppiä häiriöitä, jotka pitää ottaa huomioon.

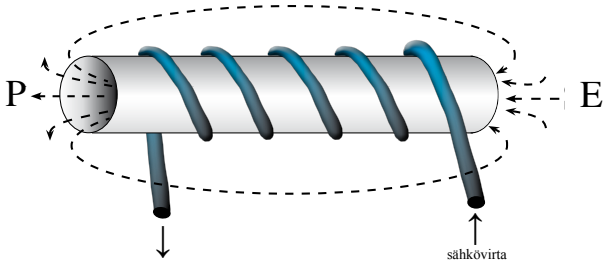
Aiemmin ongelmat rajoittuivat siihen, että radiovastaanotin ehkä pörisi tai ulisi kun moottori kävi. Myöhemmin elektronisten instrumentien lisääntyssä lisääntyivät myös ongelmatkin. Niin sanottu interferenssi syntyy helppotajuisesti sanottuna silloin, kun jokin sähköinen yhteys katkaistaan tai kytketään, tai kun virta vaihtelee suuresti. Esimerkiksi radiosta voi kuulla napsahduksen, kun valokatkaisijaa käytetään. Pysyvämpi häiriö tulee pyörivistä moottoreista ja etenkin laturista.

Häiriölähteistä generaattori on yleensä pahin, mutta häiriöitä syntyy usein sähkömoottoreista, joiden suhteellisen suurta virtaa kytketään ja katkaistaan. Tyypillisiä häiriölähteitä ovat starttimoottori, tuulilasinpyyhkimet, jääkaappi, lämmityslaite, ankkurivinssi, keulapotkuri ja sähköiset pumput.

Muita häiriölähteitä voivat olla latauksen säädin, erotusdiodit ja loistevalot. Viime mainitut tuottavat usein vinkuvaa, äänenkorkeudeltaan muuttuvaa häiriötä. Veneissä, joissa on bensiinimoottori, voi sytytys on häiriönlähde. Myös ulkomoottorit voivat olla erityisen ikäviä.



Kuva 12.1. Magneettikentät syntyvät virrallisten johtojen ympärille ja aiheuttavat häiriöjännitteitä lähellä kulkeviin toisiin johtoihin, esim mittareiden anturijohtoihin tai VHF:n antenniin.



Kuva 12.2. Magneettikenttä voimistuu, jos johdin on kierretty magnetoituvaa metallia sisältävän esineen ympärille. Lähellä kompassia tai mittausjohtimia olevat releet ja sähkömoottorit aiheuttavat tästä syystä ympäristöön häiriöitä.

Käytännössä nämä häiriölähteet aiheuttavat sykkivän magneettikentän ympärilleen. Syntyy eräänlaisia radioaaltoja, jotka kulkeutuvat kojeiden antenneihin tai muihin komponentteihin. Usein myös sähköjohdot toimivat antenneina ja johtavat häiriön kojeisiin niiden virransyöttöjohtojen kautta.

Häiriöt heikkenevät kun etäisyys kasvaa, mutta jokin toinen antenni voi siepata ne ja lähettää edelleen. Tällaisia voivat olla esimerkiksi vaijerit kaiteissa tai rikissä.

Muita häiriölähteitä

Niin erikoiselta se kuulostaakin, voi myös osa muuta koneistoa olla sähköisten häiriöiden lähde. Vaihteisto, potkurin läpivienti ja potkurinakseli voivat aiheuttaa tällaisia häiriöitä, vaikkei niitä usein esiinnykään. Potkurin läpiviennin maadoitus poistaa usein tämän ongelman. Purjeveneen riki voi myös aiheuttaa häiriöitä kun purjeet hankaavat vaijereihin. Ukkossuojaus ja maadoittaminen veteen ulottuvalla liuskalla ratkaisee tämän ongelman.

Onneksi tällaisen häiriöidenn taajuudet ovat melko matalia. Häiriöt ovat kiusallisimpia pitkillä aalloilla toimien vanhojen Decca- ja Loran C-järjestelmien kohdalla sekä erilaisten radiolaitteiden käyttämillä taajuuksilla. Jos ns signaali/kohina-suhde jää liian pieneksi, jotkut elektroniset laitteet toimivat epäluotettavasti ja voivat mennä jopa kokonaan jumiin.

Uudet laitteet toimivat yhä suuremmilla taajuuksilla, sekä yhteydenpidossa että navigoinnissa ja silloin häiriöiden merkitys vähenee. GPS-laitteet toimivat niin suurilla taajuksilla, että ne ovat lähes täysin tunteettomia kaikelle muulle kuin omille signaaleilleen.

Useimmissa veneissä on todennäköisesti monia laitteita, jotka vaativat käyttäjää tekemään jotain mahdollisen häiriöiden ilmaantuessa. Esimerkiksi monet tietokoneet, radiovastaanottimet ja stereolaitteet ovat melko herkkiä häiriöille. Sitä paitsi kansainväliset määräykset asettavat kieltoja häiriöiden aiheuttamiselle.

Häiriölähteen etsiminen

On lähes mahdotonta löytää ja poistaa kaikkia häiriöitä kaikilta taajuuksilta, mutta paljon voidaan tehdä pienellä loogisella ajattelulla ja käyttämällä suhteellisen yksinkertaisia keinoja.

1. Käynnistä moottori laiturissa. Nosta kierrosluku niin korkeaksi että laturi lataa (vähintään 2000 r/min). Huolehdi siitä, että kaikki mut sähkö-

laitteet veneessä on suljettu. Avaa radio keskipitkille aalloille. Jos sinulla on Decca avaa se ja lue sen osoittama signaali/kohinasuhde (katso käyttöohjetta). Avaa radiovastaanotin kuuluuko siitä kohinaa ja/tai onko lähetyksen signaali huono? Häipyykö häiriö ja tulevatko signaalit kunnollisiksi kun pysäytät moottorin? Jos niin käy, on häiriölähde moottoritilassa.

2. Poista laturin vetohihna ja käynnistä taas (Jos sama hihna pyörittää myös jäähdytysvesipumppua, et voi ajaa kuin puolisen minuuttia, mutta se onkin riittävästi.) Jos häiriö on nyt poissa, laturi on syyllinen. Dieselmoottorissa ei ole paljon häiriölähteitä (poikkeuksena ruiskutuspumppu, joka joskus voi antaa häiriöitä). Jos bensiinimoottorin kyseessä ollessa häiriöt jatkuvat, on niiden syynä sytytyslaitteisto. Sen voi päätellä siitä, että häiriö vaihtelee moottorin kierrosluvun mukaan.

3. Kun moottori ei ole käynnissä, kytke vuorotellen virta kaikkiin sähkölaitteisiin ja sitten taas pois. Käynnistä sähkömoottorit (jääkaappi, lämmityslaite, tuulilasinpyyhkijät, tuuletin, vesipumppu, pilssipumppu, ankkurivintturi jne) ja kuuntele tai lue signaali/kohinasuhde. Jatka muilla kulutuslaitteilla ja tarkkaile etenkin loisteputkia. Nyt olet todennäköisesti saanut selville syyllisen – tai syylliset. Ota huomioon, että niitä voi useita ja käy siksi läpi koko kierros.

4. Jos häiriötä ei pysty paikallistamaan, tee pieni kierros ulos laiturista ja kokeile tilannetta ajon aikana. Nyt saat selville mahdolliset voimansiirron aiheuttamat häiriöt.

Häiriöiden poisto

Häiriöiden poisto laitteistosta tehokkaalla tavalla voi olla hankalaa ja saattaa tarvita ammattilaisasiantuntijaa. Mutta useissa tilanteissa sen voi tehdä yksinkertaisin keinoin sen jälkeen kun on paikallistanut lähteen tai lähteet.

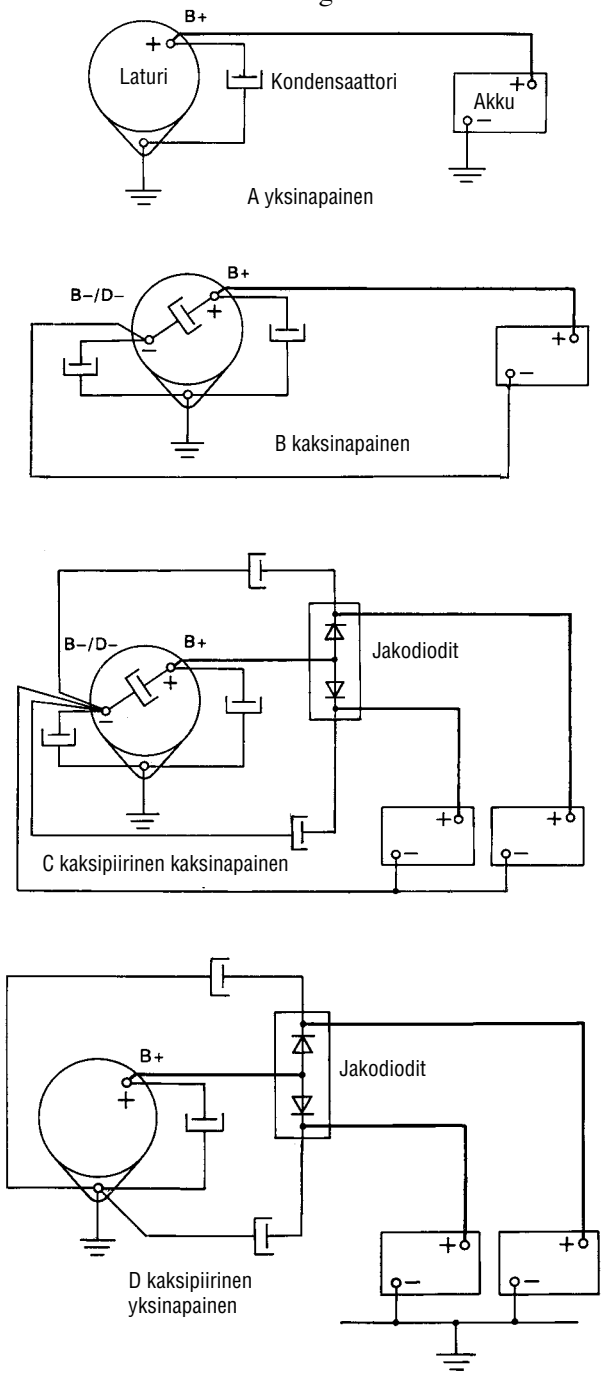
Useimmiten ongelmat ratkeavat asentamalla kondensaattori, suuruudeltaan välillä 1–3,7 μF (mikrofaradia) suoraan plussan ja miinuksen väliin häiriölähteeseen tai niin lähelle sitä kuin käytännössä mahdollista. Jos generaattori on syyllinen, saa useimmilta maahantuojilta valmiiksi räätälöityn häiriönpoistimen tähän ongelmaan.

Häiriönpoistin, joka on useimmiten kondensaattori, antaa kaupan päällisiksi toisen edun, nimittäin suojauksen jännitepiikkejä eli ns transientteja vastaan, jotka muuten voivat vahingoittaa elektroniikkaa.

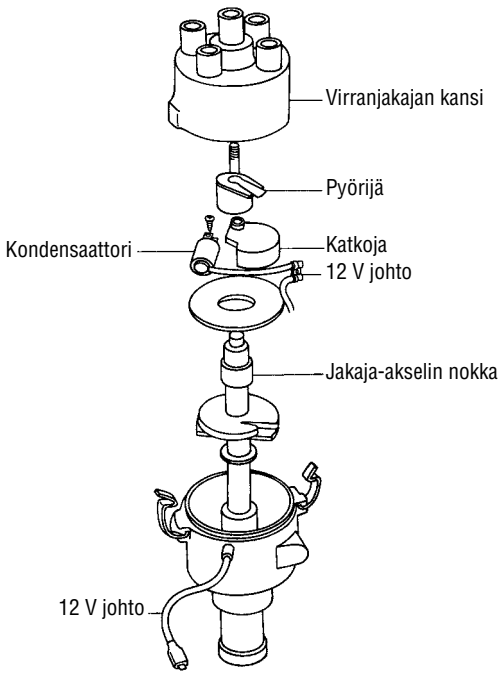
Jos bensiinimoottorin sytytys aiheuttaa häiriöitä, kannattaa vaihtaa virranjakajan kondensaattori. Homma on hyvin helppo. Jos se ei ratkaise ongelmaa, tarvitsee todennäköisesti asiantuntijan apua.

Jotkut laitteet saattavat vaikuttaa kompassiin siten että se näyttää väärin. Pienin etäisyys on sellaisessa tapauksessa vähintään puoli metriä, mieluummin kaksin verroin.

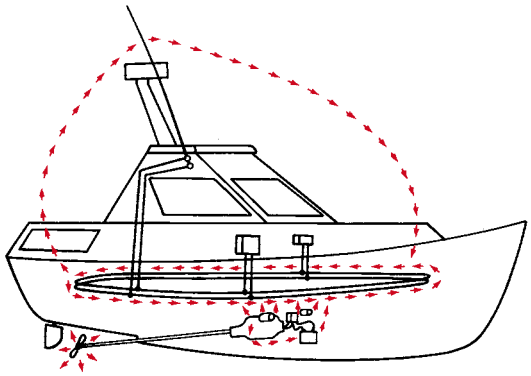
Mitään antenni- tai mittalaitejohtoja ei saa asentaa suurta virtaa siirtävien johtojen viereen. Nämä voivat vääristää usein heikot signaalit.



Kuva 12.3. Suurin osa laturin aiheuttamista häiriöistä voidaan poistaa kondensaattoreilla. A) Yksi laturin napa kytketty suoraan akkuun. B) Molemmat laturin navat kytketty suoraan akkuun. C) Molemmat laturin navat kytketty jakodiodien kautta kahteen akkuun. D) Yksi laturin napa kytketty jakodiodien kautta kahteen akkuun



Kuva 12.4. Bensiinimoottorin virranjakajan kondensaattorin vaihtaminen poistaa usein osan häiriöistä.



Kuva 12.5.

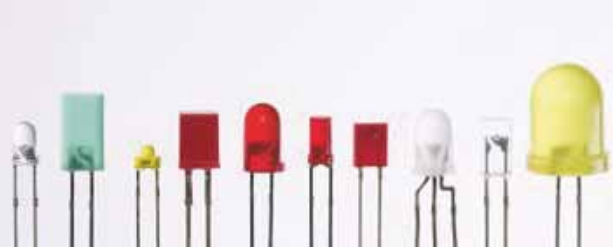
VHF

VHF-laite toimii niin suurella taajuudella, että se harvoin häiriintyy tavallisista veneessä esiintyvistä häiriöistä. Se säteilee kuitenkin suurella teholla lähetyksen aikana. Jos VHF-antenni on muiden antennien lähellä, ne voivat ottaa vastaan merkittävän häiriön aina kun lähetysnappia painetaan.

Vaikka VHF:n antennijohto olisi niin sanotusti suojattu (metalliverkko johtimen ja uloimman eristekerroksen välillä), voi antennijohto häiritä herkkiä elektronisia laitteita. Siksi VHF-antenni tulisi asentaa erilleen muista antenni- tai mittalaitejohdoista.

VHF käyttää paljon sähköä lähetykstilassa ja sen kantama ja kuuluvuus heikkenee oleellisesti jos jännite on huono. Siksi on hyvä sääntö viedä VHF:lle vähintään 6 mm^2 johto, etenkin jos etäisyys on pitkä. Kantamaa ja kuuluvuutta voikin lisätä merkittävästi, kun käyttää moottoria tarpeeksi korkealla kierroslu-vulla, jolloin akkujen jännitte on mahdollisimman korkea lähetyksen aikana.

Ledeistä



Ledit ovat valoa emittoivia diodeja, jotka säteilevät valoa kun niiden läpi johdetaan sähkövirta. Ledien valmistusmateriaali määrää niiden lähettämän valon värin, jota voidaan edelleen muokata niiden pintaan lisätyillä kalvoilla ja pinnoitteilla.

Ensimmäiset ledit olivat punaisia ja niitä käytettiin aluksi erilaisina merkkivaloina. Valkoisten ja entistä valovoimaisempien ledien kehittyminen on aiheuttanut niiden yleistymisen myös erilaisissa valaistusratkaisuissa. Toistaiseksi ei ole löydetty suoraan valkoista valoa lähettävää materiaalia, sillä valkoinen ledi perustuu siniseen lediin, joka on päällystetty loisteaineella, joka muuttaa valon valkoiseksi.

Ledit sopivat hyvin venekäyttöön, sillä ne toimivat tasajännitteellä. Asennus vaattii tosin pieniä lisätoimenpiteitä hehkulamppuun verrattuna. Käyttöjännite on laskettava sopivaksi ja ledille menevää virta on rajoitettava esimerkiksi etuvastuksella.

Ledi toimii vain oikein päin kytkettynä, eli anodille **+** (pidempi jalka) ja katodille **–** (lyhyempi jalka). Etuvastusta laskettaessa tarvitaan tieto veneen käyttöjännitteestä (yleensä 12 V). Seuraavaksi lasketaan se jännite, jonka on jäätävä vastuksen yli, vähentämällä ledin kynnysjännite (yleensä 1,7–3,7 V) käyttöjännitteestä. Sopiva etuvastus saadaan kirjan alussa esitetyn Ohmin lain avulla kaavasta: R = U/I, jossa R = vastus ohmeissa, U = edellä laskettu jännite volteissa, ja I = virta ampeereissa. Käytettäessä lediä täydellä teholla virta on yleensä 20 mA. Lediä voidaan toki himmentää kasvattamalla vastusta.

Valaistuskäyttöön tarkoitetuissa led-nauhoissa tai lampuissa on yleensä useita led-siruja sarjaan- ja rinnankytkettynä sekä etuvastukset valmiina.

Ledit ovat valonlähteinä hehkulamppuun verrattuna erittäin pienikokoisia ja mekaanisesti kestäviä: niissä ei ole helposti rikki menevää lasikuorta eikä hehkulankaa. Ledit ovat myös oikein asennettuna pitkäikäisiä.

Parhaimpien valkoisten, kirkkaiden ledien hyötysuhde on hehkulamppuihin verrattuna moninkertainen. Ledien polttoikä on tyypillisesti yli 10 000 tuntia. Ne eivät yleensä hajoa äkillisesti, vaan niiden valovirta alenee pikkuhiljaa. Polttoikä määritelläänkin tyypillisesti ajaksi, jonka kuluttua valoteho on pudonnut 70 prosenttiin alkuperäisestä tasosta.

Ledien syttymis- ja sammumisajat ovat kymmenien nanosekuntien pituisia, joten niitä voidaan käyttää esimerkiksi morsetukseen.

Aiemmin ledien valovirta ei ole ollut kovin suuri, minkä vuoksi niitä onkin käytetty vain käsivalaisimissa. Saataville on kuitenkin tullut suuritehoisia yksittäisiä ledejä sekä niiden yhdistelmiä, joissa valovirta yltää jopa yli 600 lumeniin. Valaistukseen sopivien ledien hinnat ovat laskeneet voimakkaasti viime aikoina. Veneisiin tarkoitetut erikoisvalaisimet, kuten kulkuvalot ovat toistaiseksi kuitenkin hintavia (400–700 €), koska ledi-valaisimia pidetään high-tech-tuotteina, jolloin niistä voidaan pyytää high-hintaa.

Erilliset ledit eivät yleensä kestä korkeita lämpötiloja eivätkä kosteutta. Siksi led-valoja ei suositella yli 45 °C lämpötiloihin ja kosteisiin paikkoihin ilman erillistä kotelointia.

Ledit voivat myös hajota sähköstaattisesta purkauksesta (ESD - Electro static discharge). Nykyisin teholedeissä on sisään rakennettu ESD-suojaus, joka kestää 8 kV johtuvan ja 15 kV ilma ESD-pulssin (ukonilman aikainen purkaus).

Ledipolttimot

Kuva 12.6. Vanhoja valaisimia ei kannata sähkösyöppöinä heittää pois. Nykyään on saatavilla edullisia ja pintaliitosledeillä toteutettuja lamppuja, joiden kannat sopivat suoraan vanhoihin valaisimiin. Kuvan suuremmassa lampussa on 30 pintaliitosledi sijoitettuna ympärisäteilevästi. Lampun runko on ruostumatonta terästä ja valovirta 150 luumenia. Hintaa lampulla on alle 7 €. Pienempi lamppu on toteutettu 36:lla diskreetillä ledillä ja sen valovirta on 75 luumenia ja hinta alle 4 €.

Ledivalaistusta voi kätevä veneilijä viritellä itsekin, mutta kun markkinoille on tullut valmiita ”ledpolttimoita”, joiden kannat sopivat suoraan vanhoihin valaisimiin, kannattaa harkita pelkkien polttimoiden vaihtoja vähemmän sähköä haukkaaviin. Kuvissa olevien ”ledpolttimoiden” hinnat ovat netistä tilattuina yllättävän edullisia, vain 3–15 € parilta.

Kulkuvalot

Kun veneen kulkuvalojen polttimoita on aikaisemmin valittu, on kriteerinä ollut niiden wattimäärä eli teho. Se kertoi myös kansantajuisesti, paljonko lamppu tuotti valoa. Oikeasti tämä lukema kertoo vain sen, kuinka paljon sähkötehoa lamppu kuluttaa palaessaan, sillä kaikki se teho, jota ei hehkulampusta saada valona (5 %), muuttuu lämmöksi (95 %). Kun valonlähteinä käytetään ledejä, joiden lämmöntuotto on vähäinen valontuottoon verrattuna, täytyy ottaa muita suureita käyttöön.

Valovirta ilmaisee sen paljonko valoa valonlähde antaa. Valovirran yksikkö on luumen (lm). Ledi-valojen valovirran määrä ilmaistaankin luumeneina eikä watteina. Esimerkiksi veneen kulkuvaloissa yleisesti käytetetyn 10 W hehkulankalampun valonvirta on non 40–50 lm (näkyvyys yli 2 meripenikulmaa).

Valotehokkuus puolestaan kertoo valolähteestä saadun valomäärän suhteessa käytettyyn sähkötehoon. Valonlähteiden valotehokkuuden yksikkö on lm/W (luumen/watti) joka kuvaa lampun hyötysuhdetta (miten tehokkaasti lamppu muuttaa sähköenergiaa valoksi). Kandela (valovoima) on valonlähteen valovirran voimakkuus (lm) tiettyyn suuntaan (avaruuskulma steradiaaneissa). Avaruuskulma puoliavaruuteen on 2 x π x sr.

Meriteiden sääntöjen 22§:n mukaan veneiden kulkuvalojen tulee näkyä:

Alle 12 metrin alus:
- mastovalo 2 mpk
- sivuvalot 1 mpk
- perävalo 2 mpk
- yhdistelmävalo mastonhuipussa 2 mpk

Yli 12 metrinen mutta alle 20 metrinen alus:
- mastovalo 3 mpk
- sivuvalot 2 mpk
- perävalo 2 mpk
- yhdistelmävalo mastonhuipussa 2 mpk

Samojen sääntöjen liitteen 1 kohdassa 8 olevan taulukon mukaan:
- 1 mpk:n kantama saadaan 0,9 cd lampulla
- 2 mpk:n kantama saadaan 4,3 cd lampulla
- 3 mpk:n kantama saadaan 12 cd lampulla

Esimerkiksi jos ledeillä toteutetun veneen kulkuvalon tulee kantaa 3 meripenikulmaa, niin valovirran voimakkuus valolähteelle on:

$$I = 12 \text{ cd} \times 2\pi \text{ sr} = 75 \text{ lm}$$

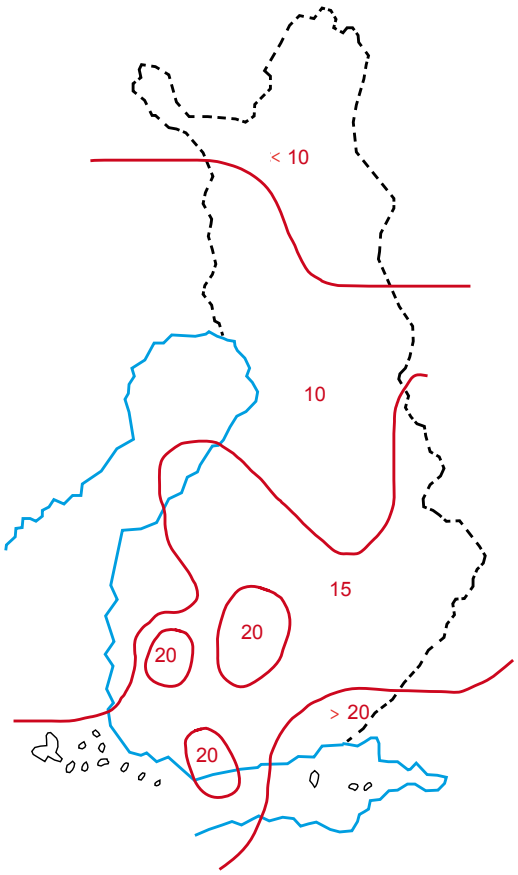
13. UKKONEN JA SALAMOINTI

Ukkonen

Suomenkielen sana ‘ukkonen’ tulee pakanuuden ajoilta. Ihmiset luulivat, että vihastunut Ukko Ylijumala päästelee vankkureillaan tuhatta ja sataa pitkin taivaan mukulakiviteitä ja heittelee ajaessaan ihmisiä kohden tulinuoliaan, ukonvaajoja (hiekkafulguriitteja).

Maapallolla on käynnissä koko ajan noin 2000 ukonilmaa. Kun niissä syntyy yhteensä joka sekunti 30–100 salamaa, niin yhden vuorokauden aikana salamoita esiintyy maailmassa kaikkiaan lähes 10 miljoonaa.

Suomen ukkostiheys on eurooppalaisittain verraten melko alhainen 10–20 ukkospäivää vuodessa, joiden aikana salama iskee maahan keskimäärin noin 140 000 kertaa.



Kuva 13.1. Keskimääräiset ukkospäiväluvut Suomessa.

Ukkospilven muodostuminen

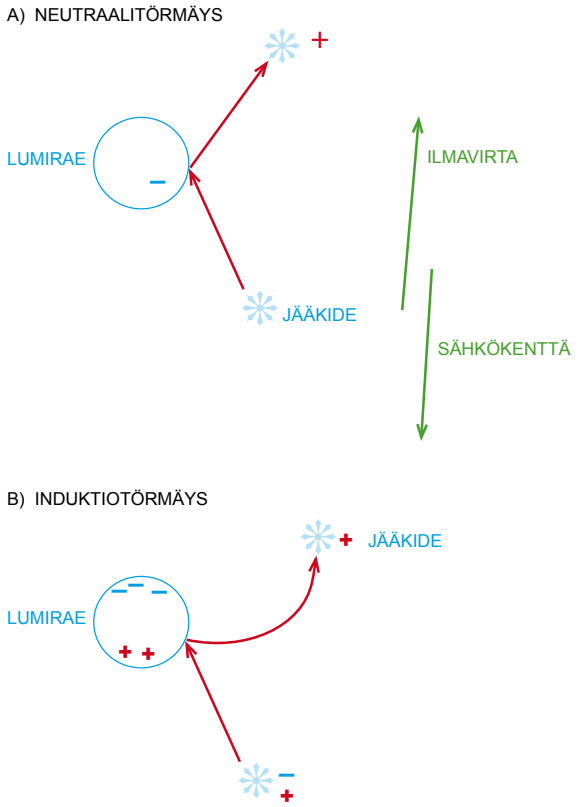
Ukkospilviä syntyy tavallisesti olosuhteissa, joille ovat tyypillisiä ilmamassojen voimakkaat pystyvirtaukset, kosteus ja lämpötilan voimakas aleneminen korkeuden kasvaessa.

Lämpöukkonen syntyy, kun auringon lämmittämä ilma nousee ylöspäin ja sen tilalle tunkeutuu mereltä kylmää ilmaa. Lämpöukkosille on tyypillistä, että ne esiintyvät vain lämpiminä vuodenaikoina ja päivällä.

Rintamaukkonen syntyy voimakkaiden lämpötilaerojen muodostaman laajan rintaman yhteydessä. Kylmä ilma tunkeutuu tällöin lämpimän ja kostean ilmamassan alle. Rintamaukkonen voi syntyä minä vuorokauden- ja vuodenaikana tahansa.

Ukkospilven sähköistyminen

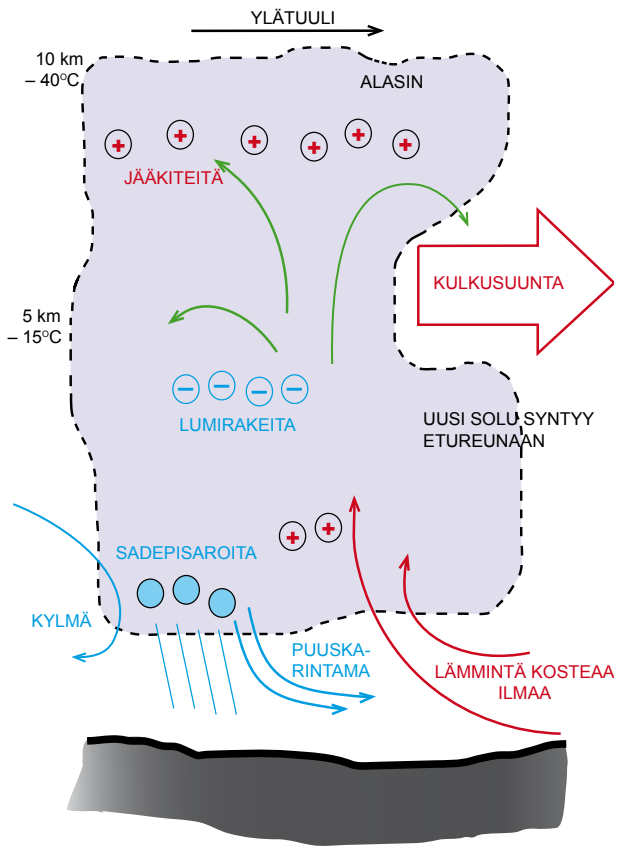
Ukkospilvi sähköistyy, kun mikrojääkiteet nousevat ylös ukkossolun voimakkaan pystyvirtauksen mukana ja hankautuvat tai iskeytyvät vajoaviin tai vastatuulessa leijuviin, millimetrin luokkaa oleviin lumirakeisiin. Lumen hankaaminen jääpalalla synnyttää staattista sähköä samaan tapaan kuin lasi- tai



Kuva 13.2. Pilvessä olevien lumirakeiden varautuminen tapahtuu kahdella tavalla: a) Neutraali törmäys, jossa varaus siirtyy lämpötilaeron takia hiukkasesta toiseen. b) Induktiotörmäys, jossa törmäyskohdan erimerkkiset varaukset neutraloituvat ja hiukkasiin jää nettovaraus.

eboniittisauvaa kissannahalla hangattaessa. Iskeytyminen puolestaan siirtää jääkiteestä varausta lumirakeeseen.

Kun varausta on kertynyt tarpeeksi, pilven varauskeskuksen jännite maahan nähden ylittää ilman läpilyöntilujuuden. Pilvestä maahan alkaa työntyä ionisoituneesta ilmasta koostuva, halkaisijaltaan – salaman voimakkuudesta riippuen – alle metrin luokkaa oleva esipurkauskanava, jonka kärki etenee 300 km/s keskinopeudella. Tavallisimman, negatiivisen, salaman esipurkauskanavan kärki etenee joidenkin kymmenien metrien hypyin ja mutkitellen. Se, miksi negatiivisen salaman esipurkauskanava etenee pomppien ja "oksittuen", mutta positiivisen salaman varsin tasaisesti ja lähes suoraviivaisesti pystysuoraan "sileärunkoisena", selittyy sysäysionisaation napaisuusriippuvuudella.



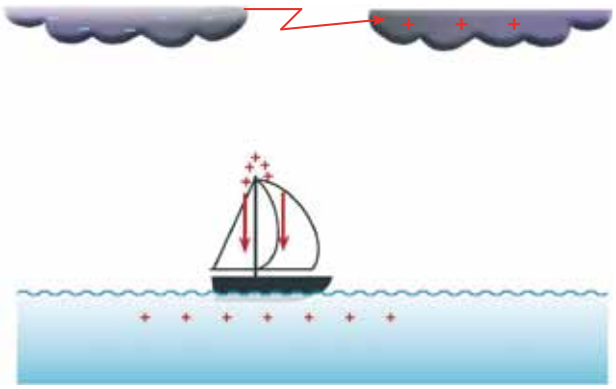
Kuva 13.3. Tyypillinen ukkospilven muoto, jossa ilmavirtaus on vasemmalta oikealle. Lämmin ilma virtaa sisään etureunassa. Pystyvirtaus keskellä (8 m/s) kuljettaa positiivisesti varautuneet jääkiteet pilven yläosaan. Keskiosaan syntyy negatiivisesti varautuneita lumirakeita. Sade muodostuu sulavista lumirakeista. Puuskarintama syntyy maanpinnan lähelle.

Salaman esiintymistavat

Salamanisku voi esiintyä kolmella tavalla:

1. pilvien välillä
2. maasta pilveen
3. pilvestä maahan

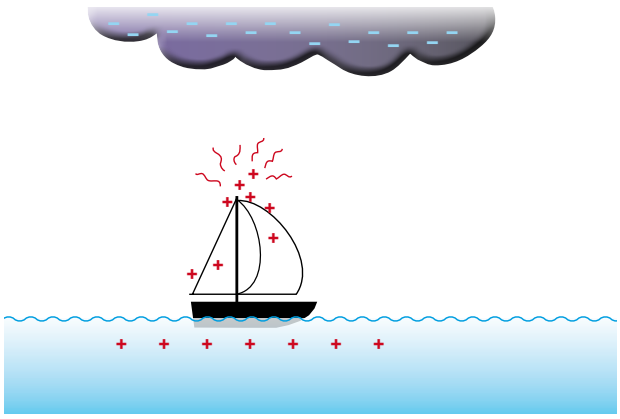
Pilvien välissä tapahtuva purkaus on veneen kannalta vaarattomin. Veneen eristettyihin metalliosiin influsoitunut varaus purkautuu, kun varausta ylläpitänyt pilven sähkö häviää salaman iskiessä pilvestä toiseen. Tällaisesta "sekundääripurkauksesta" on kysymys, kun yhtä aikaa salamaniskun kanssa veneestä kuuluu räsähdys. Maadoittamaton takilanosa muodostaa varautuneen kondensaattorin toisen navan, kun toinen on meressä. Sama ilmiö tapahtuu esimerkiksi huopakattoisen rakennuksen räystäspellityksellä, jota ei ole maadoitettu. Tällaisen purkauksen sähkömäärä on pieni, mutta veneessä räsähdys kertoo, että jotain on tekemättä suojauksen suhteen, ja purkaus saattaa vaurioittaa sähkö- ja elektroniikkalaitteita.



Kuva 13.4. Mastoon influsoitunut staattinen varaus purkautuu salaman iskiessä pilvestä toiseen. Veneen elektroniikkalaitteet saattavat vahingoittua.

Elmontuli

Ukkospilven läheisyydessä maanpinnalla saattaa syntyä myös erilaisia paikallisia sähköpurkauksia, jotka eivät johda maan ja pilven väliseen salamaniskuun. Tällainen ilmiö on esimerkiksi Elmon-tuli (ukkospilven aiheuttama staattisen sähkökentän koronapurkaus maston, antennien tai muiden "terävien" kohteiden huipusta), joka mastoissa leiskuessaan oli tuttu ainakin Gustaf Erikssonin laivoilla Australiasta viljaa purjehtineille Caphoornareille.



Kuva 13.5. Elmontuli on ukkospilven aiheuttama staattisen sähkön purkaus maston huipussa.

Pallosalama

Suomessa pallosalama lienee yleisimmin tuttu epätavallinen salamanpurkaus. Pallosalama on harvinainen ja erittäin omalaatuinen salamanpurkauksen ilmenemismuoto. Se on hohtava väriltään punertava tai sinertävä ja halkaisijaltaan 10–20 senttimetrin mittainen pallo tai rengas, joka etenee yleensä vaakatasossa mutkitellen noin 2 m/s nopeudella tuulensuunnasta riippumatta. Pallosalama esiintyy tavallisesti lähellä olevan "sähköisen myrskyn" loppuvaiheessa. Sen kestoaika vaihtelee muutamasta sekunnista useaan minuuttiin. Äänetön ja hidas katoaminen ovat tyypillisiä punertaville pallosalamoille. Sitä vastoin sinertävän valkoiset pallosalamat katoavat äkilliseti räjähdysmäisesti paukahtaen ja hävitystä aiheuttaen.

Pallosalamoiden tutkimisessa on vaikeimmaksi tullut selvittää salaman melko pitkä "elinikä". Monimutkaisista malleista useimmat käyttävät hyväkseen plasma- ja atomifysiikkaa. Tekniikan tohtori Antti J. Pesosen arvion mukaan pallosalama on "keskenjääneen salaman esipurkauskanavan heitteille jääneestä varauksesta muodostunut liikkuva koronapallo".

Elmontuli ja pallosalamat aiheuttavat joko galvaanisesti tai induktiivisesti veneen radio- ja mittalaitteisiin häiriöitä.

Salamapurkaus

Salamanisku koostuu useimmiten useasta, toisiaan seuraavasta purkauksesta. Noin puolessa tapauksista on perättäisiä purkauksia vähintään kaksi. Koko salaman kesto on keskimäärin sekunnin viidesosa (200 ms). Yksittäisten purkausten välinen aika on keskimäärin 40 ms. Tänä aikana salamakanavassa voi kulkea vakiovirta, mikä selittää sen, että salaman sisältämä energiamäärä saattaa olla suurempi kuin yksittäisten purkausten energiamäärien summa.

Salaman vaara- ja vauriovaikutusten kannalta tärkeitä suureita ovat: salamavirran suuruus, salamavirran jyrkkyys, purkauksen sisältämä varaus sekä purkauksen ominaisenergia (MJ/ohmi).

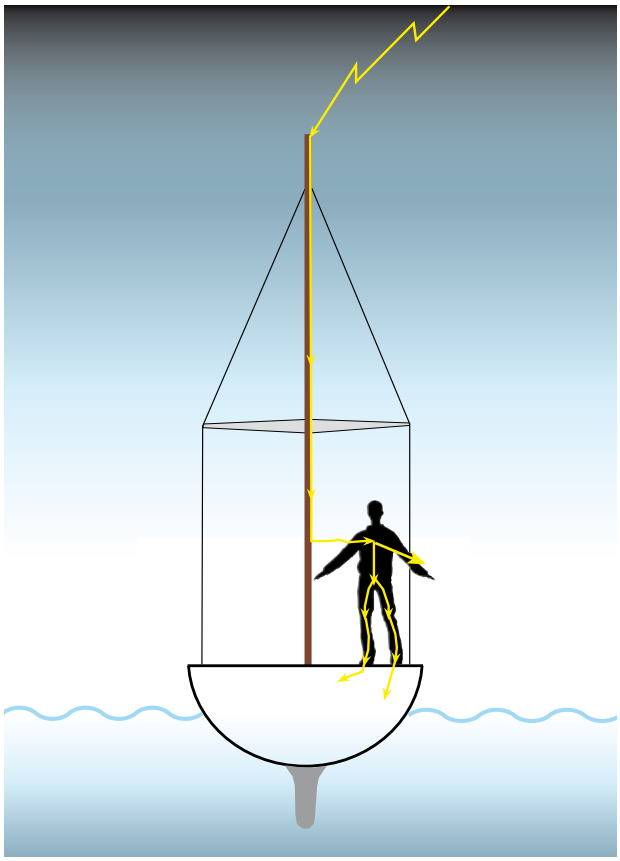
Jyrinä

Koska ilma salamaurassa kuumenee alle 1/10 000 sekunnissa kymmeniin tuhansiin celsiusasteisiin, kyseessä on kaasuräjähdys. Räjähdyksen ääni kestää kauan, koska sen kulkema matka ja siten myös kulkuaika (nopeus noin 340 m/s) salamauran eri osista on erilainen. Mutta miksi jyrinä on vaihtelevaa jylinää?

Jos salamaura olisi ympyränkaari, jonka keskipisteessä havainnoitsija on, ääni olisi kuin tykinlaukaus. Negatiivinen salama on mutkitteleva ja "oksittunut", siinä on havainnoitsijaan nähden eri asennoissa olevia osuuksia. Kerrannaissalamat tuovat räiskeeseen oman lisänsä.

Salaman vaikutus ihmiseen

Ihmisen läheisyyteen osuva salamanisku voi aiheuttaa vaaraa kosketusjännitteen tai sivuiskun takia. Sivuisku aiheutuu siitä, että iskukohteen potentiaali



Kuva 13.6. Maadottamattomasta mastosta saattaa saada vaarallisen sivuiskun, vaikka henkilö ei koskettaisikaan maston metalliosiin.

ylittää jossakin kohdassa lähellä olevan ihmisen ja ilman välisen jännitelujuuden. Mastoon osunut salama ei jatkakaan metallirakenteita pitkin veteen asti, vaan saattaa hypätä ihmiseen. Noin 3 m etäisyydestä alkaen mastosta ihminen on kuitenkin lähes täydellisesti turvassa salamoilta etäisyyteen, joka on noin puolet maston korkeudesta.

Noin 35 % ihmiseen osuneista suorista salamaniskuista johtaa välittömään kuolemaan. Sydänkammiovärinä on todennäköinen kuolinsyy. Tappava sydänkammiovärinä syntyy vain, kun isku osuu sydämen toimintajakson ns. haavoittuvalle osalle, joka on noin 30 % koko toimintajaksosta. Kuitenkin on viitteitä myös siitä, että selkäydinjatkoksessa sijaitsevan hengityskeskuksen läpi menevä virta saattaa pitkäksikin ajaksi lamaannuttaa hengityselinten toiminnan. Salamavirta voi kulkea myös kosteaa ihoa tai märkiä vaatteita pitkin, jolloin seurauksena on vaatteiden, ihon tai ruumiinosien palaminen.

Lämpövaikutukset

Salamakanavan keskusosan suuri lämpötila (30 000 °C) kestää vain muutamia mikrosekunteja ja on halkaisijaltaan vain 2 cm. Tästä syystä kaikilla salamaniskuilla ei ole suoraan sytyttävää vaikutusta. Keskeinen lämpövaikutus veneessä muodostuu lähinnä iskukohdan ja ohuiden johtimien sulamisesta tai heikosti johtavien materiaalien nopeasta kuumenemisesta. Salaman ominaisenergian (IEC 62305) perusteella voidaan arvioida metallijohtimien lämpötilan nousua ja sulavan metallin määrää. Kun muutaman millimetrin alueelle keskitetään salamaniskun energia, osa metallista suorastaan höyrystyy. Nyrkkisääntönä voidaan sanoa, että salaman sulattaman metallin määrä on 12 mm^3/As alumiinia ja 5 mm^3/As kuparia.

On huomattava, että pienetkin kosketusresistanssit (esim R = 0,01 ohmia) tai muuten huonot kontaktit liitoskohdissa aiheuttavat virtalämpöhäviöiden ja kipinöinnin takia vielä huomattavaa ylimääräistä lämpötilan nousua näissä kohdissa.

Johdot ovat yleensä veneessä listojen takana muovin tai puun keskellä. Jos kuparisen johtimen poikkipinta on 4 mm^2, niin se voi kuumeta yli 600 asteeseen. Tällöin syttyy niin muovi kuin puukin palamaan välittömästi.

Mekaaniset vaikutukset

Salaman aiheuttamat mekaaniset vaikutukset perustuvat joko magneettikentän ja virrallisen johtimen väliseen voimavaikutukseen tai kuumentuneen kohteen sisällä tapahtuvaan kaasun lämpölaajenemiseen. Jälkimmäinen ilmiö selittää muunmuassa reiät veneen kyljissä tai maston halkeamisen. Huonosti johtavaan tai eristävään aineeseen (esim. lasikuitu) kohdistunut salamanisku aiheuttaa kohteeseen suuren lämpötilan nousun. Materiaalin sisällä oleva kosteus höyrystyy ja iskun kohteeksi joutunut esine saattaa pirstoutua paineen vaikutuksesta.

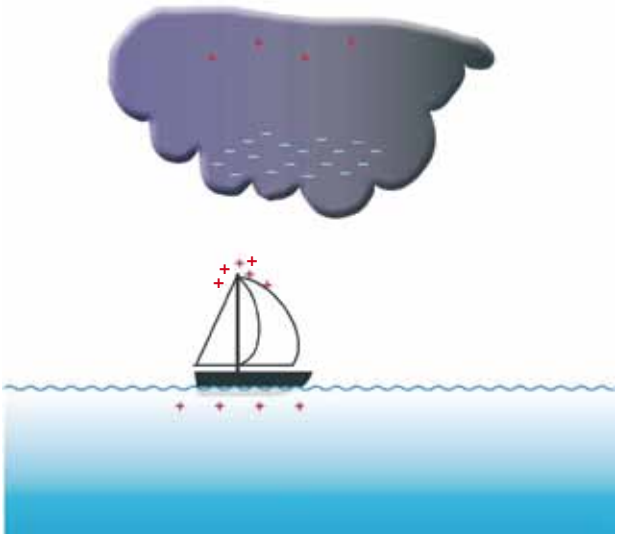
Mikäli maston maadoitukseen käytetty johto tekee mutkan, pyrkii johdossa kulkevan virran aiheuttama kenttä “suoristamaan “ ko. mutkan.

Sähköiset vaikutukset

Negatiivisten salamoiden virran huippuarvo on keskimäärin 12 000A, ja voi poikkeuksellisen voimakkaalla salamalla olla jopa yli 100 000A. Positiiviset salamat ovat jonkin verran voimakkaampia kuin negatiiviset, ja niitä on Suomen ilmastossa noin 10 % kaikista maasalamoista. Noin puolet negatiivisista salamoista käsittää vain yhden osaiskun, mutta osaiskuja voi olla jopa 15, Suomessa keskimäärin kaksi.

Ensimmäinen osaisku on yleensä selvästi voimakkaampi kuin seuraavat. Positiivisilla salamoilla kertaantuminen on harvinaista. Kaikista salamoista noin 2/3 on Suomessa pilven sisäisiä (niitä esiintyy erityisesti pilven sähköistymisen alkuvaiheessa) tai pilvien välisiä, ja maasalamoita on siis vain noin 1/3, tropiikissa vielä paljon pienempi osuus.

Useimmiten veneelle vaarallinen ukkospurkaus kehittyy kuvien 13.7.–13.9. mukaisesti. Kuva 13.7. esittää alkutilaa, jossa 2–10 kilometrin välillä oleva ukkospilvi (kuva 13.3.) sisältää alimpana heikon



Kuva 13.7. Veneen yläpuolella oleva ukkospilvi influsoi pilven alapuolen varaukselle vastakkaisen varauksen.

positiivisen varauksen, vaikka ukkospilven pääasiallinen varaus on negatiivinen. Pilven yläosa on positiivinen. Veteen influsoituu pilven negatiivisille varauksille vastakkaismerkkiset varaukset.

Kuvassa 13.8. on pilven alaosan varaus tihentynyt, ja kohdalla olevan veneen mastosta alkaa kehittyä vastaesisalama. Pilvestä ”roikkuu” ionisoitunut purkauskanavan alku, joka kasvaa noin 10–200 metrin hypyillä alaspäin.

Pilvestä alaspäin alkava ”esisalama” etenee kohti alla olevaa kohdetta. Varsinaisen iskukohdan valinta tapahtuu vasta viimeisen sadan metrin aikana.

Kuvassa 13.9. on kehittynyt ionisaatiokanava pilven ja veneen välille, ja purkaus alkaa- ensimmäisen kerran hitaana esipurkauksena, jolloin etenemisnopeus on ”vain” noin 300 kilometriä sekunnissa. Se poistaa osan pilven varauksesta, mutta jättää jälkeensä ionisoituneen kanavan, jota pitkin pääpurkaus alhaalta ylöspäin tapahtuu muutamaa kymmentä tuhannesosa sekuntia myöhemmin.

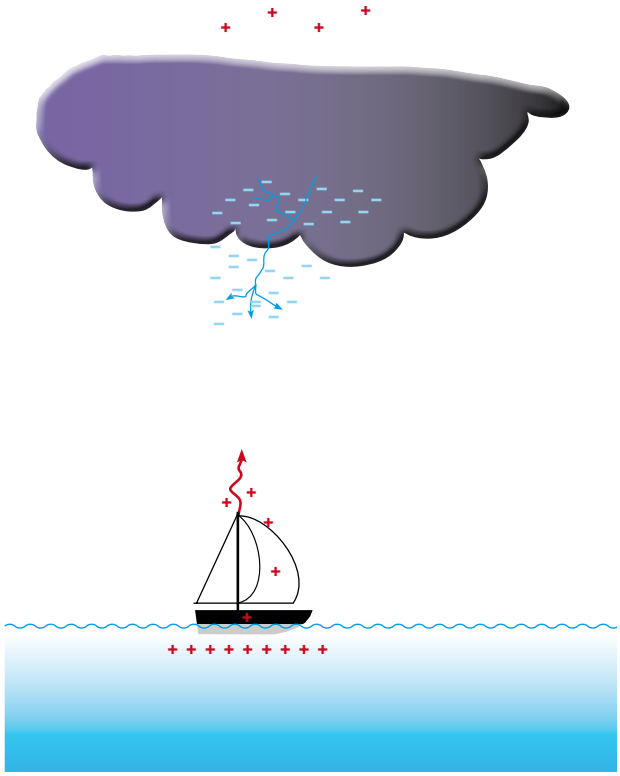
Esi- ja pääpurkauksia esiintyy peräkkäin useita, mutta silmä rekisteröi koko prosessin vain yhtenä välähdyksenä. Pääpurkauksen etenemisnopeus on esipurkaukseen verrattuna moninkertainen. Syntyneessä plasmakanavassa ilma kuumenee 15 000– 20 000 °C, ja rajusti laajetessaan se aiheuttaa ukkosen jyrisevän äänen.

Purkauksen edellytyksenä on niin suuri kentän voimakkuus, että ilman eristyskyvyn läpilyöntilujuus ylittyy. Tämä riippuu mm. ilman kosteudesta ja on suuruusluokkaa 5 000–10 000 V/cm.

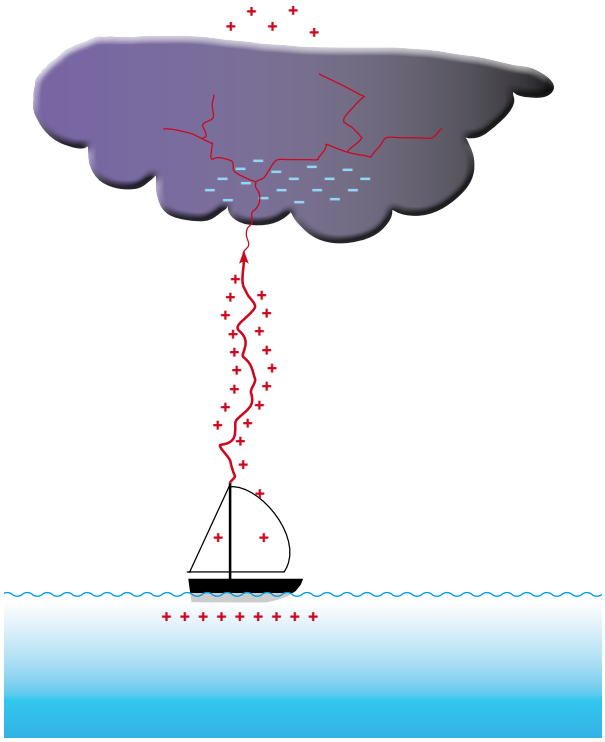
Vaikka salaman pääpurkauksen impulssin virta on suuri, huipussaan yleensä 30 000 A:n luokkaa, on sen kesto alle sekunnin tuhannesosan. Esipurkauksessa vapautuu varsin pieni sähkömäärä, noin 1 As, mutta pääpurkaus on sähkömäärältään moninkertainen. Koko salamaprosessin aikana purkautuu muutaman kymmenen ampeerisekunnin sähkövaraukset. Purkausvirran muoto ja huippuarvo on kuvan 13.10. mukainen. Kuvan pinta-ala kertoo yhden osaiskun sähkömäärän.

Joskus esiintyy ”positiivisia salamoita”. Tällöin pilven ja maan varaukset ovat päin vastoin verrattuna kuviin 13.7.–13.9. Jostain syystä tällainen purkaus kestää yleensä kauemmin ja yhdessä purkauksessa vapautuva sähkömäärä on lähes kymmenkertainen, jolloin vahingotkin ovat selvästi suurempia. Yleensä positiivisten purkausten on katsottu kuuluvan tropiikkiin, mutta jotkut ruotsalaistutkijat väittävät maaperään osuneista salaman iskuista jopa puolet olevan positiivisia.

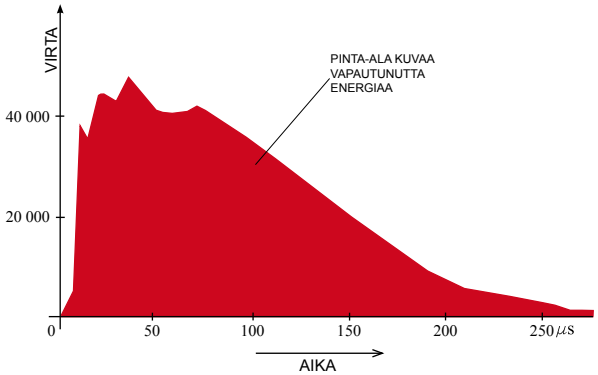
Jos salama purkautuu metallisen johtimen kautta ja purkaustiellä on huonosti johtava kohta (esimerkiksi hapettunut liitos) tämä kohta kuumenee ja palaa poikki. Tällöin purkaus johdon katketessa hakeutuu



Kuva 13.8. Pilvestä roikkuu esisalama kohti veneen mastoa.



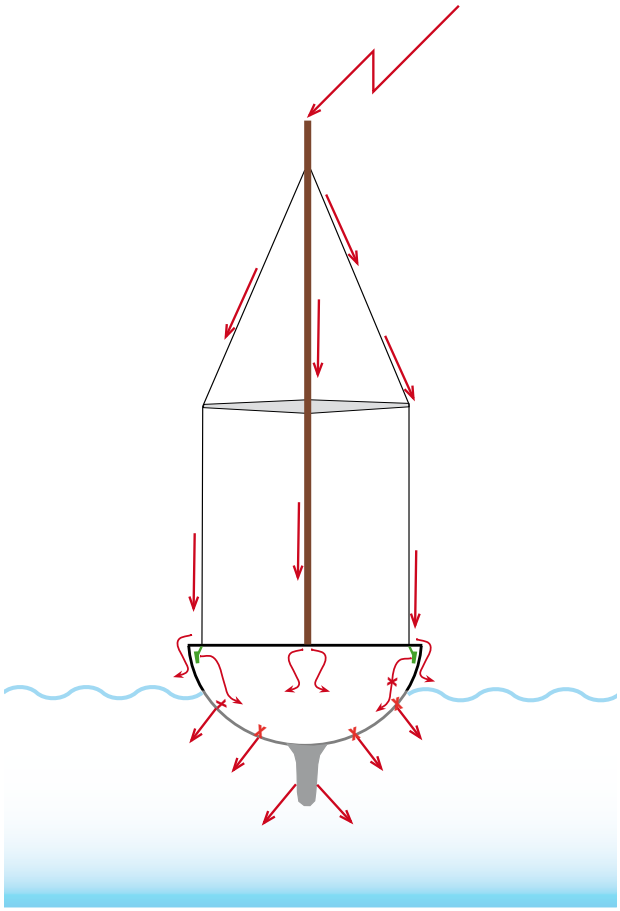
Kuva 13.9. Pilven ja veneen välille muodostunut ionisaatiokanava on avannut tien varsinaiselle salamalle.



Kuva 13.10. Salaman iskun aikana vapautunut kokonaisvaraus on kuvan pinta-alan suuruinen. Vaikka virta aluksi on suuri pienenee se parin sadan mikrosekunnin (mikrosekunti = miljoonasosa sekuntia) kuluessa lähes nollaan.

uudelle tielle. Tämä selittää useimmat monelle eri suunnalle syntyneet vauriot. Kun eri teille haarautunut virta kohtaa eri suuruisia vastuksia syntyy myös veneen eri osien välille suuria jännite-eroja.

Kun salama purkautuu mereen maston huipun kautta, sen ja meren välillä on usein metallinen yhteys, esimerkiksi potkuriakselia pitkin.



Kuva 13.11. Salaman osuessa suojaamattoman veneen maston purkaus veteen tapahtuu kaikkia mahdollisia reittejä. Lasikuitulaminaatissa oleva kosteus höyrystyy ja laminaattiin syntyy reikiä.

Maadoittamattoman vantin alapää on kuitenkin irti vedestä, eli ilmassa sähkön kannalta. Mastossa on useimmiten sähköjohtoja mm. kulkuvaloille. Ylhäältä lukien salaman reitillä on lamppu, kaapeli, kytkin, varoke, akku, laturi, moottori, potkurinakseli ja viimein merivesi. On yhdentekevää onko kytkin auki vai kiinni (ilmaväli kytkimessä on ehkä muutama milli ja salama on jo selvinnyt useamman kilometrin läpilyönnistä), myöskään johdon muovieristys ei estä salamaa hakeutumasta tälle reitille. Johtimien vastus on muutaman ohmin suuruusluokkaa, joka on merkityksetön salaman suuren jännitteen kannalta.

Kun salama iskee maadoittamattoman maston kautta, veneen koko sähköjärjestelmä, johdot, lamput, radiot, kaikuluotaimet, navigaattorit ja muut mittalaitteet ovat hetkellisesti satojentuhansien volttien jännitteessä meriveteen verrattuna. Samoin ovat jännitteellisiä maston vaijerit. Meren potentiaalissa ovat moottori, akku ja mikä pahinta ruoriratas.

Polttoainesäiliön tilanne ei ole yhtään parempi. Maadoittamattomana se se ”kelluu” sähköisesti, jos siihen liittyy vain muovisia tai kumisia putkia. Polttoainemittarin anturi säiliön kannessa saattaa kipinöidessään sytyttää koko säiliön.

Vanttien ja staagien alapään kiinnityskohdat (rustiraudat) on joko laminoitu tai pultattu veneen kylkiin tai laipioihin kiinni ja ne ovat yleensä maadoittamatta. Satojen tuhansien volttien jännite meren ja rustiraudan välissä aiheuttaa todennäköisesti läpilyönnin veteen, joko kyljen tai pohjan lasikuitumuovin kautta, jolloin tuloksena on reikä. Toinen mahdollisuus on epämääräinen pintapurkaus pitkin veneen kantta ja kylkiä vene on sateella märkä. Tällaisen reitin resistanssi (vastus) on suuri, jolloin veneen pintaan palaa erilaisia kuvioita.

Laskentakaavoja

Salaman vaarallisuus on seurausta ennen muuta purkausvirran suuruudesta. Vastuksessa R (esim. maadoitusjohtimessa tai jollei sellaista ole, veneen rungossa) kulkeva virta I aiheuttaa seuraavan kaavan mukaisen tehohäviön P:

$$P = RI^2$$

Jos virta I kulkee ajan t saadaan vastuksessa vapautuva energia W seuraavasta kaavasta:

$$W = RI^2t$$

Kun salamapurkauksen virta ei ole vakio vaan kuvan 13.10. mukainen, on lyhyenä aikavälinä dt vapautuva energia (kun virran hetkellisarvo = i):

$$dW = Ri^2dt$$

Koko purkauksen aikana resistansissa vapautuva

energia on lyhyitten aikavälien energiahäviöitten summa, eli ominaisenergia (joule/ohmi):

$$\frac{W}{R} = \int i^2 dt$$

Integraalia i^2 nimittävät saksalaiset tutkijat Hasse ja Wiesinger ”Salamointi ja maadoitus”kirjassaan (Handbuch für Blitzung und Errdung) virran neliöimpulssiksi (Stromquardratimpuls) ja antavat tälle arvoja 1–100 A^2s purkauksen suuruuden mukaan (alarajan ollessa kuitenkin tavallisemman).

Keskimääräisen salaman ominaisenergia on luokkaa 5,6 MJ/ohmi eli noin 1,6 kWh/ohmi.

Vastuksen päiden välissä (maadoitusjohdin tai veneen runko) vaikuttaa suurimmillaan jännitehäviö:

$$u = iR$$

Kun 100 000 ampeerin virta kulkee yhden ohmin vastuksen kautta syntyy päiden välille 100 000 voltin jännite.

Suoran salamaniskun lisäksi salamavirtakanavan sähkömagneettisella induktiolla eli antenni-vaikutuksella on suuri merkitys veneisiin syntyviin vaara- ja ylijännitteisiin. Veneen kaidevaijereihin tai maston, puomin ja takaharuksen muodostamaan avoimeen silmukkaan saattaa indusoitua vaarallisen suuria jännitteitä.

Kaidevaijereihin indusoituvan jännitteen suuruus on arvioitavissa yhtälöstä:

$$u = kZ_0 i \times \frac{h}{s}$$

missä
k = kerroin (1,2....1,3),
Z_0 = 30 ohmia,
i = salamavirta,
h = kaidevaijerien korkeus vedenpinnasta,
s = etäisyys iskukohdasta.

Myös salamavirran jyrkkyydellä on tärkeä merkitys arvioitaessa avoimeen silmukkaan indusoituvaa jännitettä. Esimerkiksi mastosta etäisyydellä s iskevän salaman indusoiva jännite (u) maston, puomin ja takaharuksen muodostamaan avoimeen silmukkaan on:

$$u = k \times \frac{0}{2\pi} \times \frac{A}{s} \times \frac{di}{dt}$$

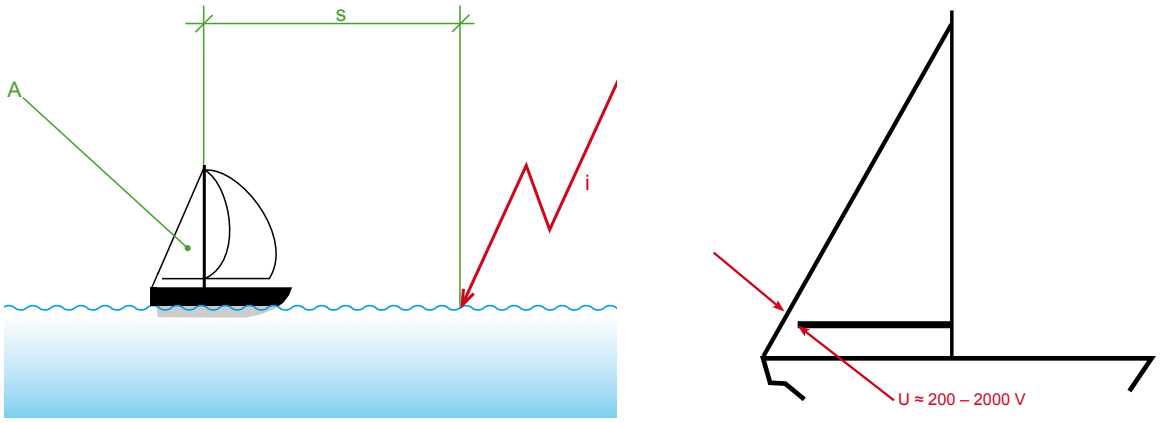
missä
u = mastosilmukkaan indusoituva jännite,
k = kerroin,
A = silmukan pinta-ala,
s = salamaniskun etäisyys veneestä,
di/dt =salamavirran jyrkkyys,
$\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$ Vs/Am

Kerroin k ottaa huomioon salamavirran ääreellisen etenemisnopeuden vaikutukset. Kun isku tapahtuu esim. 5 km päässä, pätee k = 0,7. Vielä tälläkin etäisyydellä voi syntyä laitevaurioita tai epämielyttäviä sähköiskuja aiheuttavia jännitteitä.

Salamasuojauksen periaatteet

Veneen sähkö- ja elektroniikkajärjestelmien salamasuojaus edellyttää suojausta sekä suorilta salaman-iskuilta, että kauempaa veteen tapahtuvien iskujen indusoimilta ylijännitteiltä. Ulkoisella suojauksella onkin suuri merkitys sähkö- ja elektroniikkalaitteiden vaurioiden ehkäisemisessä. Kaikkien salamasuojausjohtojen pitäisi kulkea lähellä veneen ulkoreunoja. Liittimien ja liitosten pitää olla tukevia ja korroosionkestäviä. Kaikki liitokset tulisi tarkistaa vuosittain. Jollei käytetä veneen pohjassa erillistä maadoituslevyä, tulisi veneen köli olla osittain maalaamatta. Veneen ulkopuolinen maadoituselektrodi voidaan varustaa kipinävälillä, jolloin vältytään sähkökemialliselta korroosiolta.

Suojausjohdinreittien tulee olla mahdollisimman



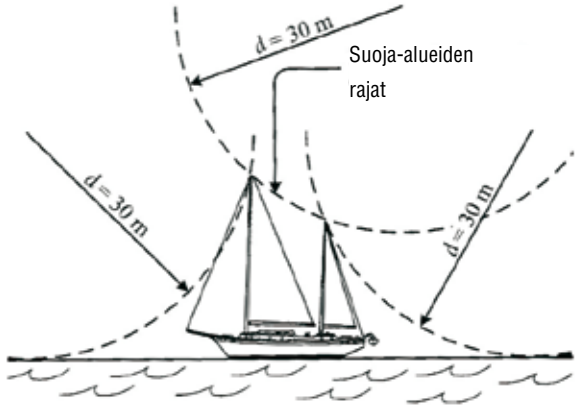
Kuva 13.12. Salaman antennivaikutus indusoi maston, puomin ja takaharuksen muodostamaan avoimeen silmukkaan suuriakin jännitteitä.

suoria, mitä suorempi yhteys, sitä pienempi sivuiskun mahdollisuus. Johtimien pitää kestää maksimivirrat liiaksi kuumentumatta. Minimipoikkipinnat ovat 21 mm^2 kuparia tai 40 mm^2 alumiinia (NFPA 780-2008).

Mastojen suojaava vaikutus

Pilvestä alas suuntautuvan esipurkauksen lähestyessä venettä sähkökentän voimakkuus kasvaa maston huipussa. Tietyllä hetkellä ns. koronasyttymisjännite ylittyy ja maston huipusta alkaa kehittyä pilveen suuntautuva vastapurkaus. Tällaisia purkauksia voi syntyä samnaikaisesti useitakin, koska alaspäin suuntautuva esipurkauskanava on yleensä monihaarainen. Lopullinen iskukohta määräytyy, kun alas- ja ylöspäin etenevät purkauskanavat kohtaavat toisensa.

Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että maston antama suoja on 45° alle 20 metrin korkuisilla mastoilla ja pienee 30°:een tätä korkeammilla mastoilla. Maston antaman suojan epätodennäköisyyskin voidaan tietysti laskea. Karkea laskenta puolitonnarin kokoisen veneen maston suojauksen epäonnistumiselle antaa salaman osumisesta suoraan veneessä olijoihin arvon 1,9 x 10^{-5} 1/a , eli salama osuisi ihmiseen kerran 53 000 vuodessa maston suojaavasta vaikutuksesta huolimatta.



Kuva 13.13. Kaksimastoisen veneen mastojen suorilta salamaniskuilta suojaama alue.

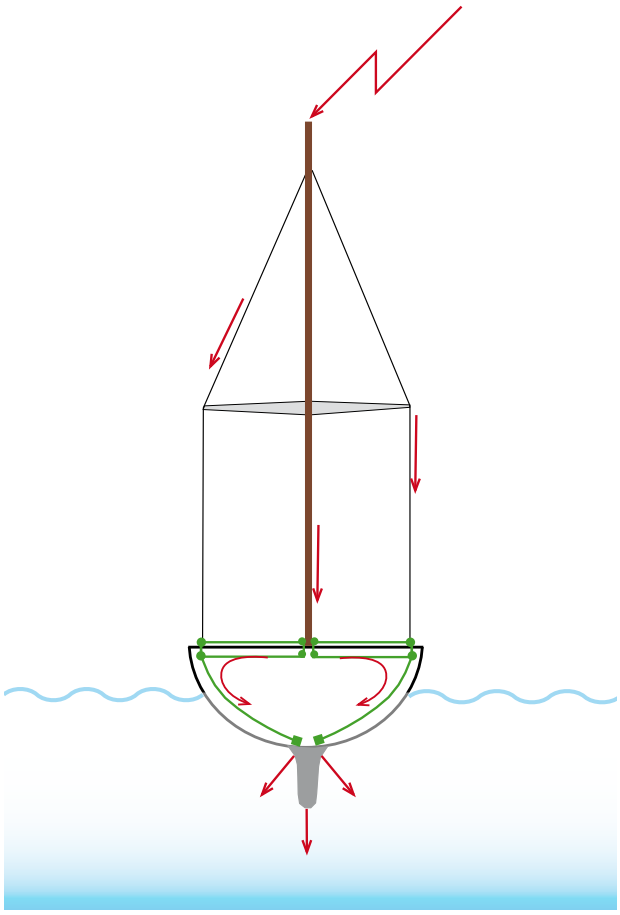
Kuva 13.14. Moottoriveneen antennimaston suorilta salamaniskuilta suojaama alue.

Salamasuojauksen parantaminen

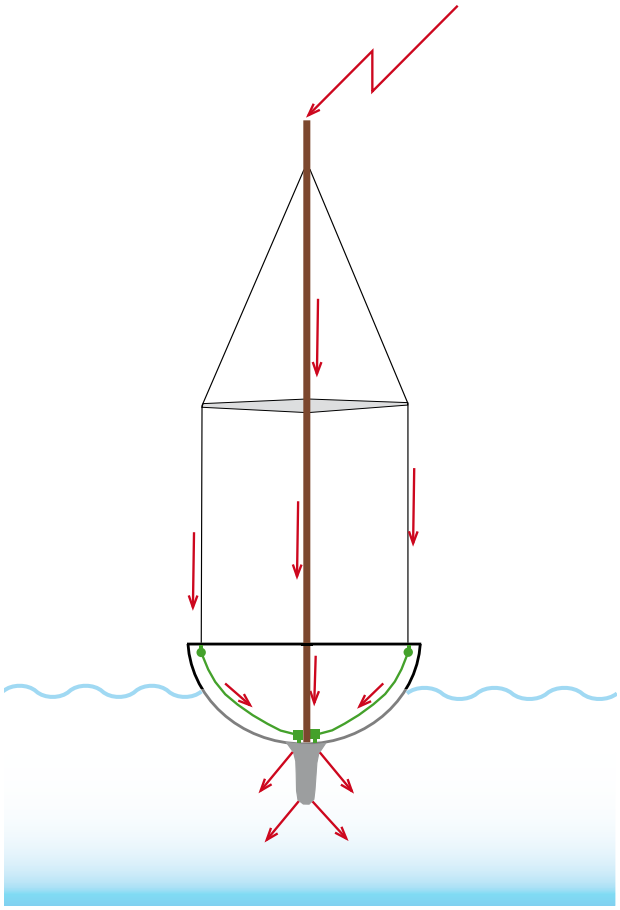
Veneissä nykyään käytetyt alumiinimastot ja ruostumatonta terästä olevat vantit toimivat alastulojohtimina, jos ne on oikein "maadoitettu" veteen.

Salamalle olisi järjestettävä purkautumistiet veneen ulkopuolelle ja estettävä sisäkautta tapahtuva purkautuminen. Kuitenkin masto pitäisi maadoittaa alapäästään tai sen tukipylvään kautta veneen pohjan alle veteen luotettavasti metallisin kontaktein. Vaikka hytin läpi menevässä mastossa tai sitä tukevassa metallitolpassa kulkee hetkellisesti tuhansien ampeerien virta, kestää masto ja tolppa sen kuumenematta.

Valmiin veneen ukkosuojausta voi parantaa yhdistämällä rustiraudat veneen laidan sisäpinnassa kulkevalla kaapelilla kölin kiinnityspultteihin (kuvat 13.15. ja 13.16.). Läpimenevä maston tapauksessa mastokenkä on hyvä maadoittaa kölipultteihin.



Kuva 13.15. Kannelle tuetun maston ukkossuojaus.



Kuva 13.16. Läpimenevän maston ukkossuojaus.

Hätätoimenpiteitä

Jos edellä mainitut maadoitusvaihtoehdot ovat jääneet jostain syystä hoitamatta ja ukonilma lähestyy, voi vielä ryhtyä muutamiin varotoimenpiteisiin. Ensiksikin on syytä huomata, ettei ukkospilvi kulje välttämättä samaan suuntaan kuin tuuli meren pinnassa. Pilvi kasvaa usein vastatuuleen.

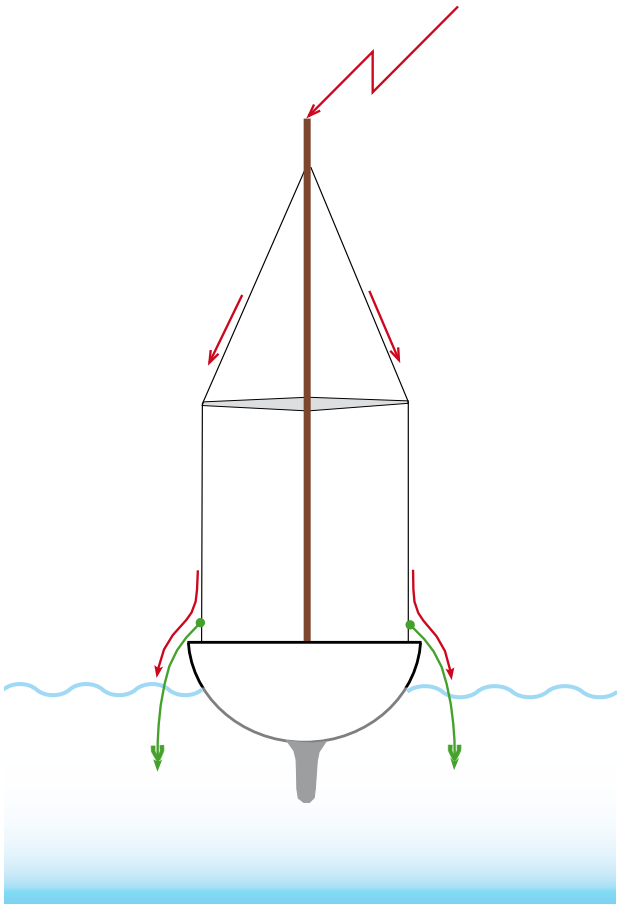
Ukkosen ajaksi pitää mastovalojen kaapelitulppa samoin kuin antennin koaksiaaliliitin irrottaa. Pikaavun ukkosmaadoitukseen saa esimerkiksi autosta veneeseen siirretyistä varakäynnistyskaapeleista. Käynnistyskaapelit kiinnitetään puristimillaan vantteihin kummallekin puolen venettä ja toinen pää pudotetaan mereen (kuva 13.17.). Samaan tarkoitukseen voi käyttää myös ankkurikettinkiä. Vaikka liitokset ovat sähköisesti huonoja, ankkuriketju tuskin palaa poikki, tai vantti sulaa.

Kuinka syvällä meressä maadoitusjohdon alapään on oltava? Sillä ei ole paljon väliä kunhan metallin pinta-alaa on riittävästi.

Oli maadoitusta tai ei niin vene on joka tapauksessa ympäristöään korkeampi kohta ja todennäköisin salaman iskun kohde. Veneen kohdalla etäisyys pilveen on lyhyempi kuin muualla.

”Pääseminen” salaman iskemäksi Suomessa on todella huonoa tuuria, todennäköisyys on samaa suuruusluokkaa kuin jättipotin saaminen lotossa. Mutta jokainen salama osuu aina johonkin.

Suomessa arvioidaan salaman iskevän keskimmäärin kerran vuodessa veneeseen.



Kuva 13.17. Auton käynnistyskaapeleilla toteutettu hätämaadoitus.

Kirjallisuusviitteitä:

Strøm om board (Norges Elektroentreprenørforbund)

Boat Electrics, James Yates (The Crowood Press Ltd)

The Marine Electrical and Electronics Bible, John C. Payne (Allard Coles Nautical)

Ohjeet pienalusten sähkölaitteistojen suunnittelusta, rakentamisesta ja korjaamisesta (Sähkötarkastuskeskuksen julkaisu D 2-92)

Standardi SFS 6000-7-709 Venesatamat

Veneliikenteen Säädökset (Edita Publishing Oy)

Rakennusten ja rakenteiden salmasuojaus 2009 (SFS käksikirja 609)

Rakennusten ukkossuojaus (SGS käsikirja 33)

Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus (Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL)

Ukkonen ja salmat, Tapio J. Tuomi (URSAn julkaisuja 46)

Materiaalia lasten ja nuorten sähköturvallisuuden edistämiseksi

Sähköturvallisuuden edistämiskeskuksen oppaista ja verkkosivuilta apua lasten ja nuorten sähköturvallisuuteen ja energiansäästöön liittyvään opetukseen.

Alakoulun opetukseen Pikku-Kallen sähkökoulu -opas

Pikku-Kallen sähkökoulu on lasten ja nuorten opas sähköturvallisuuteen. Oppaassa haetaan vastauksia sähköturvallisuuden peruskysymyksiin. Oppaan tavoitteena on, että jokaisessa kodissa sovittaisiin sähkölaitteiden käytöstä lasten kanssa yhdessä ja opetettaisiin sähkölaitteiden oikeat ja turvalliset käsittelytavat. Oppaaseen liittyy lisäksi Pikku-Kallen sähkövisailu, joka löytyy www.stek.fi -sivuston osiosta ”Lapset ja sähkö”.

Pikku-Kallen sähkökoulu sopii käytettäväksi sähköturvallisuusasioiden opettamiseen terveystiedon tunneilla.

Pikku-Kallen sähkökoulu -opas on saatavana myös ruotsinkielisenä nimellä Lill Kalles Elskola.

Yläkoulun opetukseen
Iiro ja Sähköpää -sähkönkäytön opas

Sähkö on turvallista, kun siihen suhtautuu maltillisesti.
Yleisin syy sekä sähkötapaturmiin että tulipaloihin on huolimattomuus.
Sähkötapaturmat voi välttää, jos tuntee millaista sähkö on,
ja miten sähkö toimii elinympäristössämme.

Iiro ja Sähköpää sähkönkäytön oppaan asiat ovat
tuttuja luonnontiedon, kemian tai fysiikan tunneilta.
Oppaan kappaleiden lopussa olevien kysymysten avulla voi testata,
ovatko kirjassa mainitut asiat opittu.

www.stek.fi -sivuston osiosta ”Lapset ja sähkö” löytyy lisäksi
Iiro ja Sähköpää -peli, jonka avulla voi testata sähkötietouttaan.

SÄTKY opettaa kodin sähköturvallisuutta

SÄTKY on www.stek.fi -sivuston osiosta
”Lapset ja sähkö” löytyvä peli, jonka avulla opitaan turvallista sähkönkäyttöä ja tunnistamaan sähkön vaaroja. Pelissä liikutaan kotona eri huonetiloissa virtuaalinoppaa heittämällä. Mitä paremmin pelaaja osaa ratkaista eteen tulevat tehtävät, sitä enemmän akussa riittää virtaa. SÄTKY tukee Iiro ja Sähköpää -opasta.

Lasten ja nuorten omat sähkösivut

www.stek.fi -sivuston osiosta ”Lapset ja sähkö” löytyvät lasten ja nuorten omat sähkösivut. Sivut on tarkoitettu opetuksen tueksi ja sivuille on koottu kaikki STEK julkaisut esittelyineen sekä opetukselliset nettipelit. Sivuillaliikkujaa opastaa Robozäk012V-niminen robotti.
Sivuilta löytyvät myös STEK julkaisujen PDF-versiot ladattavaksi ja tulostettaviksi omalle koneelle.

STEK

Sähköturvallisuuden Edistämiskeskus ry

Sähköturvallisuuden edistämiskeskus STEK ry edistää ja kehittää sähköturvallisuutta, energiatehokkuutta ja niihin läheisesti liittyviä tehtäväalueita. Yhdistys toteuttaa ja tukee hankkeita sähköturvallisuustason ja energiatehokkuuden kehittämiseksi sekä järjestää kampanjoita sähköturvallisuuden ja energiatehokkuuden puolesta. Lisäksi STEK tukee avustuksin sähköalan standardisointia, opetusmateriaalin tuottamista, sähköalan ympäristökysymysten selvittämistä sekä koulutus- ja tutkimustyötä. Lapset ja nuoret ovat yksi Sähköturvallisuuden edistämiskeskuksen tärkeimmistä kohderyhmistä.
On tärkeää, että lapsille opetetaan pienestä pitäen oikea tapa käyttää sähkölaitteita, jotta tietämättömyys tai varomattomuus eivät aiheuttaisi heille vaaraa. Lisäksi on hyvä muistaa, että myös energiankäyttötottumuksemme muodostuvat jo lapsuusiässä.

Tilaa maksuttomat materiaalit osoitteessa www.stek.fi osiossa ”Lapset ja sähkö”!

Sähköturvallisuuden edistämiskeskus STEK ry
Särkiniementie 3, 00210 Helsinki

www.stek.fi

STEK

Sähköturvallisuuden Edistämiskeskus ry