

Matias Vesterinen

# LYIJYAKKUVERTAILU

Opinnäytetyö  
Auto- ja kuljetustekniikka

Huhtikuu 2015




MAMK

University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

|  |  |              |            |       |  |
|--|--|--------------|------------|-------|--|
|   | <b>Opinnäytetyön päivämäärä</b><br><br>21.4.2015   |              |            |       |  |
| <b>Tekijä(t)</b><br>Matias Vesterinen  | <b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b><br>Auto- ja kuljetustekniikka   |              |            |       |  |
| <b>Nimeke</b><br><br>Lyijyakkuvertailu   |  |              |            |       |  |
| <b>Tiivistelmä</b><br><br>Työn tarkoituksena oli tutkia erimerkkisten ja -hintaisten lyijyakkujen eroja. Työssä oli viisi erilaista akkua, joita vertailtiin: edullinen, kalliimpi, EFB, AGM ja usean käyttötarkoituksen akku. Verrattavia kohteita olivat akun kapasiteetti, varakapasiteetti, virranantokyky sekä kylmänä että lämpimänä ja hinta. Tavoitteena oli selvittää, kuinka tarkasti valmistajien kertomat kapasiteetti-arvot pitävät paikkansa, onko edullisemmalla ja kalliilla akulla suorituskykyeroja ja eroaako AGM- ja EFB- akut toisistaan.<br><br>Akuista mitattiin varakapasiteetti, kapasiteetti ja massa sekä tehtiin niille kuormitustestit. Kuormitustestit tehtiin jokaiselle akulle kahteen kertaan akun ollessa hallin sisälämmössä sekä pakkasessa. Kuormitustestien tuloksista laskettiin akkujen sisäiset resistanssit. Lisäksi akkujen massaa sekä hintaa verrattiin akkujen hintaan.<br><br>Opinnäytetyön tuloksista voidaan päätellä, ettei akun jälleenmyyntihinta aina korreloi sen suorituskykyyn ja varastointiaika vaikuttaa akun kapasiteettiin. AGM- ja EFB- akut pystyvät antamaan suurempaa virtaa kauemmin kuin perinteinen lyijyakku. |  |              |            |       |  |
| <b>Asiasanat (avainsanat)</b><br>Lyijy, sähkö, autoala, henkilöautot   |  |              |            |       |  |
| <b>Sivumäärä</b><br>34   | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;"><b>Kieli</b></td> <td style="width: 33%;"><b>URN</b></td> </tr> <tr> <td>Suomi</td> <td></td> </tr> </table> | <b>Kieli</b> | <b>URN</b> | Suomi |  |
| <b>Kieli</b>   | <b>URN</b>   |              |            |       |  |
| Suomi  |  |              |            |       |  |
| <b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>   |  |              |            |       |  |
| <b>Ohjaavan opettajan nimi</b><br>Kari Ehrnrooth   | <b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b>  |              |            |       |  |

## DESCRIPTION

|   |  |   |
|---|--|---|
|    |  | <b>Date of the bachelor's thesis</b><br><br>21.4.2015 |
| <b>Author(s)</b><br>Matias Vesterinen   | <b>Degree programme and option</b><br>Automotive and transport engineering |   |
| <b>Name of the bachelor's thesis</b><br>Battery comparison  |  |   |
| <b>Abstract</b><br><br>The purpose of this thesis was to research differences of various batteries with price range of 95 to 215€. There were five batteries in comparison: cheap, premium, EFB, AGM and multi-purpose battery. Comparison features capacity, reserve capacity, load test in sub-zero and room temperatures and relative prices. Objective was to examine if manufacturers' standards differ from correct measured values.<br><br>Batteries' capacities were tested with capacity tester. Digital oscilloscope and load tester were used in load testing. Batteries were weight with digital 40kg scale. Load test data were used to calculate batteries' internal resistances.<br><br>According to results, the cheapest battery isn't in all cases the lousiest one. Also batteries that have been stored for a long time may have capacity descended. AGM and EFB batteries can feed greater current longer in proportion to standard batteries. |  |   |
| <b>Subject headings, (keywords)</b><br><br>Accumulators, cell, power sources  |  |   |
| <b>Pages</b><br>34  | <b>Language</b><br>Finnish   | <b>URN</b>  |
| <b>Remarks, notes on appendices</b>   |  |   |
| <b>Tutor</b><br>Kari Ehrnrooth  | <b>Bachelor's thesis assigned by</b>                                       |   |

## SISÄLTÖ

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1      | JOHDANTO .....                           | 1  |
| 2      | YLEISTÄ TIETOA AKUISTA .....             | 1  |
| 3      | LYIJYAKUN HISTORIA .....                 | 2  |
| 4      | LYIJYAKUN RAKENNE .....                  | 2  |
| 4.1    | Kennot.....                              | 3  |
| 4.1.1  | Ristikko .....                           | 4  |
| 4.1.2  | Aktiivinen materiaali.....               | 5  |
| 4.2    | Erotin .....                             | 5  |
| 4.2.1  | Erotinmateriaali AGM- akuissa .....      | 6  |
| 4.2.2  | Erotinmateriaali geeliakuissa .....      | 7  |
| 4.3    | Elektrolyytti .....                      | 7  |
| 5      | LYIJYAKKUTYYYPIT .....                   | 8  |
| 5.1    | Avoin akku.....                          | 9  |
| 5.1.1  | Vähähuoltoiset ja huoltovapaat akut..... | 9  |
| 5.1.2  | EFB .....                                | 10 |
| 5.2    | AGM- akku .....                          | 10 |
| 6      | LYIJYAKUN KEMIA .....                    | 11 |
| 6.1    | Jännite .....                            | 12 |
| 6.2    | Itsepurkautuminen .....                  | 13 |
| 7      | LYIJYAKUN VARAAMINEN.....                | 14 |
| 7.1    | Vakiovirtalataaminen.....                | 15 |
| 7.2    | Vakiojännitelataaminen .....             | 16 |
| 8      | LYIJYAKUN TULEVAISUUS.....               | 17 |
| 9      | TESTILAITTEISTO .....                    | 18 |
| 10     | MITTAUKSET .....                         | 20 |
| 10.1   | Varakapasiteetti .....                   | 22 |
| 10.2   | Kapasiteetti .....                       | 22 |
| 10.3   | Kuormitustesti.....                      | 23 |
| 10.3.1 | Varta.....                               | 24 |
| 10.3.2 | Loxa .....                               | 25 |
| 10.3.3 | Duracell Advanced.....                   | 26 |

|   |    |
|---|----|
| 10.3.4 Duracell EFB .....                   | 27 |
| 10.3.5 Duracell AGM .....                   | 28 |
| 10.3.6 Exide .....                          | 29 |
| 10.3.7 Kylmäkäynnistysjännitteet.....       | 30 |
| Taulukko 6. Kylmäkäynnistysjännitteet.....  | 30 |
| 10.4 Akkujen massat.....                    | 30 |
| 11 TULOKSET .....                           | 31 |
| 11.1 Sisäinen resistanssi .....             | 31 |
| 11.2 Akkujen hinnat ja ominaisenergia ..... | 32 |
| 12 YHTEENVETO .....                         | 33 |
| 13 POHDINTA .....                           | 34 |
| LIITTEET                                    |    |
| 1 Duracell DE 70 AGM datasheet              |    |
| 2 Duracell DE 70 EFB datasheet              |    |
| 3 Duracell DA 74 datasheet                  |    |
| 4 Varta LFD 75 datasheet                    |    |

## KÄSITTEET

|                     |   |
|---------------------|---|
| Aktiiviaine         | Aine joka reagoi kemiallisesti tuottaessaan energiaa kun kennoa puretaan                            |
| Ampeeritunti, Ah    | Sähkövaraus jonka yhden ampeerin virta kuljettaa tunnin aikana                                      |
| Anodi               | Kennon hapettuva elektrodi  |
| C- arvo, A          | Purku- tai varausvirta ampeereina joka ilmaistaan akun kapasiteetin kertoimena                      |
| C20- arvo           | Virta jonka käynnistysakku pystyy luovuttamaan 20 tunnin ajan ilman että jännite putoaa alle 10.50V |
| Elektrodi           | Sähköparin osa jossa sähkökemiallinen reaktio tapahtuu  |
| Elektrolyytti       | Ioneja elektrodien välillä kuljettava aine  |
| Energiatiheys, Wh/l | Akkuun varastoituneen energian määrä tilavuusyksikköä kohti.  |
| Huoltovapaa akku    | Akku joka ei tarvitse huoltamista, kun ennalta määritellyt käyttöolosuhteet täyttyvät               |
| Ioni                | Elektrolyytissä varausta kuljettava hiukkanen   |
| Katodi              | Elektrodi jolla pelkistyminen tapahtuu  |

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Kenno                      | Akun toiminnallinen yksikkö, joka koostuu elektrodeista, elektrolyytistä, navoista sekä erottimesta. Sähköisen energian lähde                       |
| Kuivavarattu akku          | Joidenkin akkujen toimitustila, akku ei sisällä elektrolyyttiä, mutta levyt ovat varatussa tilassa  |
| Kylmäkäynnistysvirta (CCA) | Käynnistysakuissa virta, jonka akku pystyy tuottamaan kylmässä lämpötilassa (esim. -18 °C) 30s ajan ilman että akun jännite putoaa alle 7,2V. (SAE) |
| Käyttöikä                  | Ajanjakso jonka ajan akku pysyy käyttökelpoisena, voidaan ilmoittaa aikana, lataus-purku- sykleinä, tai kapasiteettina                              |
| Lepojännite                | avoimen virtapiirin jännite; jännite kun kuormitusvirtaa ei ole   |
| Ominaisenergia ,Wh/kg      | Akkuun varastoituneen energian määrä massayksikköä kohden.  |
| Räjähdyssuojaventtiili     | Venttiili, joka estää liekin etenemisen akun sisälle  |
| Sisäinen resistanssi       | Akun rakenteesta riippuva sisäinen vastus.  |
| SLI- akku                  | Start, light and ignition; käynnistysakku   |
| Syväpurkaus                | Tila jossa yli 80% akun kapasiteetista on käytetty.   |

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Varakapasiteetti, min | Aika joka lasketaan kuormitettaessa täyttä akkua 25A virralla kunnes akun jännite putoaa 10,50V:n. |
| VRLA                  | Huoltovapaa lyijyakku (Valve Regulated Lead Acid).   |
| Ylipaineventtiili     | Venttiili, joka päästää syntyvät kaasut akun sisältä   |
| Wattitunti, Wh        | Energian yksikkö, vastaa yhden watin tehoa tunnin ajan   |



## 1 JOHDANTO

Nykyaikaisissa autoissa on lisääntyvä määrä sähkölaitteita. Kiristyvät päästömääräykset kiihdyttävät modernien lyijyakkujen kehitystä. Markkinoilla on useiden eri valmistajien lyijyakkuja ja samankokoisen akun hinta voi vaihdella huomattavasti. Työn tarkoituksena oli selvittää erityyppisten ja -hintaisten henkilöautoihin tarkoitettujen käynnistysakkujen eroja. Nykytekniikka asettaa vaatimuksia mm. käynnistysakkujen sykliselle kestävyydelle sekä latauksen vastaanottokyvyille. Tässä työssä verrataan myös näihin vaatimuksiin kehitettyjen akkujen suorituskykyä.

Hinnoiltaan vertailtavat akut ovat alle sadasta eurosta yli kahteen sataan euroon. Testattavista akuista kallein maksaa yli kaksi kertaa enemmän kuin edullisin akku. Akkujen hinnat riippuvat valmistusmaasta, akkutekniikasta ja akkuvalmistajasta. Työssä selvitetään, vaikuttaako akun hinta sen suorituskykyyn.

## 2 YLEISTÄ TIETOA AKUISTA

Akku on laite, joka muuttaa sisältämänsä kemiallisen energian sähköenergiaksi käyttämällä hapetus-pelkistysreaktiota. Kenno on akun sähkökemiallinen yksikkö, joka koostuu kahdesta elektrodista: negatiivisesta anodista ja positiivisesta katodista. Anodi luovuttaa elektroneita ja hapettuu, kun taas katodilla tapahtuu pelkistyminen ja se vastaanottaa elektroneita. Elektrodien välissä on elektrolyytti. Se on useimmissa tapauksissa nestettä, jossa on vapaita ioneja varauksenkuljettajina. Joissakin akuissa on myös kiinteä elektrolyytti. /1, s.1.3./

Kennon jännite sekä energiatiheys riippuvat elektrodien materiaalista. Keveimmät materiaalit ja suurin kennojännite eivät kuitenkaan aina ole käytännöllisin ratkaisu johtuen esimerkiksi reagoinnista kennon muihin aineisiin, vaikeasta käsiteltävyydestä tai korkeasta hinnasta. /1, s.1.3./

### 3 LYIJYAKUN HISTORIA

Ensimmäisen lyijy-happo- kennon keksi Gaston Planté vuonna 1859 Ranskassa. Se koostui yhdeksästä rinnan kytketystä kennosta. Kennot koostuivat kahdesta lyijylevystä, jotka olivat kiedottu kumiliuskan ympärille. Nämä paketit laitettiin sylinterinmuotoiseen purkkiin joka täytettiin rikkihapolla. Plantén akku ei aluksi päässyt laajaan käyttöön, koska sen käyttö oli kallista ja aikaa vievää: akun varaus loppui nopeasti eikä siitä saanut suurta virtaa. /1, s. 23.3./

Lyijyakulle merkittävä virtanpylväs oli Siemensin 1866 kehittämä dynamo. Se oli käytännöllinen ja halpa ratkaisu ladata akkuja ja sai Plantén akun suosion kasvamaan. Vuonna 1881 ranskalainen kemisti Camille A. Faure keksi lyijylevyjen päällystysmenetelmän, joka paransi huomattavasti akun kapasiteettia. Tämä auttoi lyijyakun kaupallistumista ja leviämistä kiinteistä sovellutuksista mm. autotekniikkaan. /1, s. 23.3./

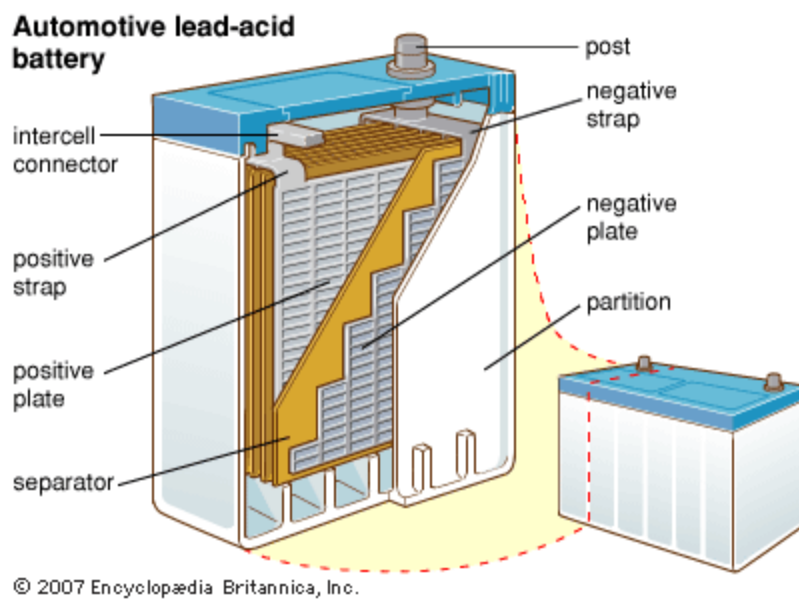
Yhdysvalloissa sähköautoissa 1900-luvun alussa sähköhenkilöautoja oli 6000 kpl ja kaupallisessa käytössä 4000 kpl. Akkujen energiatiheys oli sähköautokäytössä 9Wh/kg. /1, s. 23.3./

### 4 LYIJYAKUN RAKENNE

Henkilöauton käynnistysakku koostuu kuudesta, nimellisjännitteeltään 2V lyijykennosta, jotka on kytketty sarjaan. Lyijykennot rakentuvat positiivisista ja negatiivisista levyistä, jotka taas koostuvat lyijyristikosta sekä aktiivisesta aineesta. Levyjen välissä on erotin. Se estää levyjä koskettamasta toisiaan, mikä johtaisi oikosulkuun akussa. Levyjen välisen tyhjän tilan lyijyakussa täyttää rikkihappoliuos. Akun navat sekä kennojen väliset johtimet ovat tehty lyijystä. Perinteisissä akuissa akun kannessa on jokaiselle kennolle oma tulppa vedenlisäystä, varaustilan tarkastusta sekä kaasunvaihtoa varten. Huoltovapaissa akuissa ei näitä tulppia ole, mutta niissäkin on venttiilit kaasunvaihdon vuoksi. /2, s. 963./

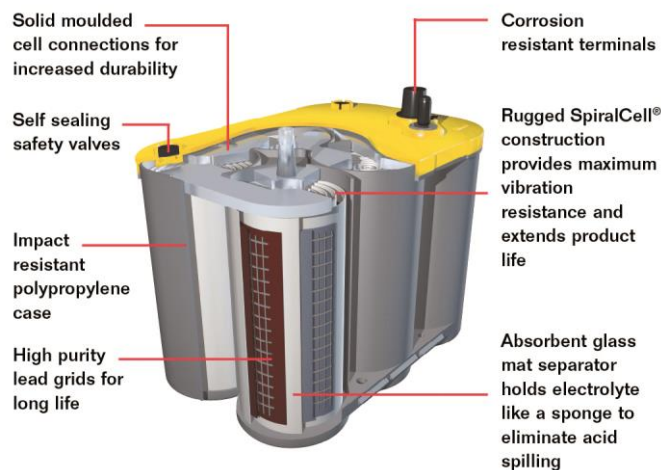
## 4.1 Kennot

Kenno sisältää positiivisia ja negatiivisia levyjä. Niiden välissä on erotin. Positiiviset levyt on yhdistetty yhdellä virtakiskolla ja negatiiviset toisella. Kun pyritään maksimikapasiteettiin, on kennon aktiivisen massan painon suhde happomäärään maksimoitava. Suurin kylmäkäynnistysteho saavutetaan maksimoimalla akun levyjen kokonaispinta-ala ja maksimikapasiteetti, kun aktiivisen massan painon suhde happomäärään on mahdollisimman suuri. /8, s.7./



**KUVA 1. Lyijykenno /7/**

Perinteisissä lyijyakuissa kennot ovat litteitä ja suorakulmion muotoisia. Kennot voivat olla myös spiraalin muotoisia. Spiralcell-akut ovat rakenteeltaan AGM-akkuja. Tämän tyyppisessä rakenteessa varsinaisia kennolevyjä on vain kaksi, ja ne ovat rullattu limittäin. Rakenteella saavutetaan parantunut värinänsietokyky sekä pitempi käyttöikä. /9./



**KUVA 2. Spiralcell-rakenne /10/**

#### 4.1.1 Ristikko

Aktiivista materiaalia tukeva sekä siihen virtaa siirtävä rakenne akussa on ristikko eli levyrunko. Se on valmistettu lyijystä ja seosaineista. Seosaineita ovat mm. antimoni, jolla saatiin ristikosta mekaanisesti vahvempi, kalsium, joka vähentää akun vedenkulutusta (huoltovapaat akut) ja tina, jolla saavutetaan parempi syväpurkauksen kestävyys. Levyrunko ei itsessään varastoi kuitenkaan energiaa. /8, s.7./

SLI-akuissa on käytössä kahta perustyyppiä: venytetty ja valettu ristikko. Venytetty ristikko valmistetaan yhdestä lyijylevystä ensin lävistämällä levy ja sitten venyttämällä. Valettu ristikko valmistetaan kaatamalla sula lyijy muottiin ja jäädyttämällä muotti. Venytetyn ristikon valmistaminen on halvempaa ja samalla koneella pystytään valmistamaan useita erikokoisia ristikkoita. /1, s.23.22./



### KUVA 3. Venytetty ja valettu ristikko /11/

Lyijyakuissa positiivinen ristikko rikkoutuu usein ensimmäiseksi, ja se on yksi yleisimmistä ennenaikaisista vioista akuissa. Ratkaisuksi on kehitetty Powerframe-niminen ristikkotyppi. Lyijynauhasta painamalla valmistettu ristikko kestää paremmin korroosiota, ja on rakenteena vahvempi /12./ Powerframe on käytössä mm. Boschin /13/ ja Vartan /14/ EFB-akuissa.



KUVA 4. Powerframe /11/

#### 4.1.2 Aktiivinen materiaali

Useimmissa lyijyakuissa varsinainen aktiivinen materiaali on lyijyoksidista, vedestä, rikkihaposta sekä rakennetta vahvistavista kuiduista tehty pasta. Akun suorituskyky ja käyttöikä riippuvat pastan ominaisuuksista. Myös pastan levittäminen kennolevyille on kriittinen vaihe akun valmistuksessa käyttöään kannalta. Pastan valmistusmateriaalit ovat erilaiset positiivisella ja negatiivisella levyllä: negatiivisella levyllä käytetään hieman vähemmän rikkihappoa ja pasta on siinä tiheämpää. /16./

#### 4.2 Erotin

Materiaalia, joka on positiivisen ja negatiivisen levyn välissä estämässä oikosulun, kutsutaan erottimeksi. Se voidaan tehdä esimerkiksi muovista, kumista tai lasikuidus-

ta. Autokäytössä suurin osa standardiakkujen erottimista on mikrohuokoista polyetyleenä. Suljetuissa akuissa käytetään lasikuitua sekä rikkihappogeeliä.

Erottimelle tärkeitä ominaisuuksia ovat:

- alhainen liukoisuus
- hapettumisensietokyky
- alhainen sähköinen resistanssi
- hyvä vetojännityksen sietokyky
- joustavuus
- korkea huokoisuus.

Lisäksi erotinmateriaalin tulee olla helposti kostuvaa, eikä se saa siirtyä paikaltaan herkästi. /4./

#### **4.2.1 Erotinmateriaali AGM-akuissa**

AGM-akuissa käytetään erottimena lasikuitua. Akkutyyppin alhainen vedenkulutus perustuu latauksessa positiivisella elektrodilla syntyvien happimolekyylien johtamiseen negatiiviselle elektrodille. Happimolekyylit vähentävät negatiivisen levyn polarisaatiota, mikä estää vedyn kehittymisen. Veden elektrolyysiä ei synny, joten vedenkulutus akussa on minimoitu.

Lasikuitu on VRLA-akuissa nykyään käytetyin erotinmateriaali. Kuten standardiakussa, se erottaa positiivisen sekä negatiivisen elektrodin toisistaan estäen oikosulkujen syntymistä, mutta myös antaa happimolekyyleille reitin positiiviselta elektrodilta negatiiviselle.

Lasikuitumatoilla, joita käytetään VRLA-akuissa, on yli 90 % huokoisuus sekä pinta-ala jopa yli  $1\text{m}^2$  /g. Suuri pinta-ala on saatu aikaiseksi käyttämällä alle yhden mikrometrin paksuisia lasikuituja. Usein voidaan käyttää myös pitempiä sekä paksumpia kuituja, joilla saadaan lasikuituerottimeen parempi kestävyys.

Tärkeimpinä AGM-erottimen ominaisuuksina on kokoonpuristuvuus sekä yhdenmukaisuus levyjen kanssa. Tiheämmillä lasikuituerottimilla pystytään kasvattamaan akun syklistä kestävyttä. Erotin toimii levyjen välillä jousen lailla, tukien aktiivisia materi-

aaleja. Lasikuitumatolle ei ole määritelty optimaalista tiheyttä, vaan se riippuu monesta tekijästä, mm. kuitujen paksuudesta sekä kennolevyjen etäisyydestä. Kuitenkin levyn tiheydellä on merkittävä vaikutus akun käyttöikään sekä suorituskykyyn. Jos erottimen tiheys on liian pieni, akun käyttöikä kärsii. Mutta jos tiheyttä nostetaan liikaa, muuttuu akun täyttäminen hankalaksi, elektrolyytin määrä vähenee ja akun kapasiteetti pienenee. /4./



**KUVA 5. AGM- lasikuituerottimet /17/**

#### **4.2.2 Erotinmateriaali geeliakuissa**

Geeliakuissa erottimena käytetään silicaa, jota on lisätty 5 – 8 % elektrolyyttiin. Tällaiset erottimet ovat tiksotrooppisia eli lepojähmeitä, joten esimerkiksi sekoitettaessa ne muuttuvat juokseviksi. Tämä helpottaa valmistusprosessia: geeli pystytään lisäämään juoksevassa muodossa akkuun. Näissä akuissa käytetään myös tavallista erotinmateriaalia estämään oikosulkuja. /4./

#### **4.3 Elektrolyytti**

Lyijyakuissa käytettävä elektrolyytti on vesi-riikkihappo -liuos. Sen tehtävä on johtaa sähkövirtaa napojen välillä. Elektrolyytin täytyy olla tarpeeksi vahvaa johtamaan hyvin ioneja. Toisaalta liian vahva elektrolyyttiliuos heikentää erottimia ja voi aiheuttaa korroosiota akun muihin osiin. Elektrolyytin ominaispaino kertoo suoraan akun varaustason (taulukko 1). /1, s.23.10./

Suomen olosuhteissa on lyijyakun purkaminen täysin loppuun akulle haitallista. Akun varaustilan laskiessa elektrolyytin konsentraatio pienenee. Tämä aiheuttaa veden suhteellisen lisääntymisen elektrolyytissä, mikä laskee sen jäätymispistettä. Esimerkiksi 20% varaustasossa oleva akku jäätyy jo  $-7,2^{\circ}\text{C}$ :ssa.

**TAULUKKO 1. Elektrolyytin ominaispaino ja jäätymispiste /19/**

| Ominaispaino (g/cm <sup>3</sup> ) | Varaustaso (%) | Jäätymispiste (°C) |
|-----------------------------------|----------------|--------------------|
| 1,280                             | 100            | -68,9              |
| 1,265                             | 92             | -57,4              |
| 1,250                             | 85             | -52,2              |
| 1,200                             | 62             | -26,7              |
| 1,150                             | 40             | -15,0              |
| 1,100                             | 20             | -7,2               |

## 5 LYIJYAKKUTYYPIT

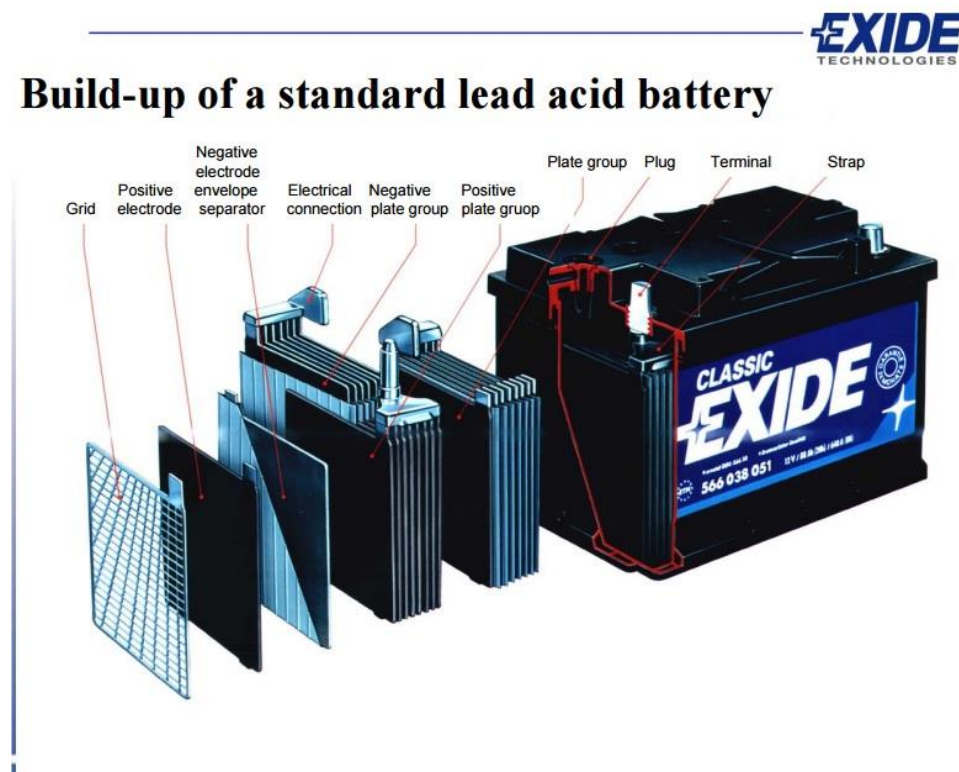
Lyijyakut voidaan jakaa käyttötarkoituksensa mukaan kahteen tyyppiin: käynnistysakut ja syväpurkausakut. Käynnistysakut ovat tarkoitettu luovuttamaan nopeasti paljon energiaa. Lyijylevyt ovat niissä ohuimmat sekä niissä on käytetty eri materiaaleja. Syväpurkausakut taas luovuttavat enemmän energiaa pitemmällä aikavälillä kuin käynnistysakut. Niissä on paksummat lyijylevyt, ja ne kestävät enemmän lataussyklejä ja alhaisia varaustiloja. Käynnistysakut voidaan jakaa vielä märkäkenno- eli standardiakkuihin sekä suljettuihin eli VRLA- akkuihin. Suljettuja akkuja ovat AGM ja GEL-akut. /18./

Geeliakkuja ei autokäytössä ole juurikaan käytössä, geeliakku kestää syväpurkausta jopa AGM- akkua paremmin, mutta sen suorituskyky alkaa laskea kylmänä. Kuluttajaelektronikassa geeliakkuja on käytössä mm. virtalähteissä ym. paikallisakkuna. /28./



## 5.1 Avoin akku

Avoimessa akussa nestemäinen elektrolyytti peittää lyijylevyt. Latauskaasut ohjataan pois kannessa olevien korkkien tai venttiileiden kautta. Näihin akkuihin voidaan usein lisätä akkuvettä tarvittaessa. Levyrunkoina käytetään lyijyantimoni- tai lyijykalsiumristikkoja. Kennon levyjen koko ja lukumäärä määrittelevät akun kapasiteetin. Mitä suurempi levypinta-ala, sitä suurempi kapasiteetti. /22, s. 284./



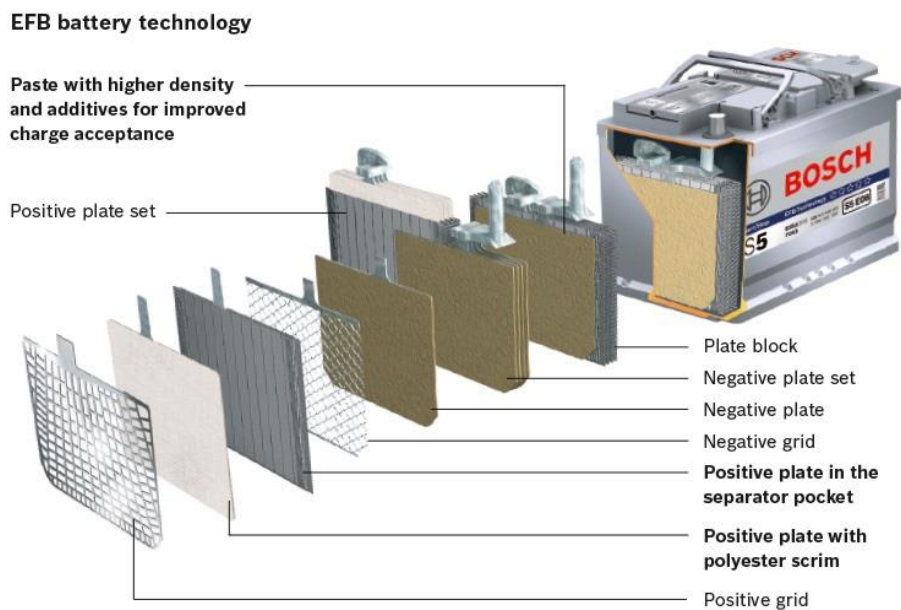
KUVA 6. Perinteisen avoimen akun rakenne /25/

### 5.1.1 Vähähuoltoiset ja huoltovapaat akut

Kun akussa lyijyn lisäaineena käytetään antimonin sijasta kalsiumia, vähenee veden hajoaminen kaasuiksi. Näin vettä ei tarvitse akun elinaikana lisätä. Jos vähennetään pelkästään antimonin määrää, vähenee veden kulutus, mutta sitä joudutaan silti lisäämään noin kerran vuodessa. Matala-antimoni- ja kalsiumakut ovat täysin suljettuja, eikä niihin pystytä lisäämään vettä. /22, s. 288./

### 5.1.2 EFB

EFB-akku on paranneltu versio standardiakusta. Akulla on kaksi kertaa parempi syklinen kestävyys verrattuna standardiakkuun, mikä mahdollistaa paremman kestävyysstart-stop -järjestelmien kanssa. EFB-akuilla on myös suurempi varauksen vastaanottokyky. Akun ominaisuudet ovat saatu aikaan kehittämällä positiivisen kennolevyn rakennetta: ristikon muotoilulla, materiaalilla sekä valmistustekniikalla on saavutettu parempi korroosionkestokyky /5, s.7/.

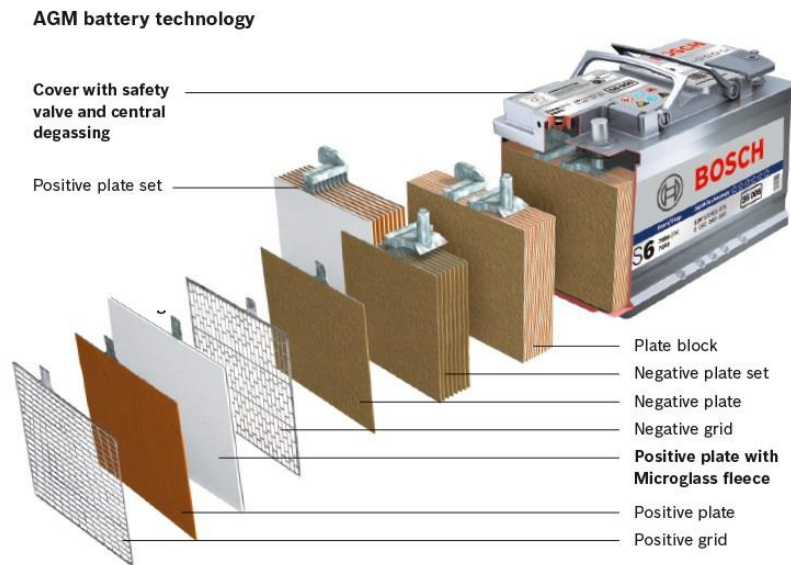


Huom. Erona perinteiseen akkuun paranneltu aktiiviaine sekä vahvistettu positiivinen kennolevy

**KUVA 7. EFB- akun rakenne /23/**

### 5.2 AGM-akku

AGM-akuissa elektrolyytti on imeytetty lasikuitumattoihin. Akku on ilmatiivis, ja sisäisen kaasunkierroksen vuoksi vedyn määrä sekä veden haihtuminen on minimoitu. AGM-akuilla on jopa nelinkertainen syklinkestävyys verrattuna standardiakkuihin ja suurempi varauksen vastaanottokyky. Kennot ovat tiukasti pakattuja, jolloin aktiivisen materiaalin irtoaminen on saatu minimoitua ja tärinänkesto on parempi. AGM-akut ovat tarkoitettu autoihin, joissa on start-stop -järjestelmien lisäksi jarrutusenergian talteenotto tai muita polttoaineensäästöön tähtäviä ratkaisuja. /5, s.10./



Huom. Erona perinteiseen akkuun ylipaineventtiili kannessa sekä lasikuituiset erottimet.

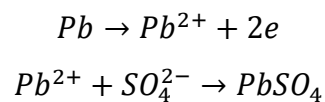
## KUVA 8. AGM-akun rakenne /24/

## 6 LYIJJYAKUN KEMIA

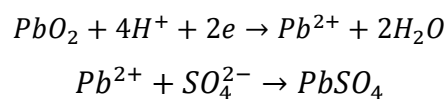
Lyijyakussa aktiivisena materiaalina positiivisella elektrodilla toimii lyijydioksidi. Negatiivisella elektrodilla lyijykennossa on lyijymetalli. Elektrolyyttinä on rikkihapon 37-% vesiliuos, ominaispainoltaan 1.28 akun ollessa täydeksi ladattu. Kun akkua puretaan, molemmille elektrodeille syntyy lyijysulfidia.

Kennoreaktiot akkua purettaessa /1, s.23.7/:

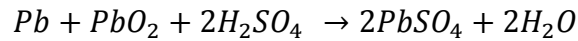
Negatiivinen elektrodi:



Positiivinen elektrodi:

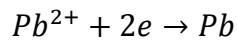
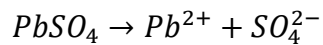


Kokonaisreaktio:

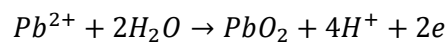
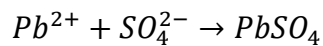


Akkua ladattaessa ovat kennoreaktiot:

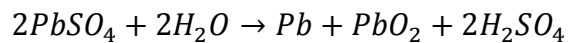
Negatiivinen elektrodi:



Positiivinen elektrodi:



Kokonaisreaktio:



Akkua varattaessa syntyy positiivisella elektrodilla vetykaasua. Akkua varattaessa tulisi olla hyvin tuuletettu tila. Vetykaasu on herkästi syttyvää, joten työskentelytilassa mahdollisten kipinöivien laitteiden määrä on minimoitava.

## 6.1 Jännite

Yhden lyijykennon nimellisjännite on 2.0V. Avoimessa virtapiirissä akun lähdejännite on suoraan verrannollinen elektrolyytin konsentraatioon: esim. 2.125V kennossa, jonka ominaispaino on n. 1.28kg/dm<sup>3</sup>. Kuormituksen loppujännite keskikovilla kuormituksilla on 1.75V. Erittäin korkeilla kuormituksilla, alhaisissa lämpötiloissa loppujännite voi olla jopa 1.0V. Kuormitettaessa akkua jännite on alhaisempi kuin lähdejännite, vaikka rikkihapon konsentraatio sekä elektrodien koostumukset eivät muutu. Ero johtuu resistiivisistä häviöistä sekä polarisaatiosta. /1, s.596./

Akun varaustaso pystytään määrittelemään sen napajännitteestä:

### TAULUKKO 2. Lyijyakun varaustaso /19/

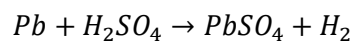
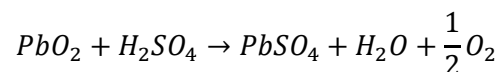
| Jännite (V): | Varaustaso (%): |
|--------------|-----------------|
| 12,70        | 100             |
| 12,40        | 75              |
| 12,20        | 50              |
| 12,00        | 25              |
| 11,90        | 0               |

Käytännössä täyden SLI- akun jännite on noin 12,8V. Täyden akun jännite riippuu myös varaajan tyypistä: älylaturit siirtyvät ylläpitotilaan tai lopettavat latauksen kokonaan kun latausvirta laskee tiettyyn pisteeseen. Tällä varmistetaan, ettei laturi riko akkua. Jos akkua lataa perinteisellä laturilla tai vakiovirtalähteellä, voi akun napajännite latauksen jälkeen olla jopa yli 13,0V tietyissä tilanteissa.

### 6.2 Itsepurkautuminen

Akun itsepurkautuminen johtuu termodynamiikan periaatteesta, jonka mukaan kaikki reaktiot pyrkivät tasapainoon. Lyijyakun itsepurkautuvuus on melko nopeaa, mutta sitä voidaan kuitenkin vähentää merkittävästi akun rakenteen suunnittelulla. Esimerkiksi normaalilla lyijyristikolla varustetun akun varaustila 25°C lämpötilassa laskee puoleen 180 päivässä, kun kalsiumseosteisissa akuissa on 180 päivän jälkeen vielä 95 % varausta jäljellä.

Itsepurkautumisessa lyijy ja lyijydioksidi reagoivat rikkihapon kanssa seuraavasti:

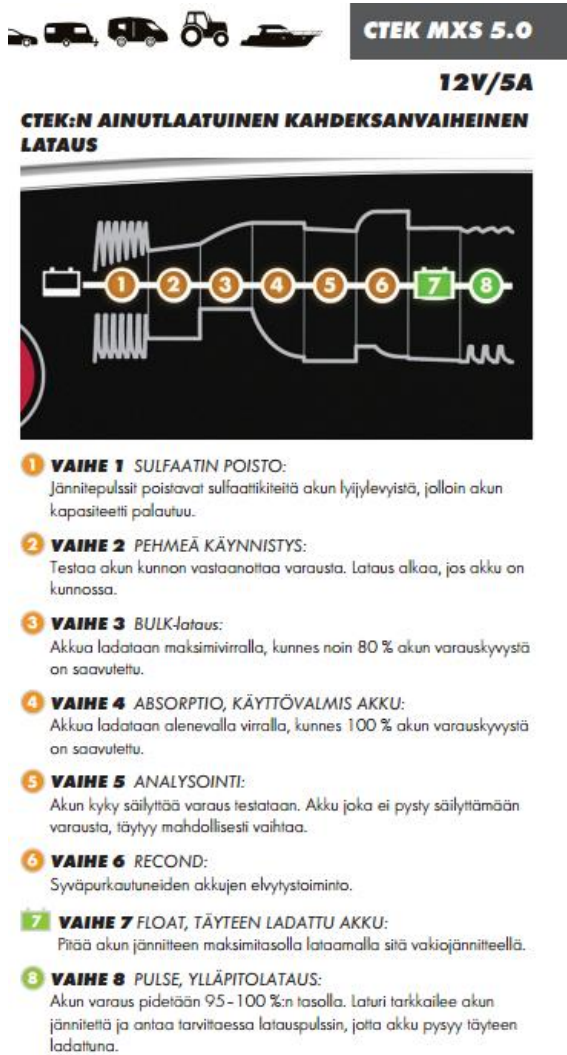


Positiivisella elektrodilla syntyy happea sekä vettä ja negatiivisella elektrodilla vetyä. Nostettaessa säilytyslämpötilaa tai rikkihapon konsentraatiota kaasuntuotto akussa kasvaa sekä rikkihappo laimenee nopeammin. /1, s.592./

Itsepurkautumiseen voi vaikuttaa myös akun kannen puhtaus. Nykyakuissa ei kuitenkaan elektrodit sijaitse kannen kanssa samalla tasolla, joten kannen täytyisi olla todella likainen, jotta elektrodien välille syntyisi sähköä johtava väylä. Tosin esimerkiksi öljyvuoto henkilöauton konetilassa voisi aiheuttaa tällaisen väylän akun elektrodien välille. Nykyään on henkilöautoissa akkuja alettu sijoittaa muualle kuin konetilaan. Tämä vähentää huomattavasti akun kannen likaantumista ja siitä mahdollisesti aiheutuvaa akun varaustilan purkautumista.

## **7 LYIJJAKUN VARAAMINEN**

Lyijyakun oikeanlainen lataaminen on tärkeää parhaan käyttöiän saavuttamiseksi. Nykyaikaisessa akkulaturissa on useita latausvaiheita sekä jopa akun kunnan tarkastustoiminto (kuva 9). Perinteisesti lyijyakkuja on varattu 0,1C virralla. Henkilöautoissa tämä tarkoittaa n.5-9A virtaa. Akkuja voidaan kuitenkin ladata suuremmillakin virroilla. Latausjännitteelle maksimirajan määrittelee kaasunmuodostus: kennojännite ei saisi latauksessa ylittää 2,4V /1, s.23.70./



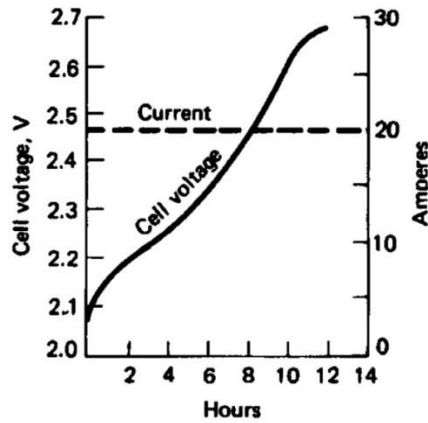
## KUVA 9. CTEK-akkuvaraajan latausvaiheet /15/

Akkujen lataamisessa on kaksi perustapaa: vakiojännite- ja vakiovirtalataaminen. Molemmat lataustavat pystytään toteuttamaan useammassa vaiheessa. Esimerkiksi vakiovirtalatauksessa aluksi käytetään suurempaa virtaa, ja kun tietty jännitetaso akussa saavutetaan, lasketaan latausvirtaa alhaisemmaksi.

### 7.1 Vakiovirtalataaminen

Vakiovirtalatauksessa käytetään muuttuvaa latausjännitettä tasaisen virran aikaansaamiseksi (kuva 9). Latauksessa käytetään usein alhaista virtaa, jottei akun varauksen kasvaessa saavutettaisi kaasuuntumisjännitettä. Vakiovirtalaturi on halpa ja luotettava, mutta ongelmaksi tulee latausvirran määrittämien: liian pienellä virralla lataami-

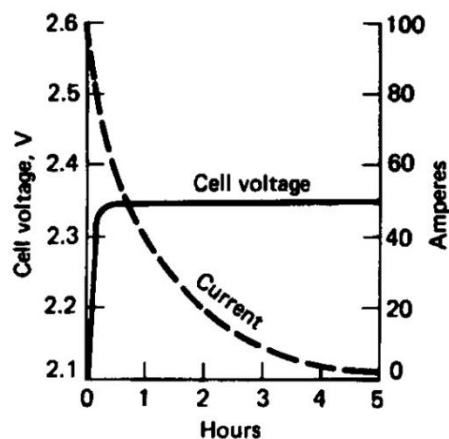
nen kestää kauan ja liian suurella virralla alkaa latauksen loppuvaiheessa akussa kaasunmuodostus. /1, s.23.71 /.



KUVA 10. Vakiovirtalataus /1, s.23.71/

## 7.2 Vakiojännitelataaminen

Vakiojännitelatauksessa käytetään samaa latausjännitettä koko latausprosessin ajan (kuva 10). Latauksen alussa on suurempi latausvirta, koska akun jännite on alhainen. Vakiojännitelaturi on peruseriaanteeltaan verkkojännitteeseen kytkettävä, muuntajalla ja tasasuuntaajalla toteutettu tasajännitelähde /21/. Vakiojännitelatausta käytetään yleisesti autojen lyijyakkujen lataamisessa. Oikein käytettynä vakiojännitelaturilla ei pystytä aiheuttamaan akun rikkoutumista. Joissakin latureissa voi olla myös lämpötilan kompensointi latausjännitteelle. /20./



KUVA 11. Vakiojännitelataus /1, s.23.72/



Vakiojännitelatausta voidaan käyttää melko huoletta, kunhan latausjännite on säädetty oikein. Vakiovirtalatauksella saadaan taas akku nopeammin ladattua täyteen ja sillä voidaan tasata eri kennojen välisiä jännite-eroja. Mielestäni vakiojännitelatausta on kuitenkin parempi käyttää, jos vakiovirtalaturissa ei ole automaattista virranrajoitusta eikä akun latausta valvota reaaliajassa, koska liian suuri latausvirta synnyttää vetyä.

## 8 LYIJJAKUN TULEVAISUUS

Henkilöautokäytössä lyijyakkujen tekniikkaa vievät eteenpäin tiukentuvat päästörajoi-  
tukset. Autoihin kehitetään yhä edistyksellisempiä toimintoja polttoaineensäästöä var-  
ten. Nykyaikainen moottoritekniikka käsittää jo start-stop -järjestelmien lisäksi mm.  
jarrutusenergian talteenottoa sekä elektronisia latauksen- ja akunvalvontapiirejä. Jo  
nämä ratkaisut ovat asettaneet uusia vaatimuksia SLI-akuille.

Tulevaisuudessa lyijyakku tulee kuitenkin säilyttämään asemansa mikrohybridiauto-  
jen käynnistysakkuna. Lyijyakkujen valmistaminen on edullista, eikä uusia kom-  
ponentteja latauspiiriin tarvitse suunnitella.

Moottoripyöräpuolella on markkinoille tullut jo litiumakkuja. Niissä ongelmana on  
kuitenkin suorituskyvyn laskeminen alhaisissa lämpötiloissa. Litiumakut SLI-käytössä  
tuskin tulevat henkilöautopuolella lähiaikoina yleistymään, koska ne ovat kalliimpia ja  
moottoritilaan asennettuna moottorin tuottama lämpö vaikuttaa litiumakun käyt-  
tökään. /26./

Julkisuudessa on ajoittain ollut puheenaiheena auton sähköjärjestelmän jännitteen nos-  
taminen. Käytettäviksi jännitteiksi on esitetty 36V ja 48V. Tällä ratkaisulla mahdolli-  
sittaisiin suuremmat tehot sähköä käyttävissä laitteissa pienemmällä virralla. Samalla  
säästettäisiin johtosarjassa ohuemmilla johtimilla. Tällainen koko sähköjärjestelmän  
muutos ei kuitenkaan ole toteutunut. Tulevaisuudessa saattaakin olla useampaa jänni-  
tettäviä käytettäviä järjestelmiä. Suuremmalla jännitteellä käytettäisiin suurempia tehoja  
vaativia laitteita, kuten ilmastoinnin kompressoria, tehostimia, venttiilien ohjausta  
sekä sähköistä ahdinta. Kaikissa suunnitelluissa järjestelmissä on kuitenkin käytössä  
lyijyakun kennojännitteen monikerta, joten ne voidaan toteuttaa lyijyakuilla. /27./

## 9 TESTILAITTEISTO

Akkujen testaamiseen käytettiin Forexin valmistamaa kapasiteettitesteriä, johon liitettiin TIDY BC-1220 –akkulaturi. Forexista saatiin valittua haluttujen lataus- ja purkusyklien määrän sekä purkuvirta. Testerillä suoritettiin kapasiteetti- ja varakapasiteetti-testaukset.



**KUVA 12. Forex-kapasiteettitesteri**

Akkujen lämpötilan mittaamiseen käytettiin Fluke 568 -infrapunalämpömittaria. Lämpötilat tarkastettiin jokaisesta akusta ennen kuormitusmittausten aloitusta.



**KUVA 13. Fluke 568 -infrapunalämpömittari**

Kuormitusmittauksessa akkujen kuormitus suoritettiin Boschin ETT 011.00 -voltti-ampeeri-testerillä.



**KUVA 14. Bosch ETT 011.00 -hiilipakkatesteri**

Datan kirjaukseen käytettiin kannettavaa tietokonetta, mihin oli liitetty HMV-systemsin ADAC3000-oskilloskooppia. Oskilloskoopissa käytettiin kahta kanavaa: toiseen kytkettiin APPA 32 -virtapihti ja toinen kytkettiin akun napoihin.



**KUVA 15. ADAC3000-USB-oskilloskooppi**

Akkujen massat mitattiin digitaalisella, Fisherman-merkkisellä 40 kg:n kalavaa'alla. Vaa'an tarkkuus on 10 g.



**KUVA 16. Fisherman-vaaka**

## 10 MITTAUKSET

Vertailussa oli mukana viisi akkua. Edullisin akku oli Loxa. Seuraava korkealuokkai-  
sempi akku oli Duracell Advanced. Uudempaa akkutekniikkaa edustivat Duracellin  
EFB- ja AGM-akut. Mukana oli myös Vartan monitoimiakku, joka on tarkoitettu sekä  
käynnistysakuksi että paikallisakuksi. Näin saatiin vertailukohteiksi erityyppisiä ja -  
hintaisia auton käynnistykseen tarkoitettuja akkuja. Kaikki akut olivat fyysisiltä mi-  
toiltaan samankokoisia ja nimelliseltä kapasiteetiltaan n. 70 Ah.

## TAULUKKO 3. Testattavat akut

| Akkun merkki ja<br>tyyppi: | C20- Kapasiteetti<br>(Ah): | EN-<br>kylmäkäynnistysvirta<br>(A) | Erityistä:              |
|----------------------------|----------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| Varta LFD75                | 75                         | 650                                | Dual purpose- ak-<br>ku |
| Loxa                       | 74                         | 720                                | Edullisin akku          |
| Duracell DA 74             | 74                         | 680                                | -                       |
| Duracell DE 70<br>EFB      | 70                         | 660                                | EFB- akku               |
| Duracell DE 70<br>AGM      | 70                         | 720                                | AGM- akku               |

Ennen varsinaisten mittausten aloittamista kaikki akut testattiin akkutesterillä ja tehtiin niille kaksi lataus-purku -sykliä mahdollisten säilytyksestä ja eri valmistusajankohdista johtuvien erojen minimoimiseksi.



**KUVA 17. Vertailussa mukana olleet akut**

## 10.1 Varakapasiteetti

Varakapasiteetilla tarkoitetaan akun kykyä antaa virtaa ajoneuvon valoille, sytytykselle sekä apulaitteille auton latausjärjestelmän pettäessä. Testissä mitataan aikaa, kun lämpötilaltaan 25°C akkua kuormitetaan 25A virralla, kunnes napajännite laskee 10.50V:iin.

**TAULUKKO 4. Mitatut varakapasiteetit**

| Akku:             | Varakapasiteetti (min): |
|-------------------|-------------------------|
| Varta             | 93                      |
| Loxa              | 135                     |
| Duracell Advanced | 127                     |
| Duracell EFB      | 143                     |
| Duracell AGM      | 152                     |

## 10.2 Kapasiteetti

Starttiakuissa C20-kapasiteetti on standardien mukainen arvo. Se lasketaan virralla, jota akku pystyy luovuttamaan 20 tunnin ajan, ilman että napajännite laskee 10.50V:iin.

**TAULUKKO 5. Mitatut kapasiteetit**

| Akku:             | Nimelliskapasiteetti (Ah): | Mitattu kapasiteetti (Ah): | Ero (%) |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|---------|
| Varta             | 75,0                       | 57,4                       | -23,5   |
| Loxa              | 74,0                       | 77,7                       | 5       |
| Duracell Advanced | 74,0                       | 68,0                       | -8,1    |
| Duracell EFB      | 70,0                       | 76,4                       | 9,1     |
| Duracell AGM      | 70,0                       | 74,7                       | 6,7     |



Suurin kapasiteetti on Loxan akulla, pienin Vartalla. Loxan ja Duracellin EFB- ja AGM-akuissa oli nimelliskapasiteetti ilmoitettu hieman todellista kapasiteettia alhaisemmaksi. Todellinen kapasiteetti jäi ilmoitettua matalammaksi Duracellin Advanced-akussa sekä Vartan akussa. Vartan akun huonoa kapasiteettia voi selittää akun ikä, akku oli ollut varastoituna yli kolme vuotta.

### 10.3 Kuormitustesti

Kuormitustestissä verrattiin akkujen virranantokykyä lämpimänä ja kylmänä. Lisäksi akkuja verrattiin viisi vuotta käytössä olleeseen Exiden akkuun. Akkuja kuormitettiin n. 160A virralla. Ennen testausta akkujen lämpötila tarkistettiin. Testien välissä lataukseen käytettiin kolme akkuvaraajaa: Turnigy Accucel 6:tta, TIDY BC-1220:ta ja Voigt & Haeffner MultiCharger 750:ttä.

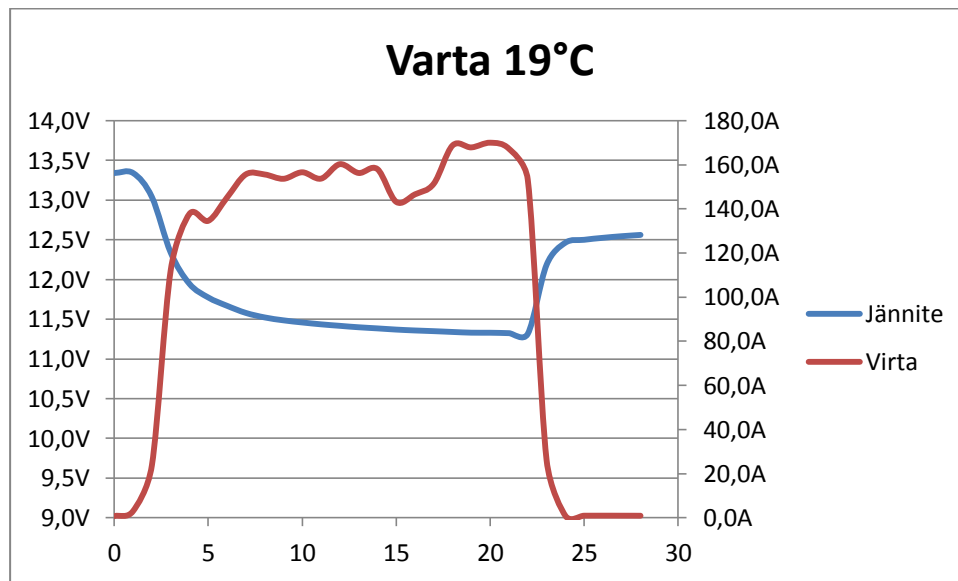


**KUVA 18. Akun kuormitustestaus**

Kuormitustestin tuloksista voidaan määrittää akkujen sisäinen resistanssi. Toinen Suomen olosuhteissa tärkeä arvo on kylmäkäynnistysjännite. Se kertoo, millä todellisella jännitteellä pyöritetään starttimoottoria kylmäkäynnistyksessä.

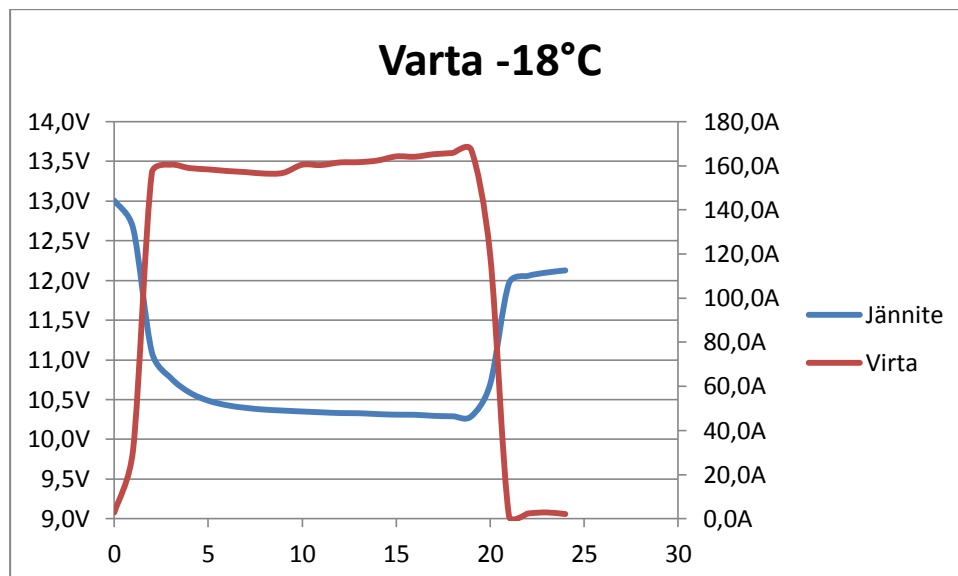
### 10.3.1 Varta

Lämpimänä Vartan akun napajännite 5 sekunnin kohdalla on noin 11,7V. 10 sekunnin kohdalla napajännite on laskenut 11,4V:iin ja 15 sekunnin kohdalla 11,3V:iin.



**KUVA 19.** Vartan akku lämpimässä

Kylmänä Vartan akun napajännite 5 sekunnin kohdalla on noin 10,5V. 10 sekunnin kohdalla napajännite on laskenut 10,4V:iin ja 15 sekunnin kohdalla 10,3V:iin.

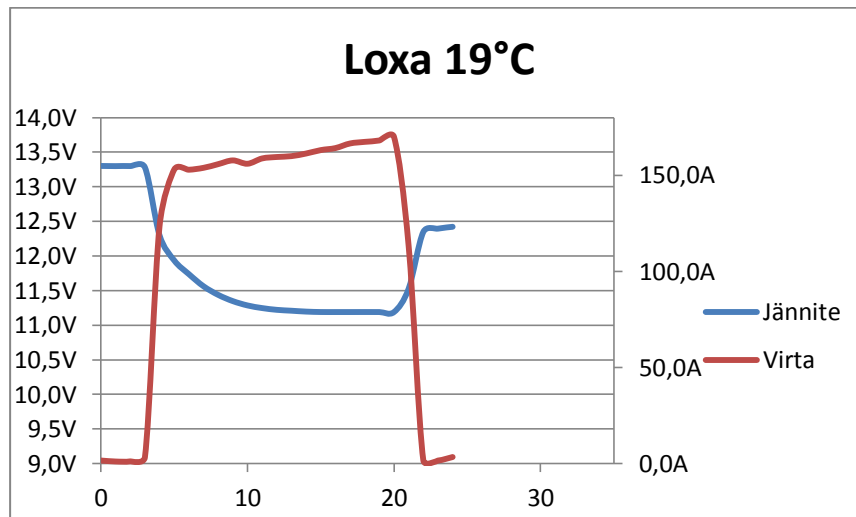




## Kuva 20 Vartan akku kylmässä

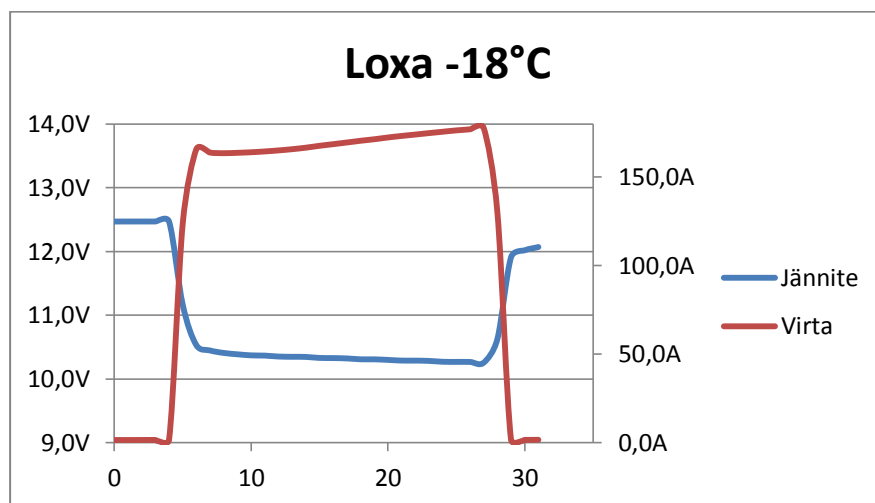
### 10.3.2 Loxa

Lämpimällä akulla jännite 5 sekunnin kohdalla on noin 11,7V. 10 sekunnin kohdalla jännite on laskenut 11,2V:iin, ja se pysyy siinä kuormituksen loppuun.



## KUVA 21. Loxan akku lämpimässä

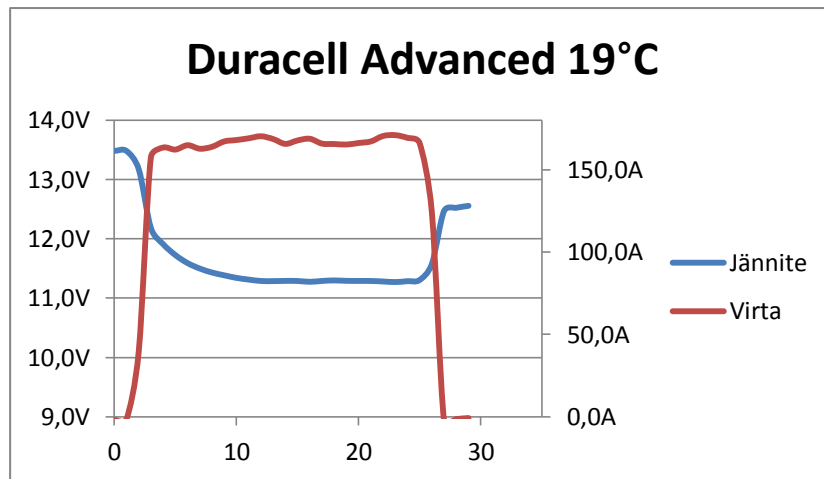
Kylmänä akun jännite kuormituksessa 5 sekunnin kohdalla on noin 10,5V. 10 sekunnin kohdalla napajännite on laskenut 10,4V:iin ja 15 sekunnin kohdalla 10,3V:iin.



## KUVA 22. Loxan akku kylmässä

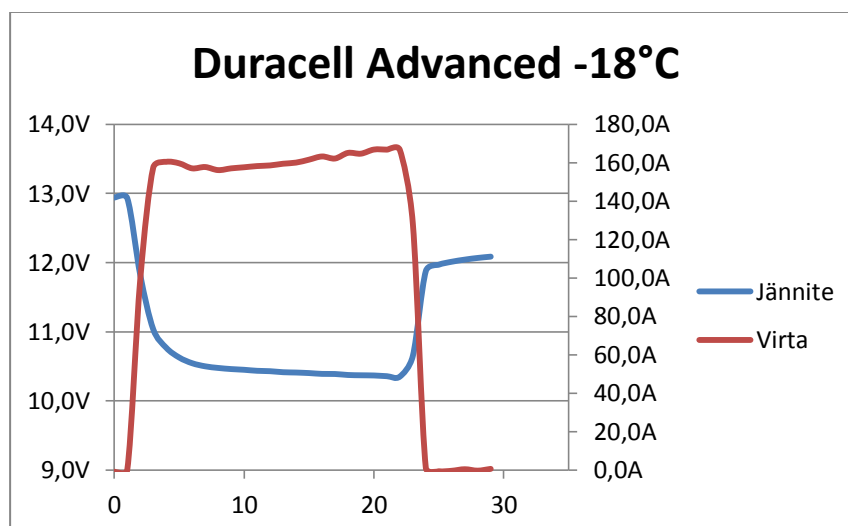
### 10.3.3 Duracell Advanced

Duracell Advancedin napajännite lämpimänä viiden sekunnin kohdalla on noin 11,7V. 10 sekunnin kuormituksessa akun jännite on 11,3V, ja 15 sekunnin jälkeen se pysyy tasaisena 11,2V:ssa.



**KUVA 23. Duracell Advanced lämpimässä**

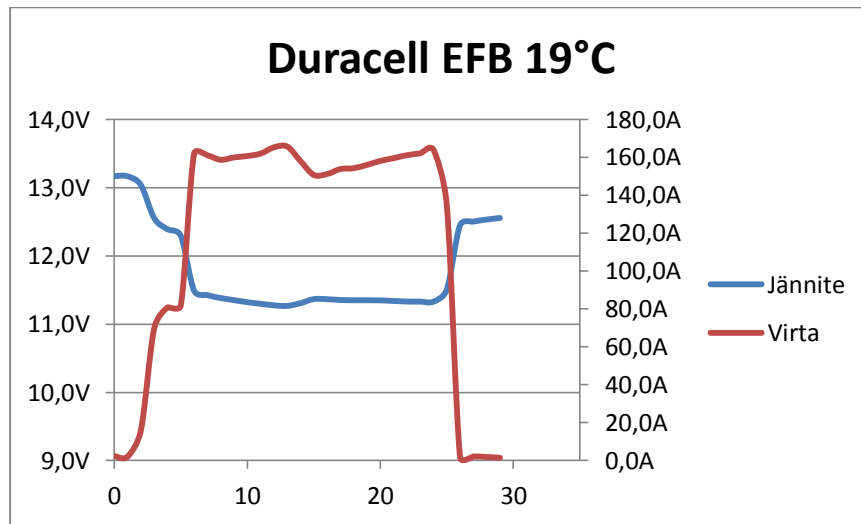
Kylmänä Duracell Advancedin napajännite on viiden sekunnin kohdalla n.10,6V. 10 sekunnin kohdalla se on laskenut 10,4V:iin ja 15 sekunnin kohdalla 10,3V:iin.



**KUVA 24. Duracell Advanced kylmässä**

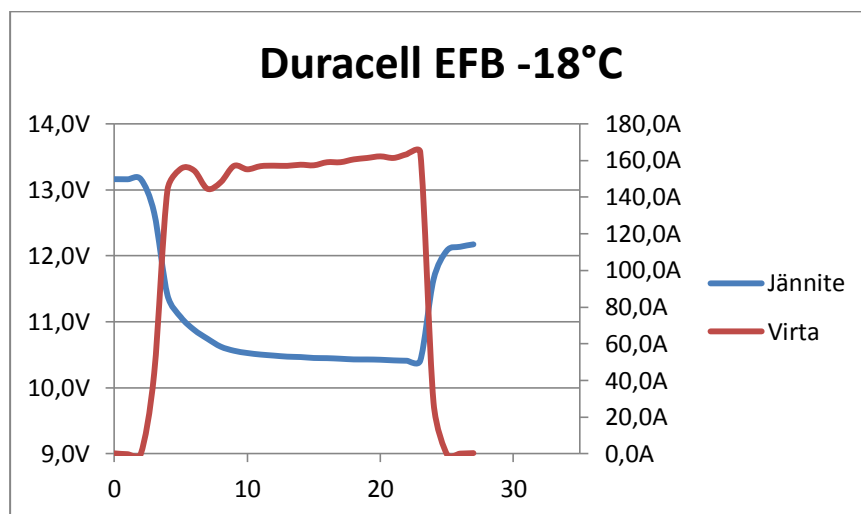
### 10.3.4 Duracell EFB

Lämpimänä Duracell EFB:n napajännite laskee 5 s kohdalla noin 11,4V:iin. 10 sekunnin jälkeen napajännite on 11,4V, mikä pysyy tasaisena jännitearvona kuormituksen loppuun. Testissä on huomioitava kuormitusvirran notkahtelu.



KUVA 25. Duracell EFB lämpimässä

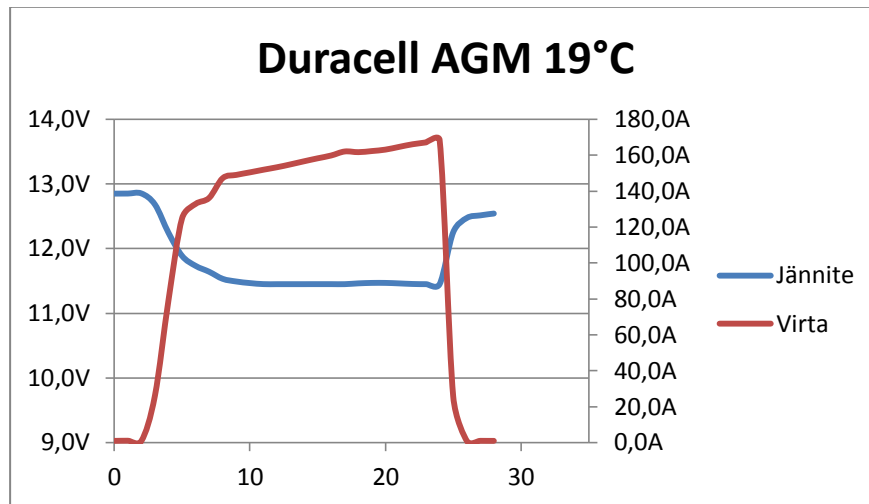
Kylmänä Duracell EFB:n napajännite 5 sekunnin kohdalla on noin 11,07V. 10 sekunnin kohdalla akun napajännite on laskenut 10,5V:iin ja 15 sekunnin kohdalla napajännite on 10,4V.



KUVA 26. Duracell EFB kylmässä

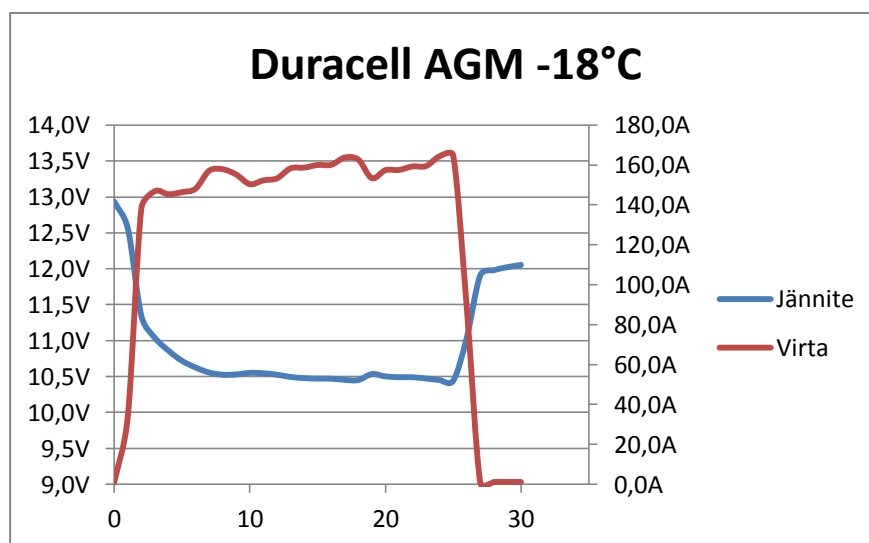
### 10.3.5 Duracell AGM

Duracellin AGM- akun jännite 5s kohdalla on n.11,8V. Sekä 10 että 15 sekunnin kohdalla napajännite on 11,5V. Akku pitää hyvin jännitteen tason samana.



**KUVA 27. Duracell AGM lämpimässä**

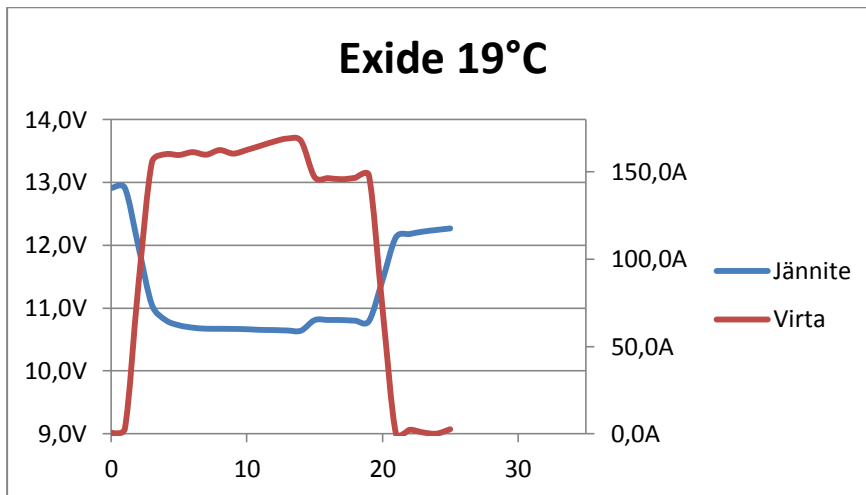
Duracellin AGM-akun jännite kylmänä 5 s kohdalla on n. 10,7V. Sekä 10 että 15 sekunnin kohdalla akun jännite on 10,5V. Kuten lämpimänäkin, akun jännitetaso pysyy läpi kuormituksen hyvin samansuuruisena.



**KUVA 28. Duracell AGM kylmässä**

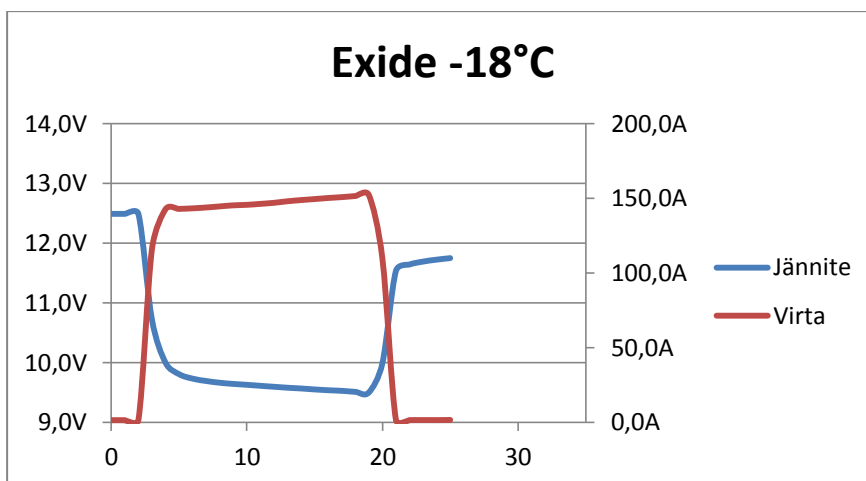
### 10.3.6 Exide

Exiden akussa akun jännite sekä 5 että 10 sekunnin kohdalla on noin 10,6V. 15 sekunnin kohdalla akun napajännite hieman nousee, johtuen manuaalisesta säädöstä hiilipakkavastuksessa, noin 10,8V:iin.



KUVA 29. Exide lämpimässä

Kylmänä Exiden jännite 5 s putoaa n. 9,8V:iin. Sekä 10 että 15 sekunnin kohdalla napajännite on 9,6V. Huomioitavaa on kuitenkin kuomitusvirta, mikä on alle 160A.



KUVA 30. Exide kylmässä

### 10.3.7 Kylmäkäynnistysjännitteet

Akkua kuormitettaessa tietyllä kuormalla, esim. käynnistinmoottori, napajännite putoaa. Kylmäkäynnistysjännite on todellinen jännite, jolla käynnistysmoottoria pyöritetään pakkasella. Taulukoidut arvot on otettu kuormitustesteistä n. 10 s kohdalta.

**TAULUKKO 6. Kylmäkäynnistysjännitteet**

| Akku:             | Kylmäkäynnistysjännite (V): |
|-------------------|-----------------------------|
| Varta             | 10,35                       |
| Loxa              | 10,33                       |
| Duracell Advanced | 10,45                       |
| Duracell EFB      | 10,53                       |
| Duracell AGM      | 10,55                       |
| Exide             | 9,63                        |

Akkujen käynnistysjännite putoaa kylmänä n.10,4V:n. Neljä vuotta vanhan Exiden jännite on jo huomattavasti alhaisempi, 9,63V. Käytännössä käynnistysjännitteet tip-puvat vielä hieman johtuen akkujen vajaasta varaustilasta. Akkujen ollessa lämpimiä ovat käynnistysjännitteet noin 1,0V suuremmat. Kuitenkin myös Exiden antama kylmäkäynnistysjännite riittää saamaan auton käyntiin talvella.

### 10.4 Akkujen massat

| Akku:             | Massa (kg): |
|-------------------|-------------|
| Varta             | 19,26       |
| Loxa              | 19,34       |
| Duracell Advanced | 18,58       |
| Duracell EFB      | 19,46       |
| Duracell AGM      | 21,46       |

**Taulukko 7. Akkujen massat**

Testissä olleiden akkujen massat ovat 20 kg:n molemmilla puolin. Kevyimmällä ja painavimmalla akulla on eroa massassa 3 kg. Testin painavimmassa AGM-akussa lisää massaa tuovat lasikuituerottimet.

## 11 TULOKSET

### 11.1 Sisäinen resistanssi

Sisäinen resistanssi määrittelee maksimivirran, jonka akku pystyy luovuttamaan. Se pystytään määrittelemään kaavasta 1:

$$U = E - R_i I \quad (1)$$

$$R_i = \frac{E-U}{I}$$

Jossa  $R_i$  = Sisäinen resistanssi

$E$  = Lähdejännite

$U$  = Napajännite kuormitettuna

$I$  = Kuormitusvirta

Jokaiselle akulle laskettiin sisäinen resistanssi laskemalla ensin jokaiselle kuormitetulle sekunnille keskiarvot kuormitusvirrasta sekä napajännitteestä. Saaduista arvoista laskettiin akkujen sisäiset resistanssit kolmen desimaalin tarkkuudella.

### TAULUKKO 8. Sisäiset resistanssit

|                              | Varta | Loxa  | Duracell<br>Advanced | Duracell<br>EFB | Duracell<br>AGM | Exide |
|------------------------------|-------|-------|----------------------|-----------------|-----------------|-------|
| $R_i$ lämpimänä ( $\Omega$ ) | 0,012 | 0,011 | 0,012                | 0,011           | 0,009           | 0,013 |
| $R_i$ kylmänä ( $\Omega$ )   | 0,016 | 0,013 | 0,015                | 0,016           | 0,015           | 0,020 |

Akkujen sisäiset resistanssit ovat noin 11m  $\Omega$ . Kylmällä akulla on korkeampi vastus kuin lämpimällä. Lämpimänä alhaisin sisäinen vastus oli AGM-akulla ja korkein Exidellä. Kylmänä alhaisin resistanssi oli Loxalla ja korkein Exidellä.

## 11.2 Akkujen hinnat ja ominaisenergia

**TAULUKKO 9. Suhteelliset hinnat sekä ominaisenergia**

|                             | Varta | Loxa | Duracell<br>Advanced | Duracell<br>EFB | Duracell<br>AGM | Keskiarvo |
|-----------------------------|-------|------|----------------------|-----------------|-----------------|-----------|
| Hinta (€)                   | 153   | 95   | 139                  | 179             | 215             | 156       |
| Ampeerituntihinta<br>(€/Ah) | 2,67  | 1,22 | 2,04                 | 2,34            | 2,88            | 2,23      |
| Kg- hinta (€/kg)            | 7,94  | 4,91 | 7,48                 | 9,20            | 8,79            | 7,67      |
| Ominaisenergia<br>(Ah/kg)   | 2,98  | 4,02 | 3,66                 | 3,93            | 3,05            | 3,53      |

Testattavista akuista mielekästä on verrata perinteisiä avoimia akkuja ja start and stop-akkuja toisiinsa. Perinteisistä akuista Loxalla on parhaat hintasuhteet sekä ominaisenergia. Start & stop -akuilla on korkeampi kg-hinta kuin avoimilla akuilla. Hintatiedot ovat akkumyynnin listahintoja, kuluttajalle hinnat ovat hieman edullisempia.



## 12 YHTEENVETO

**TAULUKKO 10. Yhteenveto**

|                              | Varta | Loxa  | Duracell<br>Advanced | Duracell<br>EFB | Duracell<br>AGM |
|------------------------------|-------|-------|----------------------|-----------------|-----------------|
| Hinta (€)                    | 153   | 95    | 139                  | 179             | 215             |
| Nimelliskapasiteetti<br>(Ah) | 75    | 74    | 74                   | 70              | 70              |
| Massa (kg)                   | 19,26 | 19,34 | 18,58                | 19,46           | 21,46           |
| Varakapasiteetti (min)       | 93    | 135   | 127                  | 143             | 152             |
| Kapasiteetti (Ah)            | 57,4  | 77,7  | 68,0                 | 76,4            | 74,7            |
| Ampeerituntihinta<br>(€/Ah)  | 2,67  | 1,22  | 2,04                 | 2,34            | 2,88            |
| Kg- hinta (€/kg)             | 7,94  | 4,91  | 7,48                 | 9,20            | 8,79            |
| Ominaisenergia<br>(Ah/kg)    | 2,98  | 4,02  | 3,66                 | 3,93            | 3,05            |
| $R_i$ lämpimänä ( $\Omega$ ) | 0,012 | 0,011 | 0,012                | 0,011           | 0,009           |
| $R_i$ kylmänä ( $\Omega$ )   | 0,016 | 0,013 | 0,015                | 0,016           | 0,015           |

Varta oli testin huonoin akku. Se oli kallein perinteinen akku ja sai vertailun alhaisimmat tulokset varakapasiteetti- ja kapasiteettitesteissä. Tästä syystä myös sen ominaisenergia on testin pienin. Ah-hinnaltaan Varta on testin toiseksi kallein, vain 0,20 € edullisempi AGM-akkua. Myös kg-hinta on perinteisten akkujen kallein. Vartan sisäinen resistanssi on testin keskiarvoa

Loxa oli testin paras akku. Edullisimmalla hinnallaan ja testin keskiarvoa olevalla massallaan akun kg-hinta on testin edullisin. Myös vertailun suurin kapasiteetti laski akun Ah-hinnan muihin akkuihin verrattuna jopa yli kaksi kertaa alhaisemmaksi. Lo-xan sisäiset vastukset ovat myös testin parhaimmista.

Duracellin Advanced-akku edusti testissä premium-luokan akkua. Sen massa oli kevyin testatuista akuista, mutta sekä kapasiteetti että varakapasiteetti jäivät testin toiseksi alhaisimmaksi. Ampeerituntihinnaltaan akku on vertailun toiseksi edullinen,

mutta se jää Loxan akusta taakse n. 0,80€/Ah. Kg-hinnaltaan sekä ominaisenergialtaan Duracell Advanced on testin toiseksi paras.

Duracell EFB sai testin parhaan suhteellisen tuloksen kapasiteettitestistä. EFB-akku on testin toiseksi painavin akku, joten sillä on testin kallein kg-hinta, mutta kuitenkin testin toiseksi paras ominaisenergia. Akku sai testin toiseksi parhaan varakapasiteetti-arvon.

Duracellin AGM-akku oli sekä testin kallein että painavin. Kg-hinta sillä on kuitenkin edullisempi kuin EFB-akulla, mutta Ah-hinta on EFB-akkua suurempi. AGM-akun ominaisenergia on kuitenkin testin toiseksi alhaisin, vain hieman Vartan akkua suurempi. AGM-akku sai testin parhaan tuloksen varakapasiteetiksi.

### **13 POHDINTA**

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää eri SLI-akkujen suorituskykyeroja ja niiden tietojen täsmävyyttä. Akuista saatiin testattua halutut ominaisuudet ja tulokset taulukoitiin helposti vertailtaviksi. Opinnäytetyön tuloksista voidaan päätellä, että akun hinta ei suoraan korreloi sen suorituskykyyn. Tässä testissä ei edullisimmassa akussa ollut myöskään tingitty kapasiteetista. Työssä tuli ilmi myös, että iältään vanhan, mutta käyttämättömän akun suorituskyky laskee, eikä digitaalinen akkustesteri tätä välttämättä havaitse.

Vertailun tulosten perusteella ei kannata ostaa kauan varastossa seisonutta akkua. Toisaalta voidaan sanoa, ettei myöskään kalliimpi akkuvaihtoehto, esim. ensiasennusakku vastaava, aina ole parempi kuin edullisempi akku. Vaikka testatut akut olivat fyysisiltä mitoiltaan samankokoiset, oli mitattujen kapasiteettien vaihteluväli n. 20Ah:a. Vartan akussa on todennäköisesti aktiivinen aine irronnut kennolevyistä, koska akun massa oli samaa luokkaa muiden kanssa. Duracell Advanced:lla sen sijaan mitattu massa oli vertailun kevyin ja sen kapasiteetti jäi n. 8 % nimellisarvosta. Voi olla, että Advanced-akussa oli tingitty aktiivisen aineen määrässä.

Sekä EFB- että AGM-akkujen mitattu kapasiteetti oli nimelliskapasiteettia korkeampi. Ne myös pystyivät luovuttamaan virtaa varakapasiteettitestissä pisimpään. Näitä akku-

ja pystyy myös käyttämään henkilöautossa ilman pysäytysautomaatiikkaa, mutta kaliumin hinnan vuoksi niitä tuskin moni ostaa. EFB-akulla on ominaisenergia miltei Loxan tasoa. Molemmat akut pystyivät luovuttamaan varakapasiteettia kauemmin kuin Loxa, millä oli kuitenkin suurin kapasiteetti. Pysähdysautomaatiikalla varustetuissa autoissa edellytetään käytettäväksi vähintään EFB-akkuja. Olisi ollut mielenkiintoista verrata EFB- ja AGM-akkujen syväpurkuominaisuuksia. EFB-akun kerrotaan kestävän kaksi ja AGM-akun kolme kertaa perinteistä akkuja pidempään syväpurkamista.

Akkujen kuormitustestaamisessa olisi ollut parempi olla jonkinlainen standardivastus. Hiilipakkavastuksen lämmitessä laajenevat hiililevyt painuvat toisiinsa ja aiheuttavat kuormitusvirran suurenemisen. Myös hiilipakan käsivarainen säätö aiheutti testimittauksiin kuormitusvirran heilahteluja. Pakastimessa eri korkeuksilla olleet akut olivat hieman eri lämpötilassa. Lämpötilaeroja pyrittiin kompensoimaan pitämällä kylmintä akkuja hieman kauemmin hallin lämmössä ennen testaamisen aloittamista. Pidän saatuja tuloksia kuitenkin vertailukelpoisina, koska erot kapasiteettimittauksissa on suhteellisen suuria, pienet erot akkujen lämpötiloissa tuskin vaikuttavat mittaustuloksiin suuresti.

Akkujen lataamiseen käytetyt laturit latasivat akut hieman eri varaustiloihin. Turnigy latasi akun vain hieman yli 12,80V, kun muissa latureissa akkujännite nousi jopa yli 13V:in. Jotta pystyttäisiin selvittämään tietyn akkutyypin suorituskyky ja vertaamaan sitä muihin, täytyisi testeissä olla mukana useita samoja akkuja. Akut ovat yksilöitä, ja tehtaalta lähtiessään niissä saattaa esiintyä suorituskykyyn ja kapasiteettiin vaikuttavia vikoja. Akut pitäisi ladata samanlaisilla latureilla, sekä ympäristön olosuhteiden täytyisi olla identtiset eri testikerroilla. Tässä työssä ei pystytty näitä vaatimuksia täysin toteuttamaan rajallisista resursseista sekä laitteistoista johtuen.

## LÄHTEET

- 1 Linden, Reddy. Handbook of batteries. New York: McGraw-Hill. 2002.
- 2 Bosch. Autoteknillinen taskukirja. Jyväskylä: Gummerus Oy. 2003.
- 3 Balakrishnan, Rethinam. Developments in Valve-Regulated Lead-Acid (VRLA) Batteries. New York: Nova Science Publishers. 2008
- 4 Separators. Curtis Instruments Inc. WWW- dokumentti.  
[http://evbatterymonitoring.com/BatteryBook2/Battery\\_Book\\_2.htm#Paste\\_for\\_Engine\\_Starting\\_Batteries.htm](http://evbatterymonitoring.com/BatteryBook2/Battery_Book_2.htm#Paste_for_Engine_Starting_Batteries.htm). Päivitetty 28.4.2011. Luettu 20.2.2015
- 5 Start-stop-ajoneuvojen liikkeelle paneva voima. Varta. PDF- dokumentti.  
[http://www.aam.fi/files/file/Start-Stop\\_akku\\_Varta.pdf](http://www.aam.fi/files/file/Start-Stop_akku_Varta.pdf)
- 6 Technology. Johnson Controls Inc. WWW- dokumentti:  
<http://www.powerframe.com/us-en/technology>. Päivitetty 2.3.2015. Luettu 2.3.2015.
- 7 Battery. Encyclopedia Britannica. WWW- dokumentti:  
<http://global.britannica.com/EBchecked/topic/56126/battery/45851/Air-depolarized-batteries#toc45853>. Päivitetty 9.3.2015. Luettu 9.3.2015
- 8 Teknistä Tietoa. Exide. PDF- dokumentti: [http://exide.fi.loopiadns.com/wp/wp-content/uploads/2009/05/Exide\\_fi\\_Teknisk\\_info.PDF](http://exide.fi.loopiadns.com/wp/wp-content/uploads/2009/05/Exide_fi_Teknisk_info.PDF)
- 9 Spiralcell technolog. Optima. WWW- dokumentti.  
<http://www.optimabatteries.com/en-us/technology/spiralcell-technology>. Ei päivitystietoa. Luettu 11.3.2015
- 10 Optima Batteries. SYBS Group. WWW- dokumentti.  
<http://sybsgroup.co.uk/brands-batteries/optima-batteries>. Ei päivitystietoa. Luettu 11.3.2015
- 11 Compare grids. Powerframe. WWW- dokumentti. <http://www.powerframe.com/us-en/compare-grids>. Ei päivitystietoa. Luettu 11.3.2015
- 12 Technology. Powerframe. WWW- dokumentti. <http://www.powerframe.com/gb-en/technology>. Ei päivitystietoa. Luettu 11.3.2015
- 13 Powerframe- teknologia. Bosch. WWW- dokumentti. [http://fi.bosch-automotive.com/fi/parts/parts\\_and\\_accessories/service\\_parts\\_1/batteries\\_4/batterietechnologie\\_n\\_1/powerframe/powerframe\\_1](http://fi.bosch-automotive.com/fi/parts/parts_and_accessories/service_parts_1/batteries_4/batterietechnologie_n_1/powerframe/powerframe_1). Ei päivitystietoa. Luettu 11.3.2015
- 14 Blue Dynamic EFB. Varta. WWW- dokumentti. <http://www.varta-automotive.com/en-gb/products/start-stop/blue-dynamic-efb/>. Ei päivitystietoa. Luettu 11.3.2015
- 15 Uuden sukupolven laturi pienille akuilla. Ctek. PDF- dokumentti.  
[http://www.ctek.com/Archive/ProductPdf/XS%200.8\\_FI.pdf](http://www.ctek.com/Archive/ProductPdf/XS%200.8_FI.pdf)

16 Electrode Paste Manufacturing. Curtis Instruments Inc. WWW- dokumentti. [http://evbatterymonitoring.com/BatteryBook2/Battery\\_Book\\_2.htm#\\_THE\\_CONSTRUCTING\\_OF\\_THE\\_LEAD\\_ACID\\_BATTERY.htm](http://evbatterymonitoring.com/BatteryBook2/Battery_Book_2.htm#_THE_CONSTRUCTING_OF_THE_LEAD_ACID_BATTERY.htm). Päivitetty 28.4.2011. Luettu 20.3.2015

17 Akkmulyatory. Lantorg. WWW- dokumentti. <http://lantorg.com/article/akkumulyatory-gelevye-multigelevye-i-agm-v-chem-rznitsa>. Päivitetty 26.1.2015. Luettu 20.3.2015

18 Battery Basics: A Layman's Guide to Batteries. BatteryStuff. WWW- dokumentti. <http://www.batterystuff.com/kb/articles/battery-articles/battery-basics.html#2>. Ei päivitystietoa. Luettu 20.3.2015

19 Deep-Cycle Battery Storage. PDF- dokumentti. [http://www.trojanbattery.com/pdf/WP\\_DeepCycleBatteryStorage\\_0512.pdf](http://www.trojanbattery.com/pdf/WP_DeepCycleBatteryStorage_0512.pdf). Luettu 13.4.2015

20 Sealed Lead Acid Battery Charging Basics. PowerStream. WWW- dokumentti. <http://www.powerstream.com/SLA.htm>. Ei päivitystietoa. Luettu 23.3.2015

21 Battery Chargers and Charging Methods. Woodbank Communications Ltd. WWW- dokumentti. <http://www.mpoweruk.com/chargers.htm>. Päivitetty 5.3.2015. Luettu 23.3.2015

22 Juhala, Matti, Lehtinen, Arto, Suominen, Matti & Tammi, Kari. Moottorialan sähköoppi. Jyväskylä. Gummerus OY. 2005.

23 EFB- teknologia. Bosch. WWW- dokumentti. [http://fi.bosch-automotive.com/fi/parts/parts\\_and\\_accessories/service\\_parts\\_1/batteries\\_4/batterietechnologie\\_n\\_1/efb/efb\\_1](http://fi.bosch-automotive.com/fi/parts/parts_and_accessories/service_parts_1/batteries_4/batterietechnologie_n_1/efb/efb_1). Ei päivitystietoa. Luettu 23.3.2015

24 AGM- teknologia. Bosch. WWW- dokumentti. [http://fi.bosch-automotive.com/fi/parts/parts\\_and\\_accessories/service\\_parts\\_1/batteries\\_4/batterietechnologie\\_n\\_1/agm/agm\\_1](http://fi.bosch-automotive.com/fi/parts/parts_and_accessories/service_parts_1/batteries_4/batterietechnologie_n_1/agm/agm_1). Ei päivitystietoa. Luettu 23.3.2015


25 Lead acid batteries in micro hybrid and Hybrid Electrical Vehicle applications. Svensson Christeer. PDF- dokumentti. [http://exide.dk.loopiadns.com/wp/wp-content/uploads/2011/01/Svensson\\_Automassan\\_2011\\_01\\_21.pdf](http://exide.dk.loopiadns.com/wp/wp-content/uploads/2011/01/Svensson_Automassan_2011_01_21.pdf). Luettu 23.3.2015

26 Usein esitettyjä kysymyksiä litium käynnistysakuista. Euroglobe. PDF- dokumentti. <http://www.startax.net/lisatieto.php?tiedosto=1805-ELB9.pdf&lang=fi&id=>. Luettu 25.3.2015

27 42 Voltin sähköt henkilöautossa. Tapio Ketonen. WWW- dokumentti. <http://www.tuulilasi.fi/kysymykset/42-voltin-sahkot-henkiloautossa>. Päivitetty 17.15.2014. Luettu 25.3.2015

28 Valve- Regulated Lead-Acid (VRLA). East Penn manufacturing co. PDF- dokumentti. <http://www.eastpennmanufacturing.com/wp-content/uploads/Guide-to-VRLA-Batteries-1927.pdf>. Luettu 14.4.2015




|                                       |   |   |
|---------------------------------------|---|---|
| <b>Type no.</b>                       | <b>DE 70 AGM</b>                          |   |
| <b>Article no.</b>                    | <b>016570010801</b>                       |   |
| <b>Standards</b>                      | <b>DIN EN 50342-1,50342-2</b>             |   |
| <b>Application</b>                    | <b>Starter battery</b>                    |   |
| <b>Electrical data</b>                |   |   |
| <b>Rated voltage</b>                  | <b>12V</b>                                |   |
| <b>Rated capacity</b>                 | <b>70 Ah (K20)</b>                        |   |
| <b>Cold start current</b>             | <b>720 A (EN)</b>                         |   |
| <b>Dimensions and weights</b>         |   |   |
| <b>Box</b>                            | <b>L3</b>                                 |  |
| <b>Length max.</b>                    | <b>278mm</b>                              |   |
| <b>Width max.</b>                     | <b>175mm</b>                              |   |
| <b>Box height max.</b>                | <b>190mm</b>                              |   |
| <b>Total height max.</b>              | <b>190mm</b>                              |   |
| <b>Battery weight</b>                 | <b>Ca. 21,0 kg (+/- 5 %)</b>              | <small>Symbolpicture</small>  |
| <b>Electrolyte density</b>            | <b>Approx. 1,32 kg/l</b>                  |   |
| <b>Electrolyte</b>                    | <b>Diluted sulphuric acid</b>             |   |
| <b>Items/pallet</b>                   | <b>64</b>                                 |   |
| <b>Pallet ID</b>                      | <b>Euro pallet</b>                        |   |
| <b>Items per layer</b>                | <b>16</b>                                 |   |
| <b>Features</b>                       |   |   |
| <b>Base hold-down</b>                 | <b>B13</b>                                |   |
| <b>Layout</b>                         | <b>0</b>                                  |   |
| <b>Terminal</b>                       | <b>1</b>                                  |   |
| <b>Separator</b>                      | <b>AGM separator</b>                      |   |
| <b>Degassing</b>                      | <b>Battery with central degassing</b>     |   |
| <b>Flame arrester</b>                 | <b>Available</b>                          |   |
| <b>Maintenance <sup>1)</sup></b>      |   |   |
| <b>Water consumption</b>              | <b>&lt; 1g/Ah</b>                         |   |
| <b>Refill water</b>                   |   |   |
| <b>Self-discharge</b>                 | <b>Approx. 3 % per month</b>              |   |
| <b>Charging current</b>               | <b>Approx. 1/20 of the rated capacity</b> |   |
| <b>Charging voltage <sup>2)</sup></b> | <b>max. 14,8 V</b>                        |   |

<sup>1)</sup> All the listed values relate to room temperature +25° C

<sup>2)</sup> Recommendation with an external, voltage-regulated charge




|                                  |  |   |
|----------------------------------|--|---|
| Type no.                         | DE 70 EFB                              |   |
| Article no.                      | 012570000801                           |   |
| Standards                        | DIN EN 50342-1,50342-2                 |   |
| Application                      | Starter battery                        |   |
| <b>Electrical data</b>           |  |   |
| Rated voltage                    | 12V                                    |   |
| Rated capacity                   | 70 Ah (K20)                            |   |
| Cold start current               | 660 A (EN)                             |   |
| <b>Dimensions and weights</b>    |  |   |
| Box                              | L3                                     |  |
| Length max.                      | 278mm                                  |   |
| Width max.                       | 175mm                                  |   |
| Box height max.                  | 190mm                                  |   |
| Total height max.                | 190mm                                  |   |
| Battery weight                   | Ca. 19,0 kg (+/- 5 %)                  | Symbolpicture   |
| Electrolyte density              | Approx. 1,28 kg/l                      |   |
| Electrolyte                      | Diluted sulphuric acid                 |   |
| Items/pallet                     | 64                                     |   |
| Pallet ID                        | Euro pallet                            |   |
| Items per layer                  | 16                                     |   |
| <b>Features</b>                  |  |   |
| Base hold-down                   | B13                                    |   |
| Layout                           | 0                                      |   |
| Terminal                         | 1                                      |   |
| Separator                        | PE bag separator with glass nonwoven   |   |
| Degassing                        | Battery with central degassing         |   |
| Flame arrester                   | Available                              |   |
| <b>Maintenance <sup>1)</sup></b> |  |   |
| Water consumption                | < 1g/Ah                                |   |
| Refill water                     | Distilled or demineralised (DIN 43530) |   |
| Self-discharge                   | Approx. 3 % per month                  |   |
| Charging current                 | Approx. 1/10 of the rated capacity     |   |
| Charging voltage <sup>2)</sup>   | max. 14,8 V                            |   |

<sup>1)</sup> All the listed values relate to room temperature +25° C

<sup>2)</sup> Recommendation with an external, voltage-regulated charge





|                                       |   |   |
|---------------------------------------|---|---|
| <b>Type no.</b>                       | <b>DA 74</b>                                  |   |
| <b>Article no.</b>                    | <b>013574120801</b>                           |   |
| <b>Standards</b>                      | <b>DIN EN 50342-1,50342-2</b>                 |   |
| <b>Application</b>                    | <b>Starter battery</b>                        |   |
| <b>Electrical data</b>                |   |   |
| <b>Rated voltage</b>                  | <b>12V</b>                                    |   |
| <b>Rated capacity</b>                 | <b>74 Ah (K20)</b>                            |   |
| <b>Cold start current</b>             | <b>680 A (EN)</b>                             |   |
| <b>Dimensions and weights</b>         |   |   |
| <b>Box</b>                            | <b>L3</b>                                     |  |
| <b>Length max.</b>                    | <b>278mm</b>                                  |   |
| <b>Width max.</b>                     | <b>175mm</b>                                  |   |
| <b>Box height max.</b>                | <b>190mm</b>                                  |   |
| <b>Total height max.</b>              | <b>190mm</b>                                  |   |
| <b>Battery weight</b>                 | <b>Ca. 18,0 kg (+/- 5 %)</b>                  |   |
| <b>Electrolyte density</b>            | <b>Approx. 1,28 kg/l</b>                      |   |
| <b>Electrolyte</b>                    | <b>Diluted sulphuric acid</b>                 |   |
| <b>Items/pallet</b>                   | <b>64</b>                                     |   |
| <b>Pallet ID</b>                      | <b>Euro pallet</b>                            |   |
| <b>Items per layer</b>                | <b>16</b>                                     |   |
| <b>Features</b>                       |   |   |
| <b>Base hold-down</b>                 | <b>B13</b>                                    |   |
| <b>Layout</b>                         | <b>0</b>                                      |   |
| <b>Terminal</b>                       | <b>1</b>                                      |   |
| <b>Separator</b>                      | <b>PE bag separator</b>                       |   |
| <b>Degassing</b>                      | <b>Battery with central degassing</b>         |   |
| <b>Flame arrester</b>                 | <b>Available</b>                              |   |
| <b>Maintenance <sup>1)</sup></b>      |   |   |
| <b>Water consumption</b>              | <b>&lt; 1g/Ah</b>                             |   |
| <b>Refill water</b>                   | <b>Distilled or demineralised (DIN 43530)</b> |   |
| <b>Self-discharge</b>                 | <b>Approx. 3 % per month</b>                  |   |
| <b>Charging current</b>               | <b>Approx. 1/10 of the rated capacity</b>     |   |
| <b>Charging voltage <sup>2)</sup></b> | <b>max. 14,8 V</b>                            |   |

<sup>1)</sup> All the listed values relate to room temperature +25° C

<sup>2)</sup> Recommendation with an external, voltage-regulated charge



**PROFESSIONAL DUAL PURPOSE**

*Key benefits*

- Designed for motorhomes, caravans and boats with lower energy requirements – ideal for starting and light service applications
- Long lasting – up to twice the cyclic stability of conventional flooded batteries
- Minimal self-discharge makes it ideal for seasonal use
- Ideal for dual power applications (can be used for both starting and overall energy supply)

For more information visit [www.varta-automotive.com](http://www.varta-automotive.com)

| ORDER INFORMATION        |                   |
|--------------------------|-------------------|
| European Type No. (ETN): | 930 075 065       |
| Article Number:          | 930 075 065 B91 2 |
| Short Code:              | LFD 75            |
| Barcode:                 | 4016987141113     |
| Packaging Unit:          | 1                 |
| Quantity per Pallet:     | 48                |

| TECHNICAL INFORMATION             |     |                     |        |
|-----------------------------------|-----|---------------------|--------|
| Voltage [V]:                      | 12  | Height [mm]:        | 190    |
| Battery Capacity [Ah]:            | 75  | Base Hold-down:     | B13    |
| Battery Capacity 5h [Ah]:         | 64  | Layout:             | 0      |
| Cold Cranking Amps (CCA), EN [A]: | 650 | Terminal Types:     | 1      |
| Marine Cranking Amps (SAE) @ 0°C: | 813 | Case Size:          | H6/L3  |
| Length [mm]:                      | 278 | Weight filled (kg): | 19,500 |
| Width [mm]:                       | 175 |                     |        |