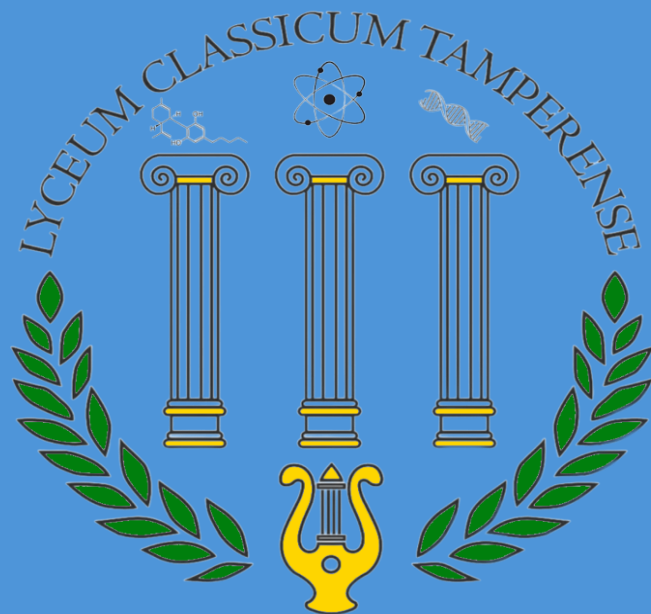


Tulevaisuuden akkumateriaalit



Daniel Turkkinen

Lauri Nyhä

Tampereen Klassillinen lukio

Työn ohjaaja: Pasi Ahtola

Johdanto

- Akut ovat keskeinen osa modernia arkea
 - Esim. puhelimet, sähköautot, energiavarastot
- Akkujen kysyntä kasvaa jatkuvasti
 - Tarve uusille, kestäville materiaaleille
- Tutkimuksemme tavoitteena
 - Tutkia nykyajan ja tulevaisuuden akkumateriaaleja
 - Kehittää mittalaite akkujen testaamiseen
- Työtä motivoivat:
 - YK:n kestävän kehityksen tavoitteet (7, 9, 11, 13)
 - EU:n pyrkimykset kestävään akkuteknologiaan

Akkuvalinnat

- Tavoitteena kattava kokoonpano merkittävimmistä tekniikoista
- Huolellisen tutkimuksiin ja tietoon tutustumisen jälkeen päädyimme seuraaviin valintoihin:

Hylättiin:

- Ligniinipohjainen akku
 - Olisi ollut kiinnostava tutkia, mutta teknologiaa kehittävän Stora Enson säännöt kielsivät koekappaleiden luovuttamisen tutkielmaamme varten
- Lyijyakku
 - Vanhenevaa teknologiaa, käytännön toteutus Arduino-laitteiston kanssa vaikeaa
- Nikkelikadmiumakku
 - Vanhenevaa teknologiaa, vaikeasti saatavilla nykyään
- Itse tehty kaliumpermanganaattiakku
 - Akkua purettaessa keittolasin pohjalle muodostui sakka, josta akkumateriaaleja ei saatu enää erotettua elektrolyysillä, käytännössä siis monimutkainen paristo
- Itse tehty natriumakku
 - Aiheutti pienimuotoisen räjähdyksen (vetokaapissa, akun sisältänyt keittolasi säilyi ehjänä), akun valmistus turvallisesti ja luotettavasti kuitenkin liian hankalaa

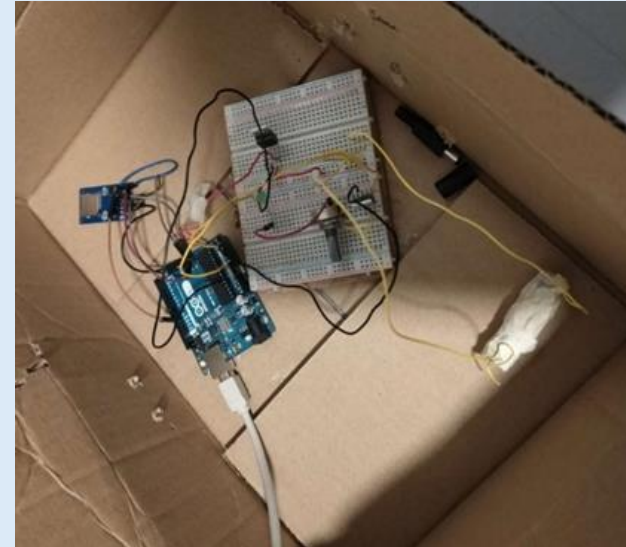
Valittiin:

- Litiumkobolttioksidiakku
 - Hyvin yleinen teknologia
 - Paljon käyttökohteita
 - Teknologiaa kehitetään nykyään paljon
- Litiumrautafosfaattiakku
 - Ensimmäinen koboltiton litiumakkuteknologia
 - Ympäristöystävällisempi, eettisempi, halvempi ja paremmin kierrätettävissä kuin litiumkobolttioksidiakku
 - Yleinen etenkin sähköautoissa
- Natriumkloridiakku
 - Hyvin potentiaalinen teknologia tulevaisuudessa
 - Materiaalit helposti saatavilla
 - Akut halpoja ja myrkyttömiä
 - Energiatiheys lähellä litiumioniakkuja
 - Kokeellinen teknologia, ei vielä laajamittaisessa kaupallisessa käytössä
 - Kehittäjä suomalainen start-up -yritys Broadbit
- Nikkelimetallihydridiakku
 - Jatkokehitelty akkuteknologia nikkelikadmiumakuista
 - Yleinen teknologia

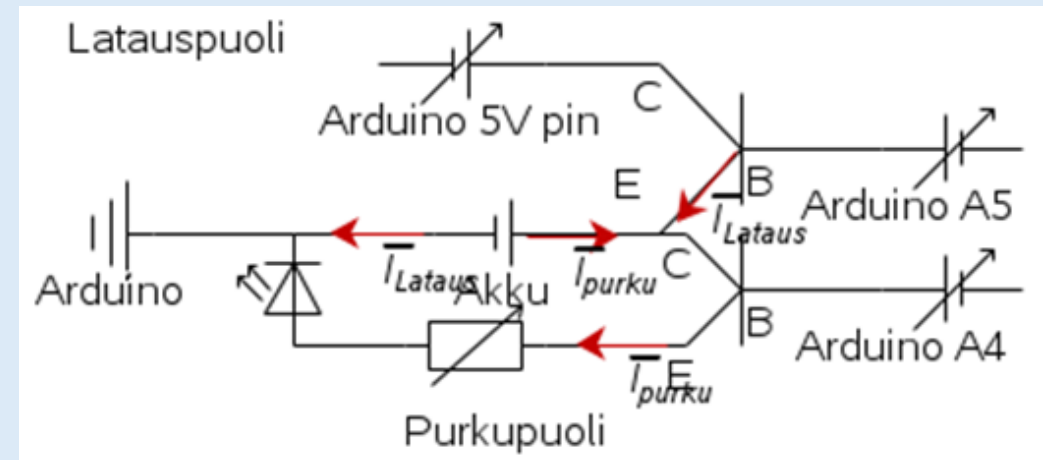
Laitteisto

- Itse valmistettu
- Arduino UNO -mikrokontrolleripohjainen virtapiiri
- Latasi ja purki akkuja automaattisesti
- Mittasi samalla jännitettä ajan funktiona
- Datan perusteella mahdollista laskea myös muita suureita, kuten energiaa ja varausta
- Laitteistoa ohjannut koodi kirjoitettu itse
- Tietojen automaattinen tallennus SD-kortille

Tutkimuslaitteiston kytkentäkaavio. Kuvassa B on transistorin kanta, C transistorin kollektori/lähdepinni ja E emitteri/kuormapinni.



Kuva tutkimuslaitteistosta



Tutkimuksen käytännön toteutus

- Mittaukset noin 22 °C lämpötilassa ja normaali-ilmanpaineessa
- Akku kytkettiin laitteistoon, joka mittasi automaattisesti
- Latausvirta mitattu yleismittarilla, sillä käytettävissä olleet virtamittarit eivät sopineet yhteen Arduinin kanssa





Tutkittu nikkelimetallihydridiakku



Tutkittu litiumkobolttioksidiaakku



Tutkittu litiumrauta-fosfaattiakku

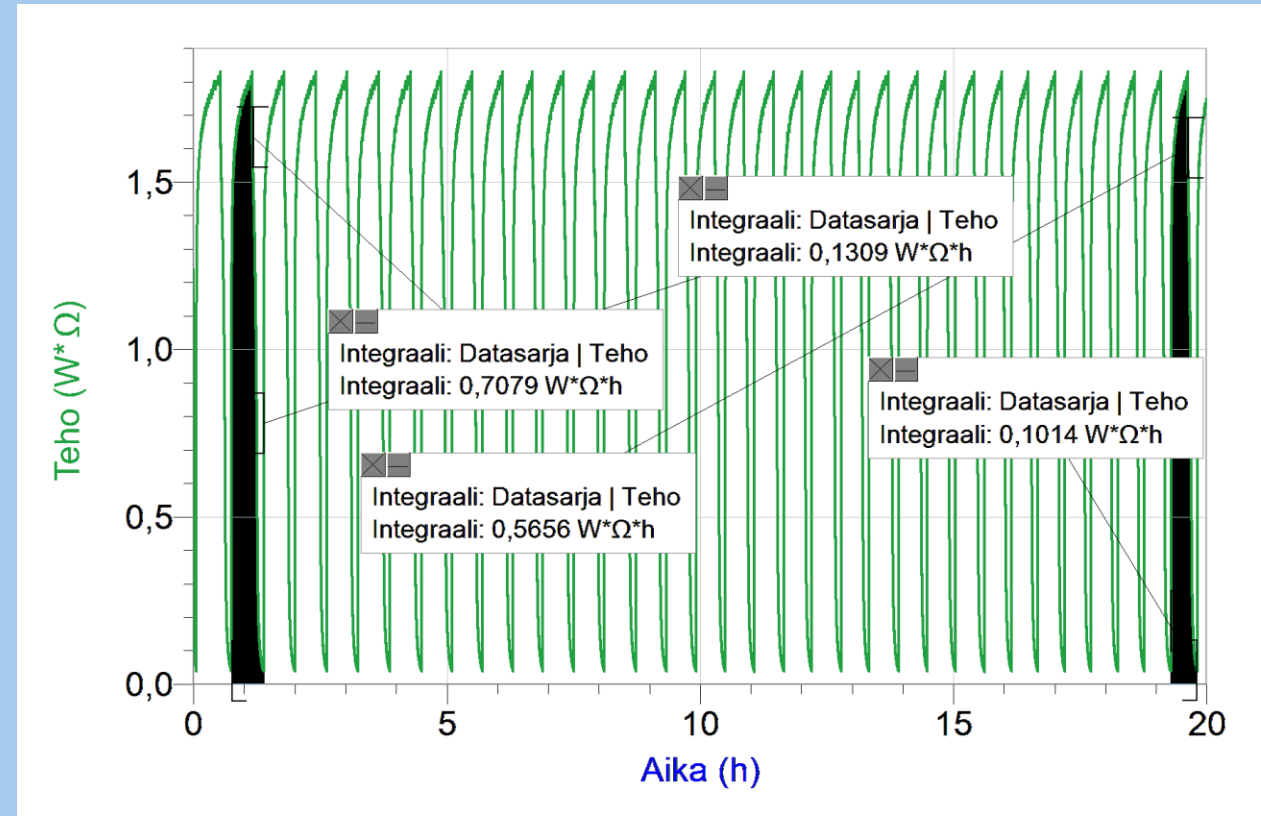
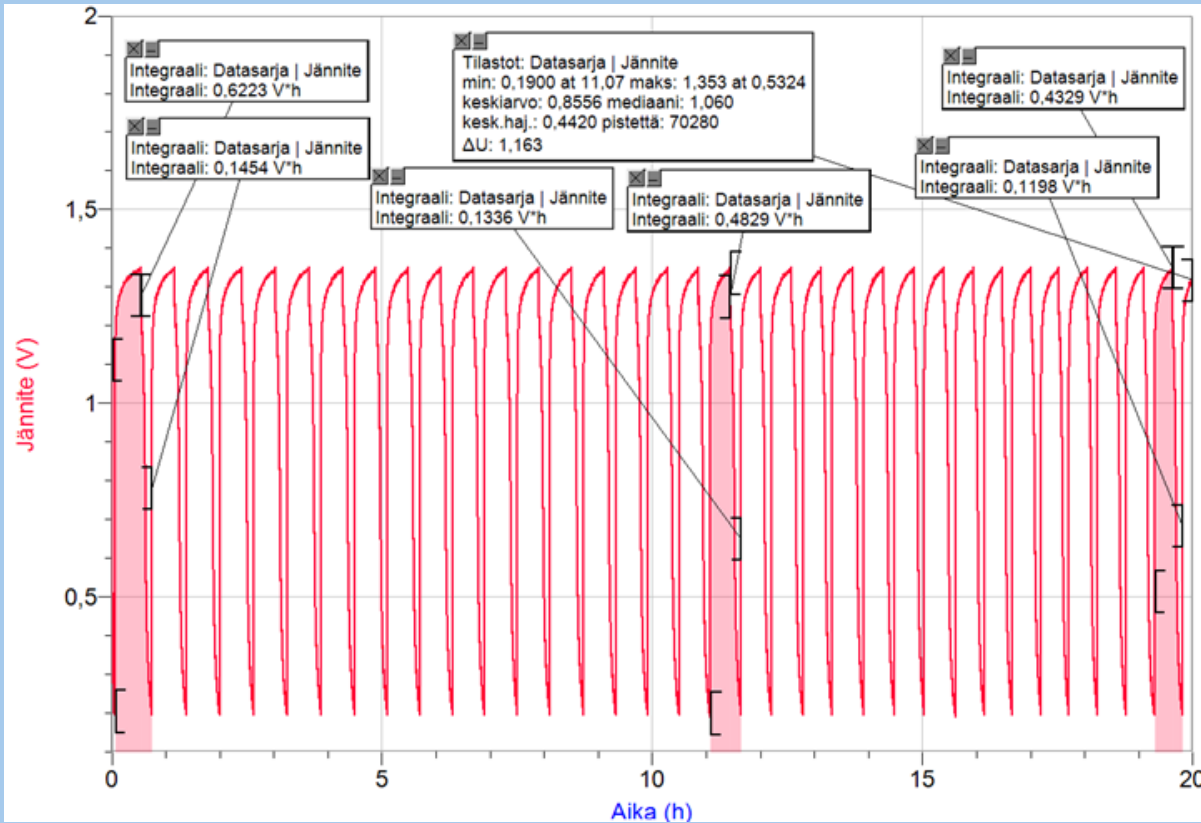


Tutkittu natriumkloridiakku

Tutkimustulokset

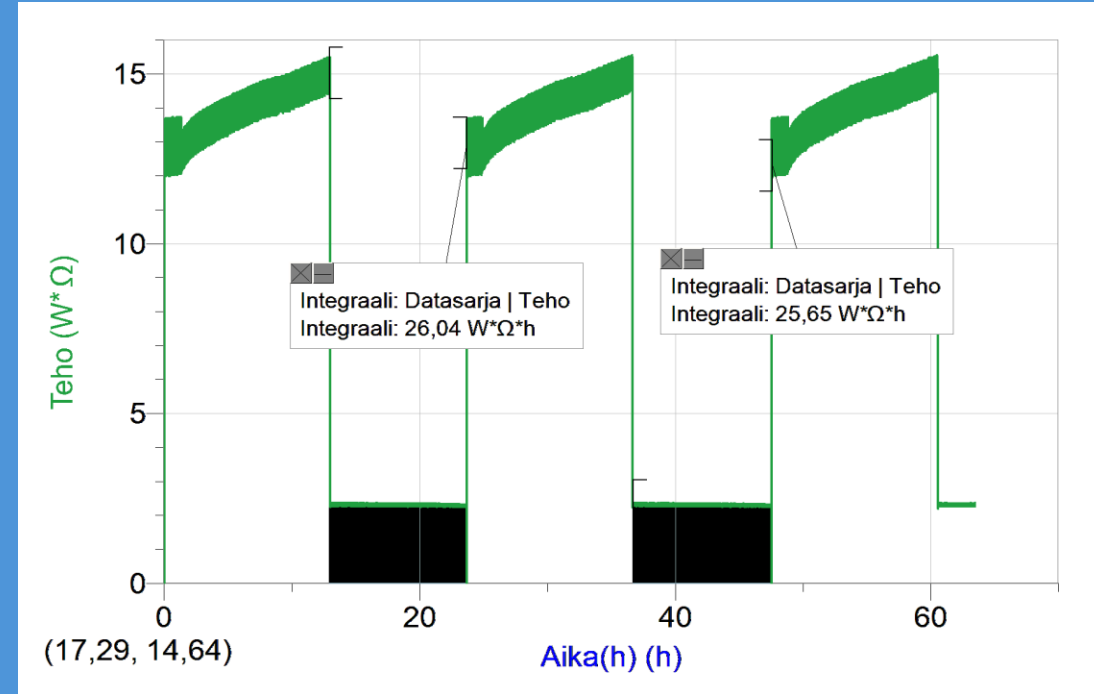
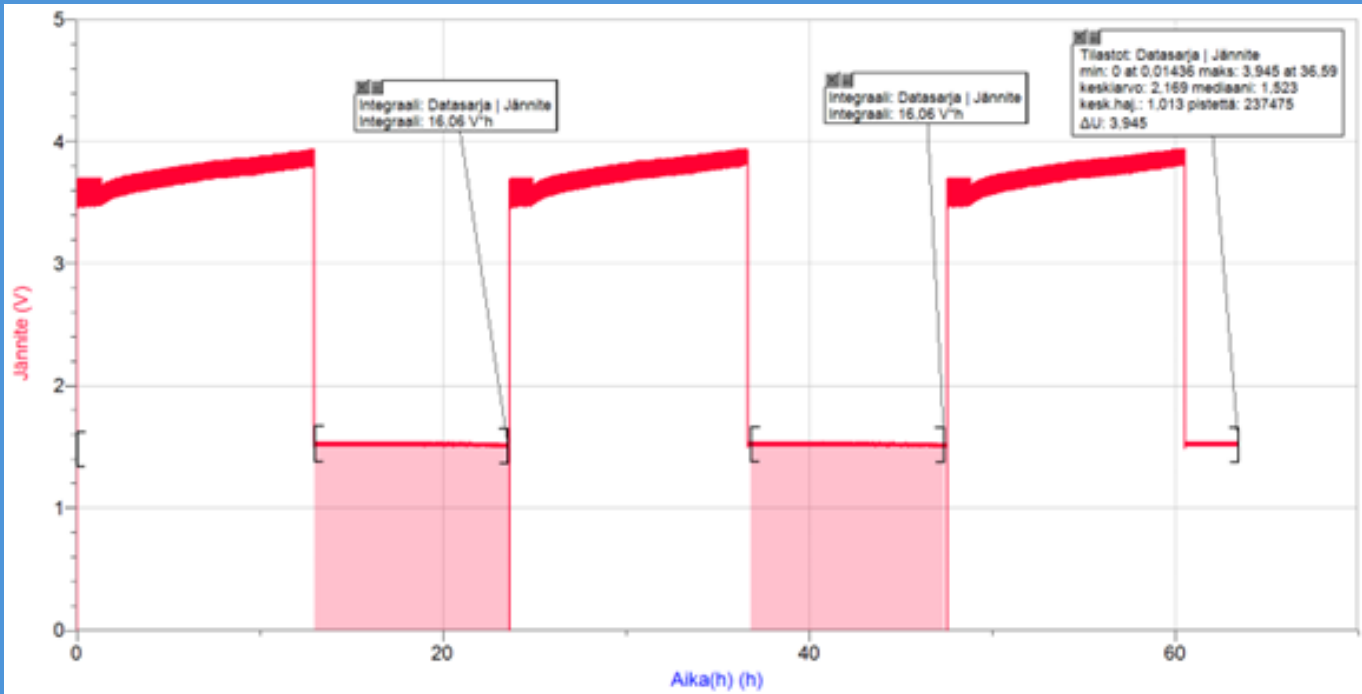
- Akkuja ladattiin ja purettiin jokaisessa mittauksessa 37-38 kertaa
- Litiumkobolttioksidiakkua kuitenkin vähemmän, sillä varaus merkittävästi muita akkuja suurempi
- Mittaustulokset esitetty jännite ajan funktiona –graafina ja energia ajan funktiona graafina
- Jännitteen avulla laskettu purkuintegraaleja, energiaa ja energiainegraaleja
- Energiainegraalit laskettu mittaustuloksien perusteella ja ilmoitettu yksikössä $\text{Wh} \cdot \Omega$, sillä laitteiston johtimien tarkkaa resistanssia ei pystytty määrittämään
- Tulokset käsiteltiin LoggerPro -ohjelmalla

Nikkelimetallihydridiakku



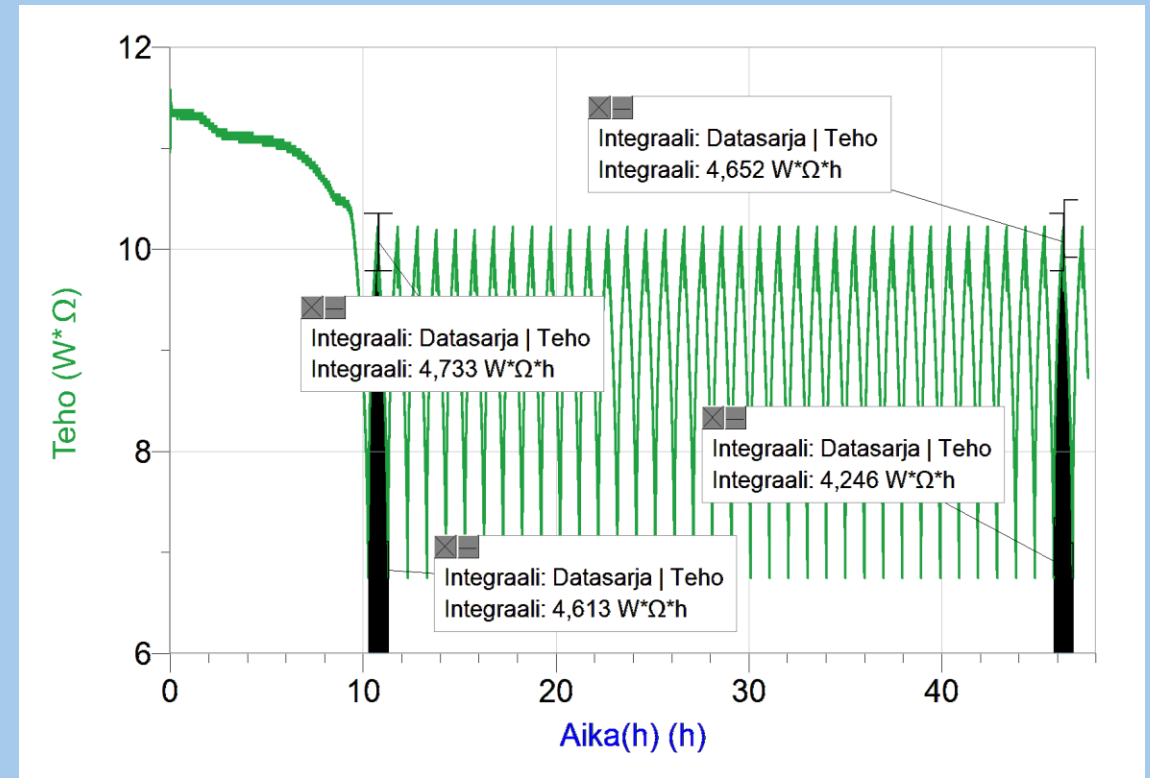
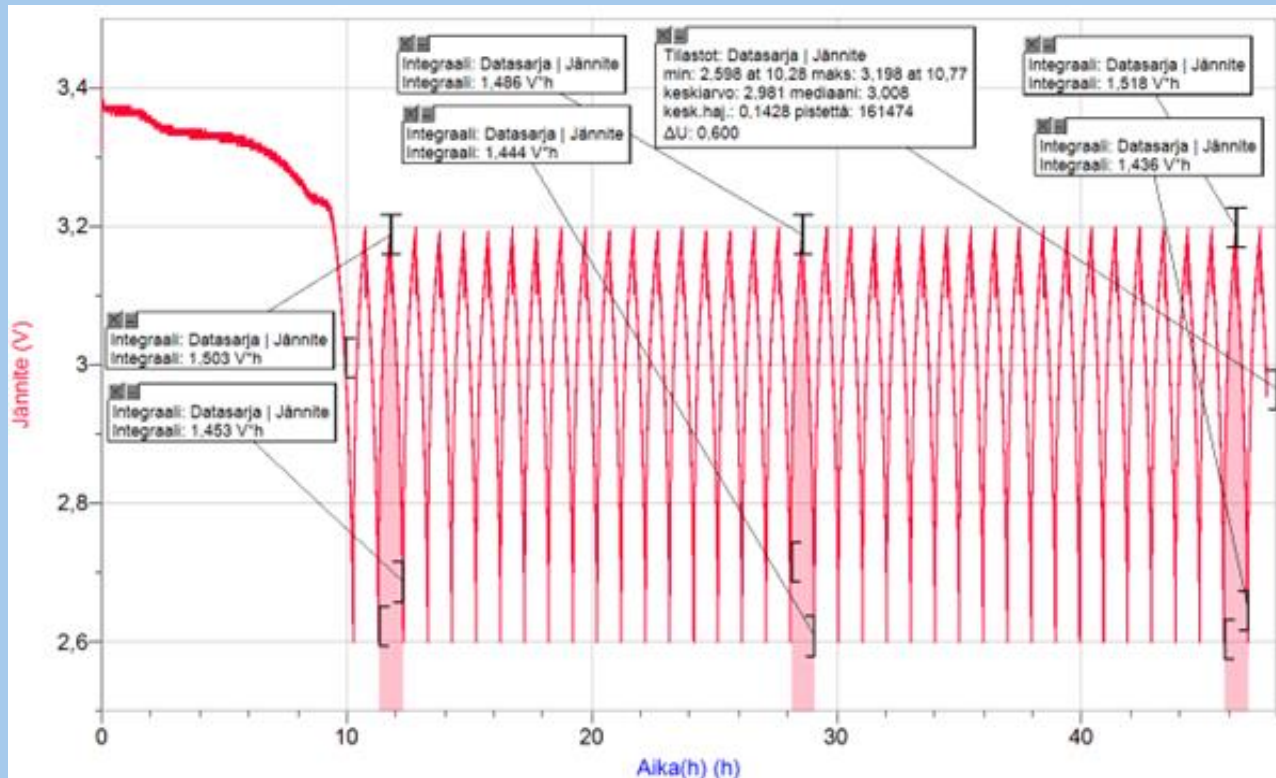
- Muutos purkuintegraalissa $-17,6\%$
- Muutos latausenergiassa $-20,1\%$
- Muutos purkuenergiassa $-22,5\%$
- Lämpeni mittauksien aikana tuntuvasti
- Varaukskapasiteetti pieneni selvästi tutkimuksen aikana
- Latausvirta $0,4\text{ A}$
- Maksimijännite $1,353\text{ V}$
- Nimelliskapasiteetti 600 mAh
- Tulokset nikkelimetallihydridiakulle tyypillisiä

Litiumkobolttioksidiaakku



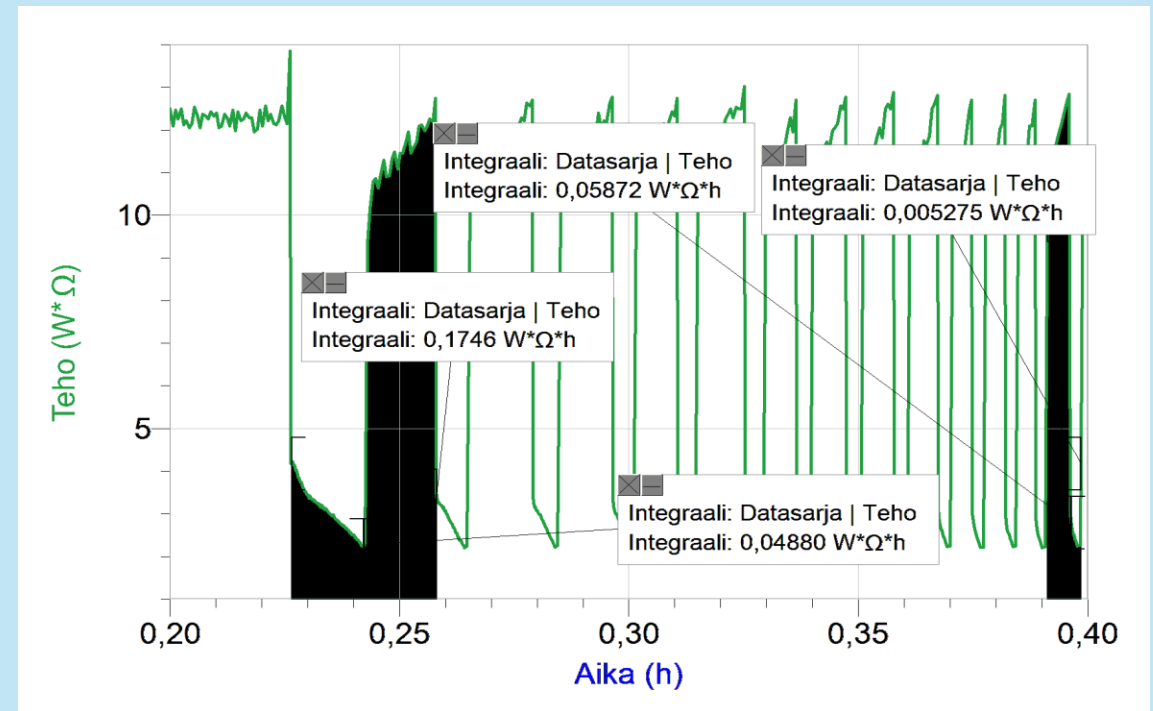
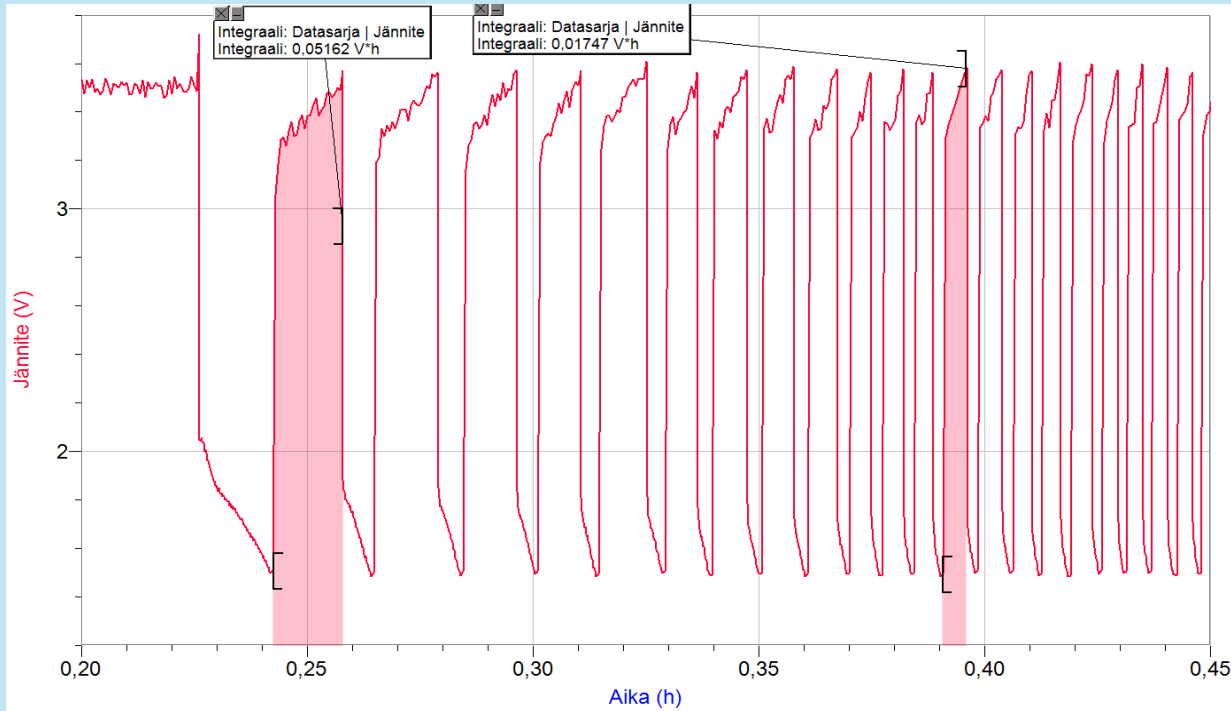
- Muutos purkuenergiassa -1,50 %
- Koska kokonaisvaraus muita akkuja merkittävästi suurempi, kuvaajat muihin akkuihin verrattuna hyvin eri näköisiä
- Suuren varauksen vuoksi vaadittiin pitkä mittausaika
- Sykliä määrä siksi hyvin pieni, jolloin integraaleissa ei näy merkittäviä muutoksia
- Latausvirta 0,4 A
- Nimelliskapasiteetti 3300 mWh
- Toimintahäiriön vuoksi laitteisto mittasi akun jännitteen sijaan latausjännitteen ja akun jännitteen erotuksen

Litiumrauta-fosfaattiakku



- Muutos purkuintegraalissa $-1,17\%$
- Muutos latausenergiassa $-1,71\%$
- Muutos purkuenergiassa $-7,69\%$
- Latausvirta noin $0,2\text{ A}$
- Maksimijännite $3,198\text{ V}$
- Nimelliskapasiteetti 600 mAh
- Akkutyypin syklielämä usein hyvin pitkä, joten tulokset akulle tyypillisiä

Natriumkloridiakku



- Muutos latausintegraaleissa $-66,2\%$
- Muutos latausenergiassa $-66,4\%$
- Muutos purkuenergiassa $-89,2\%$
- Akku ikääntyi hyvin nopeasti
- Mitatessa käytettiin 6 mA virtaa, sillä Arduinon virtaa ei pystynyt rajoittamaan pienemmäksi saatavissa olevilla tarvikkeilla
- Tämä virta oli selvästi Broadbitin ohjeistamaa 0,3-0,4 mA suurempi, mikä todennäköisesti heikensi akun ominaisuuksia
- Lisäksi mittalaitteistossa tapahtui oikosulku ennen mittaustapahtuman aloitusta, akun kuitenkin ollessa laitteistossa kiinni, mikä saattoi vaurioittaa tutkittavaa akkua
- Akun jännite nousi ladataessa hyvin nopeasti
- Tyypillisesti natriumakkuja ladataessa jännite hyppää kaksi kertaa, mutta Broadbitin akulla vain kerran
- Nimelliskapasiteetti 0,2 mAh

Akkujen mitattuja ominaisuuksia

	Maksimijännite	Latausvirta	Muutos purkuintegraaleissa (jännite)	Muutos latausenergiassa	Muutos purkuenergiassa
Nikkelimetallihydridiakku	1,353 V	0,4 A	-17,6 %	-20,1 %	-22,5 %
Litiumkobolttioksidiakku	1,510	0,4 A	—	—	-1,50 %
Litiumrautafosfaattiakku	3,198 V	0,2 A	-1,17 %	-1,71 %	-7,69 %
Natriumkloridiakku	3,608 V	6,0 mA	-66,2 %	-66,4 %	-89,2 %

Pohdinta

- Tutkimustuloksien perusteella selvitimme akkujen merkittävimmät erot toisiinsa nähden ja pohdimme joitakin käyttökohteita, joihin kyseiset akut parhaiten soveltuvat
- Litiumkobolttioksidiakuilla on erityisen hyvä energiatiheys
 - Käyttökohteita on paljon, parhaiten soveltuu esimerkiksi pienelektroniikkaan
 - Ongelma kuitenkin akkujen herkkyys ympäristön olosuhdemuutoksille
- Litiumrautafosfaattiakut ovat melkein yhtä tehokkaita
 - Materiaalit kuitenkin hieman ympäristöystävällisempiä ja halvempia
 - Sopivat esimerkiksi sähköisiin kulkuneuvoihin
- Natriumakut tarjoavat litiumioniakuille lupaavan vaihtoehdon
 - Soveltuvat hyvin esimerkiksi energian varastointiin
- Nikkelimetallihydridiakuista saadaan kuitenkin suurin hetkellinen latausteho
 - Käyttökohteita esimerkiksi pikalaturit ja kondensaattorit
- Laitteistoa voisi kehittää ja kaupallistaa
 - Etuina kustannustehokkuus ja automaatio
 - Toimintavarmuutta tulisi parantaa
 - Virtamittarin lisäämistä laitteistoon kannattaisi yrittää uudelleen
 - Myös lämpömittarin voisi lisätä laitteistoon
 - Arduinon voisi myös vaihtaa samanhintaiseen, mutta paremmin toimivaan ohjaimen, kuten Siemens Logoon
 - Tiedonsiirtotavan voisi vaihtaa SD-korttia kätevämpään vaihtoehtoon
 - Datan määrä oli turhan suuri, joten mittausväliä voisi pidentää
 - Lisäksi koodia voisi muokata lisäämällä mahdollisuuden pitää akkuja ladattuina tai purettuina tietyn aikaa ennen seuraavan syklin aloitusta
 - Datan laskemista voisi automatisoida enemmän, jolloin laitteisto laskisi automaattisesti esimerkiksi energian määrää
 - Laitteistolle voisi olla kysyntää esimerkiksi akkutehtaiden laadunvalvonnassa tai akkuprototyyppien testaamisessa

Kiitos!