



Samuel Hakola

# Trimmimittarin asteikon skaalan muuttaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Ajoneuvotekniikka

Insinöörityö

22.4.2021

# Tiivistelmä

Tekijä: Samuel Hakola  
Otsikko: Trimmimittarin asteikon skaalan muuttaminen  
Sivumäärä: 33 sivua + 2 liitettä  
Aika: 22.4.2021

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Ajoneuvotekniikka  
Ammatillinen pääaine: Autosähkötekniikka  
Ohjaajat: Sanna Heikkinen, Lehtori  
Pasi Partanen, Myyntipäällikkö, Oy Brandt ab

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia mahdollisuutta luoda laite, joka muuttaisi veneen perämootorin trimmikulmaa ilmaisevan trimmimittarin asteikon skaalaa. Skaalaa muutettaisiin niin, että suurempi osa trimmimittarin asteikosta on käytettävissä ajon aikana. Tavoitteen saavuttamiseksi luotaisiin laite, jonka tarkoitus on muuttaa trimmimittarin asteikon skaalaa. Projektissa keskitytään veneisiin, jotka on varustettu Hondan BF-sarjan perämootoreilla.

Opinnäytetyössä selvitetään ensin, mitä trimmi on, ja pohditaan, miten trimmin käyttö vaikuttaa veneen toimintaan ajossa. Sitten kuvataan, kuinka trimmimittarin virtapiiri kyseisen laisessa perämootorissa toimii. Tämän jälkeen esitellään ideoita, kuinka luoda laite, jolla saavutetaan opinnäytetyölle asetettu tavoite trimmimittarin asteikon skaalan muuttamisesta.

Opinnäytetyön lopussa saatiin rakennettua kaksi hieman toisistaan eroavaa laitetta, joiden pitäisi olla kykeneviä saavuttamaan projektille asetetut tavoitteet. Laitteita luotiin kaksi erilaista hieman erilaisia tilavaatimuksia varten. Laitteita ei tosin ole testattu oikeassa toimintatilanteessa. Laitteita olisi myös mahdollista parannella niin toiminnallisuudeltaan kuin käyttömukavuudeltaan. Kehitysehdotuksia on kirjattu opinnäytetyön loppuun.

Avainsanat: Trimmimittari, perämoottori

## Abstract

Author: Samuel Hakola  
Title: Transforming the Range Scale of a Trim Gauge in an Outboard Motor of a Vessel  
Number of Pages: 33 pages + 2 appendices  
Date: 22 April 2021

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Automotive Engineering  
Professional Major: Automotive Electronics Engineering  
Instructors: Sanna Heikkinen, Lecturer  
Pasi Partanen, Sales manager, Oy Brandt Ab

This thesis investigates the possibility of designing and creating a device that could transform the range scale of a trim gauge in an outboard motor of a vessel, and after that build such a device. The range scale was to be transformed in such a way that a bigger part of the gauge's range would be used during the operation of the vessel. This thesis focuses on vessels which are equipped with Honda BF-series outboard motors.

First the concept of trimming is explained. After that, the effects of the trim gauge on the vessel during operation is discussed. Then the operation of the trim gauge circuit is examined. After that ideas for building a device that would meet the requirements set for this thesis, i.e. that would transform the range scale of the trim gauge described.

As a result of this thesis two devices were created that slightly differ from each other. These two devices should be able to meet the requirements of the thesis. These two devices were created to be operated in spaces with different limitations. However, neither of the devices have been tested in a real-world operating environment. The devices could potentially be further developed in functionality and ease of use. Ideas for developing these devices further are recorded at the end of this thesis.

Keywords: Trim gauge, outboard motor

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Trimmi	2
2.1	Trimmi käsitteenä	2
2.2	Trimmin säätö	3
2.3	Trimmin säädön tarkoitus	3
2.4	Trimmin ja kipin ero	4
3	Trimmimittarin virtapiiri	6
3.1	Virtapiirin rakenne	6
3.2	Virtapiirin perusrakenteen selvitys	6
3.3	Testivirtapiirin rakennus	7
3.4	Virtapiirin osat	8
3.4.1	Trimmi-kierroslukumittariyhdistelmämittaristo	8
3.4.2	Trimmianturi	9
3.4.3	Kaukohallintalaite	10
3.4.4	Johtosarjat	11
4	Laitteen suunnittelu	12
4.1	Laitteen tarkoitus	12
4.2	Ratkaistava ongelma	12
4.3	Laitteen vaatimukset	13
4.4	Vaihtoehtoja ongelman ratkaisuksi	13
4.5	Toimivan ratkaisun etsiminen	14
5	Mittaukset	17
5.1	Ensimmäinen mittauskerta	17
5.2	Toinen mittauskerta	20
6	Laitteen rakennus	24
7	Laitteiden testaus	28
7.1	Todellinen testausympäristö	28

7.2	Testaus simuloinnin avulla	28
7.3	Laitteiden komponenttien tehonkesto	30
7.4	Laitteen kesto ja vaikutus pitkällä aikavälillä	31
8	Kehitysideat	32
	Lähteet	33

## Liitteet

Liite 1: Veneen virtapiirin kytkentäkaavio

Liite 2: BoM

## Lyhenteet

- ECM: *Engine control module*. Moottorinohjausyksikkö ohjaa moottorin toimintaa.
- IGN: *Ignition*. Käynnistys. Tässä projektissa käsitteellä viitataan virtalukolta saatavaan virtaan.
- GND: *Ground*. Maadoitus.
- LT: *Light*. Valo.
- TACH: *Tachometer*. Kierroslukumittari. Yleensä kulkuneuvon kojelaudassa sijaitseva mittari, joka osoittaa moottorin pyörintänopeuden kierroksina minuutissa.
- PWM: *Pulse-width modulation*. Pulssinleveysmodulaatio. Modulaatiotapa, jossa jännitettä säädetään jännitepulssin pituutta muuttamalla halutun jännitekeskiarvon saavuttamiseksi.
- DAC: *Digital-to-analog converter*. DA-muunnin. Laite, joka muuttaa saamansa digitaalisen signaalin analogiseksi signaaliksi.
- BoM: *Bill of materials*. Luettelo laitteen rakennusta varten tarvittavista osista.

## 1 Johdanto

Työn tavoitteena on muuttaa veneissä käytettävän analogisen trimmimittarin skaalaa. Trimmimittari kuvaa perämoottorin kallistuskulmaa veneen rungon suhteen ajon aikana. Trimmimittarin neula liikkuu tällä hetkellä joissakin perämoottori-veneyhdistelmissä vain pienellä alueella mittarin asteikkoa. Tämä saa asiakkaat luulemaan, että mittarissa on jokin vika, vaikka näin ei ole. Mittarin hyöty jää myös ajon aikana vähäiseksi, koska pienestä asteikosta on vaikea saada tarkkaa kuvaa perämoottorin asennosta. Projektissa keskitytään Hondan valmistamiin BF-sarjan perämoottoreihin. BF-sarjan perämoottoreita on tarjolla monta eri tehoista mallia [1].

Insinööriyö tehtiin Oy Brandt ab:lle. Yritys on osa Otto Brandt -konsernia, joka on perustettu vuonna 1905. Yritys on maahantuontiin erikoistunut tukkuliike, joka myy vapaa-ajan ajoneuvoja ja pienkoneita. Maahantuotaviin merkkeihin kuuluu esimerkiksi Honda, Aprilia, Vespa, Yanmar sekä Ligier. Tarjolla on myös kotimaisia Silver-, Terhi- ja Faster-veneitä. Oy Brandt ab toimii pääosin Suomessa, Ruotsissa, Norjassa ja Ranskassa. [2]

## 2 Trimmi

### 2.1 Trimmi käsitteenä

Veneen trimminsäädöllä voidaan tarkoittaa joko perämootorin kulman säätöä veneen runkoon nähden tai veneen rungon takaosassa sijaitsevien trimmisiivek-keiden käyttöä veneen kulman muuttamiseksi veden pintaan nähden. Tässä projektissa keskityttävässä trimmimittarissa ilmaistaan perämootorin kulmaa veneen runkoon verrattuna. [3]

Kun veneen perämootorin trimmiä säädetään ylös, perämootorin työntövoiman suuntavektori saa veneen keulan nousemaan ja muuttaa täten veneen vesilin-  
jan pituutta eli veden alla olevan veneen osan määrää. Kun taas trimmiä sääde-  
tään alas, perämootorin työntövoiman suuntavektori saa perän nousemaan ja  
vene keulan laskemaan syvemmälle veteen. [4; 5] (Kuva 1.)

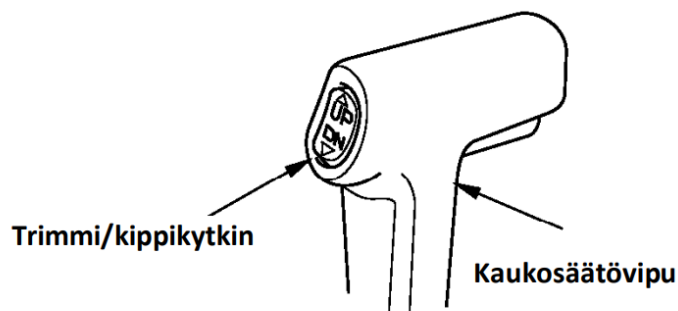


Kuva 1. Vesilinjan määräytyminen veden alla olevasta osasta venettä. Vesilinjan kokoa voidaan muuttaa trimmiä säätämällä, jolloin veneen keula nousee vedestä [6].

## 2.2 Trimmin säätö

Kun perämoottorin trimmiä muutetaan, perämoottorin kulma suhteessa veneen köliin muuttuu. Trimminsäätö suoritetaan keinukytkimen avulla, joka sijaitsee yleensä joko veneen kaukohallintalaitteessa tai veneen kojelaudassa. Pienemmissä kevyissä perämoottoreissa trimmin säätö voi myös olla käsikäyttöinen. [5]

Tässä projektissa käytettävässä vene ja perämoottori -yhdistelmässä trimmin säätö tapahtuu kaukohallintalaitteen kahvassa sijaitsevan keinukytkimen (kuva 2) avulla. Keinukytkin kontrolloi hydraulista trimmi-kippijärjestelmää, joka muuttaa perämoottorin kulmaa. Trimmiä säädetään joko alas, jolloin veneen keula uppoaa syvemmälle veteen, tai ylös, jolloin veneen keula nousee vedestä.



Kuva 2. Kaukohallintalaitteen kahvassa sijaitseva trimmin säätökytkin [8].

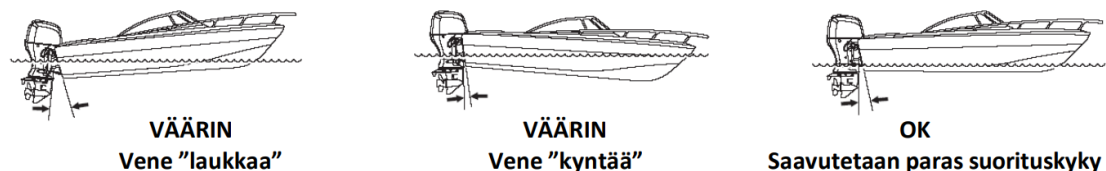
## 2.3 Trimmin säädön tarkoitus

Veneen trimmiä säätämällä saadaan vene plaanaamaan tai tosin sanoen nostettua vene liukuun vedenpinnan päälle, jolloin veneen vesilinja lyhenee eli pienempi osa veneen kölistä on veden alapuolella. Saattamalla vene liukuun säästetään suurempi mahdollinen huippunopeus sekä pienempi polttoainekulutus pienemmän vastuksen takia. Myös veneen kulusta tulee tasaisempaa ja mukavampaa. Veneen nokan liian korkealle trimmaaminen tosin johtaa keulan

huojumiseen, mikä pienentää huippunopeutta ja tekee veneen kulusta epätaisaista. Tätä kutsutaan myös laukkaamiseksi. Myös polttoaineen kulutus nousee veneen laukatessa, koska perämootorin kuormitus on tällöin epätasaista. [7]

Jos vene trimmataan liian alas, perämootorin työntövoima työntää veneen nokkaa syvemmälle veteen (kuva 3). Tätä kutsutaan myös kyntämiseksi. Tämä lisää polttoaineenkulutusta, koska veneen köli joutuu siirtämään enemmän vesimassaa pois tieltään liikkuakseen eteenpäin. Venettä on kuitenkin suositeltavaa trimmata normaalia enemmän alaspäin, kun suoritetaan jyrkkiä käännöksiä; näin vene on vakaampi ohjata. [5; 8 s. 40.]

Trimmin asetus ei koskaan ole vakio, vaan oikeaoppinen trimmin käyttö edellyttää sen hienosäätöä olosuhteiden mukaan. Käytettävään trimmin asentoon vaikuttaa tuulen suunta ja nopeus, veneen menosuunta aallokkoon nähden sekä veneen painojakauma. Trimmiä voidaan myös joutua säätämään, mikäli venettä kuljetetaan matalassa vedessä ja halutaan vähentää perämootorin veden alla olevan osan suuruutta sen pohjaan osumisen välttämiseksi.



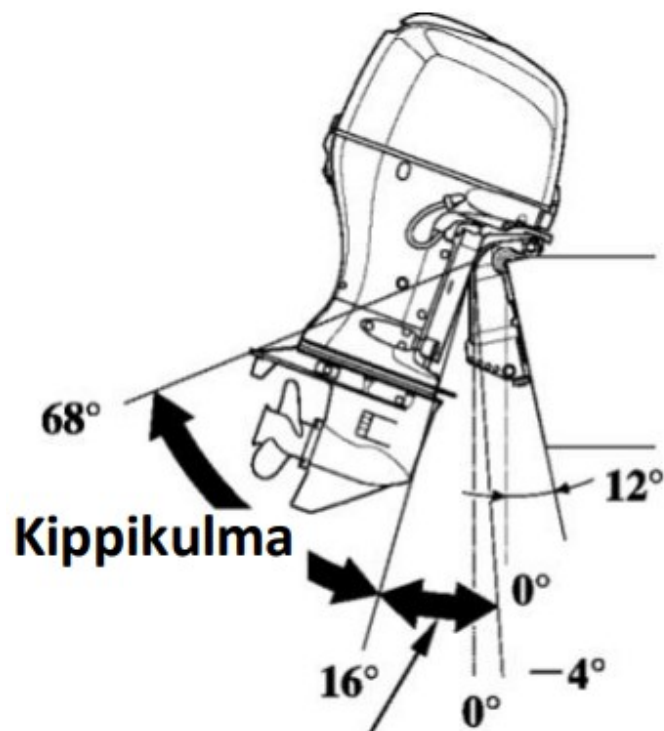
Kuva 3. Trimmin vaikutus veneen rungon asentoon vedessä [8, s. 40].

## 2.4 Trimmin ja kipin ero

Vaikka trimmin säätö ja perämootorin kippi molemmat muuttavat perämootorin kulmaa veneen perälautaan nähden, näillä on eroavaisuus. Trimmin säätöaste on selvästi kippiä pienempi ja hienovaraisempi (kuva 4). Trimmiä säädettäessä perämootorin kulma säätyy myös selvästi hitaammin, koska jo pienellä muutoksella perämootorin kulmaan on suuri vaikutus veneen kulkuun ja näin vaatii

tarkkuutta. Kippiä taas käytetään, kun perämoottori halutaan nostaa pois vedestä esimerkiksi kuljetusta varten. [8, s. 41–42.]

Monissa perämoottoreissa trimmin sekä kipin säätö suoritetaan samalla napilla, tämä pitää paikkansa myös tässä projektissa keskityttävissä perämoottoreissa ja niiden ohjainlaitteiden kanssa. Kulman säätö on selvästi nopeampaa kippisäätöalueella kuin trimmisäätöalueella edellä mainituista syistä. [8, s. 41–42.]



Kuva 4. Trimmisäädön ja kippisäädön kulmien erot havainnollistettuna. Trimmin säätö tässä tapauksessa tapahtuu välillä 0–16 astetta [8, s. 40].

### 3 Trimmimittarin virtapiiri

#### 3.1 Virtapiirin rakenne

Vene-perämoottoripaketin virtapiiri koostuu monesta eri osasta. Trimmimittarin virtapiirin osalta siihen kuuluvat trimmianturi, perämoottorin sisäisiä johtosarjoja, kaukohallintalaite, ECM eli moottorinohjausyksikkö, perämoottorin ulkoinen johtosarja, perämoottorin ja kaukohallintalaitteen välillä oleva johtosarja sekä itse trimmimittari ja kierroslukumittari sisältävä mittaristo.

Lyhyesti selitettynä trimmimittarin virtapiiri toimii seuraavalaisesti: Moottorinohjausyksikkö antaa vakiojännitteen virtapiiriin. Trimmianturi aiheuttaa asennostaan riippuen erikokoisen jännitehäviön ylitsensä. Jännite seuraavassa silmukassa kulkeutuu trimmimittarille perämoottorin johtosarjan sekä kaukohallintalaitteen kautta. Trimmianturi tulkitsee silmukassa olevaa jännitettä ja näyttää vastaavan perämoottorin kulman.

#### 3.2 Virtapiirin perusrakenteen selvitys

Valitettavasti virtapiirin rakenteesta ei ollut paljoa vapaasti saatavilla olevaa tietoa sen enempää yritykseltä kuin valmistajan tai muilta internetsivuilta. Mittarin sisäisestä virtapiiristä tai sen toiminnasta ei löytynyt tietoa lainkaan. Virtapiirin tarkempaan toimintaan tutustumiseksi täytyi mitata fyysisen virtapiirin toimintaa eri tilanteissa.

Virtapiirin perusrakenne selvisi yritykseltä saadusta perämoottorin virtapiirikaa-  
viosta. Tässä kaaviossa ei kuitenkaan ole kuvattu tarkemmin eri virtapiirien osien sisäisiä rakenteita, ja se auttoikin lähinnä ymmärtämään, mihin kohtaan mikäkin virtapiirissä olevista komponenteista kuului. Kaavio on tämän työn liitteenä 1. Virtapiiri kaavioista ei luonnollisesti myöskään selviä, millä jännitteillä kunkin komponentti toimii tai minkälaisia virtoja niiden läpi kulkee.

### 3.3 Testivirtapiirin rakennus

Virtapiirin tarkemman rakenteen selvittämiseksi ja mittarin toimintatavan selvitykseen oli rakennettava testausvirtapiiri, jota apuna käyttäen virtapiirin ja sen komponenttien tarkempaan toimintaan pääsi tutustumaan.

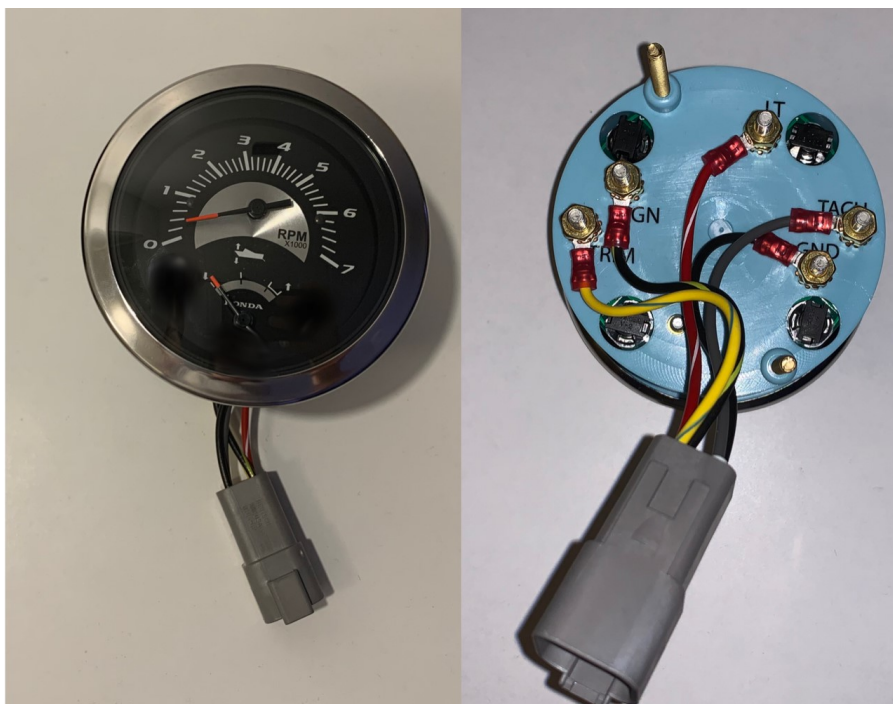
Testivirtapiiri rakennettiin yritykseltä saatujen komponenttien kanssa. Näihin komponentteihin kuuluu itse trimmi- ja kierroslukumittariyhdistelmä, kaukohallintalaite, trimmianturi, perämoottorin ulkoiset johtosarjat. Akun sijasta testivirtapiirissä käytettiin Metropoliasta lainaan saatua säädettävää jännitelähdettä. Mitaukset suoritettiin yleismittarilla, joka löytyi omasta takaa.

Testivirtapiiristä jätettiin kaukohallintalaite pois sekä johtosarjat. Näillä ei erikseen testattuna todettuna ollut vaikutusta trimmimittarin toimintaan, ja ne jätettiin pois testivirtapiirin yksinkertaistamiseksi ja koon pienentämiseksi. Kaukohallintalaitteen lisääminen testivirtapiiriin olisi ollut myös käytössä olleen jännitelähteen kanssa ollut hyvin hankalaa, koska siinä oli vain mahdollisuus valita yksi lähtöjännite. Testien perusteella perämoottorin ECM:n trimmianturilla antama jännite trimmianturin virtapiiriin oli 3,7 voltia. Tämä kuitenkin myöhemmässä vaiheessa tehtyjen jatkotestien perusteella on todennäköisesti 5 voltia, vaikka trimmimittarille saapuva maksimijännite on tuo 3,7 voltia. Kaukohallintalaite toimii 12 voltin jännitteellä. Trimmimittari myös oletettavasti toimisi 12 voltin jännitteellä, mutta testivirtapiirissä trimmimittari toimi odotetulla tavalla myös, kun IGN-liittimelle annettiin 3,7 voltin jännite. Myöhemmissä testeissä tämän oletuksen todettiin pitävän paikkansa.

### 3.4 Virtapiirin osat

#### 3.4.1 Trimmi-kierroslukumittariyhdistelmämittaristo

Trimmimittari ja perämoottorin kierroslukumittari ovat tässä toteutuksessa yhdistetty yhteen mittaristoon. Mittaristo saa virtansa mittariston taakse sijoitetusta IGN-nimetystä (ignition) liittimestä. IGN-liittimeen tulee 12 voltin jännite akulta kaukohallintalaitteen kautta, silloin kun käyttövirta on kytketty kaukohallintalaitteessa sijaitsevasta virtalukosta päälle.



Kuva 5. Projektissa käytettävä mittari kuvattuna sekä edestä että takaa.

TRIM-liittimeen tuleva jännite vaihtelee noin 0,6–3,7 voltin välillä riippuen trimmianturin asennosta. Trimmimittarin viisari näyttää perämoottorin olevan täysin ylös nostettu, kun TRIM-liittimeen tulee 3,7 voltin jännite, ja täysin laskettu, kun liittimeen tuleva jännite on noin alle 0,7 voltia. Trimmimittarin viisari liikkuu lineaarisesti jännitteeseen verrattuna

GND-liitin on liitetty akun miinusnapaan, joka on maadoitettu ja jännite on luonnollisesti 0 volttia.

Mittarin takana on myös liittimet kierroslukumittarille (TACH) ja valaistukselle (LT). Näiden toimintaan ei tämän projektin aikana ollut tarvetta tutustua tarkemmin.

### 3.4.2 Trimmianturi

Trimmianturin tarkoitus on seurata veneen perämoottorin asentoa. Anturi on tässä perämoottorissa, kuten useimmissa, sijoitettu perämoottorin ripustimen sisäpuolelle. Anturissa on niin sanottu jalka, joka kiertyy perämoottorin asentoa muutettaessa. Anturin jalka palautuu alkuasentoonsa jousen avulla. Anturin sisällä on potentiometri, jonka läpi resistanssiarvo muuttuu anturin jalan kääntyessä. Anturista lähtee kolme johdinta: yksi musta, yksi vihreä, jossa musta raita, sekä yksi keltainen, jossa vaalean sininen raita. Vihreä-mustaraitainen johdin menee ECM:lle ja tätä johdinta pitkin trimmianturin virtapiiriin syötetään vakiojännite. Musta johdin on liitetty maadoituspisteeseen. Keltainen mustaraitainen johdin on yhdistetty trimmimittariin johtosarjojen sekä kaukohallintalaitteen kautta. Trimmimittarin viisarin asento määräytyy sen saaman jännitteen mukaan ja jännite muuttuu trimmianturissa ECM:n ja trimmimittarin välisten johdinten välillä tapahtuvan jännitehäviön suuruuden mukaan. Resistanssiarvo anturin läpi näiden johdinten välillä on vaihdellen 1450–5400 ohmia. [Liite 1.]



Kuva 6. Trimmianturi (ympyröitynä) asennettuna perämootorin ripustimen sisäreunassa. Kuvaa varten perämoottori on nostettu kipillä niin ylös, ettei trimmianturin jalka enää osu perämoottoriin.

### 3.4.3 Kaukohallintalaite

Kaukohallintalaite sijaitsee veneessä ohjauspyörän vieressä kojelautaan kiinnitettynä. Kaukohallintalaitteessa on kaukosäätösauva, jolla ohjataan veneen liikumissuuntaa sekä perämootorin tehoa. Kaukosäätösauvan yläosassa on myös kytkin, jolla voidaan säätää veneen hydraulista trimmin/kipin säätöjärjestelmää. [8, s. 39–40.]

Virtapiirin kannalta tärkein kaukohallintalaitteen komponentti on avaimella toimiva virtalukko, joka katkaisee virtapiirin trimmimittarin ja trimmianturin välillä. Virtalukkosta kääntämällä perämoottori myös luonnollisesti sammuu, mikä myös katkaisee jännitteen syötön ECM:ltä trimmianturille.

### 3.4.4 Johtosarjat

Virtapiirissä on osana kolme eri johtosarjaa, joista ensimmäinen on perämoottorin sisällä oleva perämoottorin sisäinen kiinteä johtosarja. Toinen on perämoottorin ja kaukohallintalaitteen välillä oleva paksu johtosarja, jossa on johtimia antureita sekä virransyöttöä varten. Kolmas johtosarja on kaukohallintalaitteen ja kojelaudan välinen johtosarja, jossa on liitäntöjä lähinnä eri mittareita varten.

Johtosarjoissa ei mittausten mukaan ollut resistanssia tai muuta, mikä vaikuttaisi virtapiirin toimintaan merkittävästi. Tästä syystä näitä ei tarvinnut ottaa tulevaisuissa mittauksissa huomioon.

## 4 Laitteen suunnittelu

### 4.1 Laitteen tarkoitus

Tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa prototyyppi laitteesta, joka muuttaisi trimmimittarin asteikon skaalaa. Skaalaa tulisi muuttaa sellaisella tavalla, että trimmimittari reagoisi perämoottorin asennon muutokseen aikaisemmin eli lähempänä täysin ala-asentoa. Pienemmän perämoottorin liikkeen pitäisi myös saada trimmimittarin viisarin liikkumaan enemmän alkuperäiseen tilanteeseen verrattuna.

### 4.2 Ratkaistava ongelma

Tilaaajan mukaan alkuperäisellä trimmimittarilla viisarin liike oli hyvin pieni ajon aikana tehtävien trimmin säätöjen liikeratojen suuruuksille. Tilaaajan mukaan yrityksen omat asiakkaat olivat usein luulleet trimmimittarin olevan viallinen viisarin pienestä liikkeestä johtuen. Trimmimittarin käytössä oleva asteikko jäi myös pieneksi, mikä vaikutti käyttökokemukseen.

Ongelma käytiin toteamassa ennen projektin alkua koeajolla merellä Helsingin saaristossa suhteellisen tynissä olosuhteissa. Koeajo suoritettiin veneellä, joka oli varustettu projektissa keskityttävään Hondan valmistamaan perämootortyyppiin ja mittaristoon. Koeajon aikana veneen trimmiä säädettiin maksimiala-asennosta ylöspäin, kunnes perämoottori alkoi haukkamaan tyhjää eli perämoottorin propelli nousi välillä vedenpinnan alta esiin perämoottorin liian suuren kulman takia. Trimmimittarin viisarin liikettä koeajon aikana tarkisteltaessa voitiin todeta käytössä olevasta mittarin asteikosta käytössä olevan vain noin yksi neljäsosa koko mahdollisesta asteikosta.

### 4.3 Laitteen vaatimukset

Laitetta suunnittelemaan lähdetessä asetettiin laitteelle tietyt tavoitteita. Laitteen oli oltava tilaajan toiveiden mukaan mahdollisimman yksinkertainen ja kestävä, jotta se kestäisi veneen ajon aikana kohtaamaa tärinää irtoamatta tai vioittumatta. Tilaaja toivoi myös lopullisen tuotteen olevan teollinen sekä mahdollisimman yksinkertainen asentaa, mieluiten täysin käyttämättä minkäänlaisia työkaluja.

### 4.4 Vaihtoehtoja ongelman ratkaisuksi

Tilaaja ehdotti ongelmaa ratkaistavaksi trimmimittarin taakse sijoitettavalla vastuksella tai potentiometrillä, joka oikealla tavalla sijoitettuna saavuttaisi halutunlaisen muutoksen mittarin toimintaan.

Yksi vaihtoehto projektin alkuvaiheessa oli myös Arduino-pohjainen laite, joka sijoitettaisiin trimmianturin ja trimmimittarin TRIM-liitännän väliin. Laite vastaanottaisi trimmimittarilta jännitteen ja lähettäisi sen perusteella halutunlaisen muokatun jännitteen trimmimittarille. Mittarille lähetettävä jännite voitaisiin tuottaa Arduinon sisäänrakennetun PWM:n mukaan, jota tarvittaessa voitaisiin tasata kondensaattorilla. Mikäli PWM:n käyttö ei jostain syystä toimisi, voitaisiin Arduinon liittää myös DAC-moduuli, jolla tuottaa haluttu jännite. Tilaajalta kuitenkin kysyttiin, kuinka paljon tilaa kojelaudan sisällä mittarin takana oli, ja kävi ilmi, ettei tällainen Arduino-pohjainen laite todennäköisesti mahtuisi kojelaudan sisään. Tällainen laite olisi myös ollut huomattavasti monimutkaisempi ja vaikeampi toteuttaa kuin tilaajan alkuperäinen ratkaisu. Kyseinen vaihtoehto hylättiin.

Analogisten mittarien toimintaan tutustuttaessa, ennen varsinaisen projektissa käytettävän mittarin vastaanottamista tilaajalta, kävi ilmi, että moni niistä toimi lukemalla niiden sisään sijoitetun vastuksen läpi kulkevaa virtaa. Sijoittamalla vastus trimmimittarin virtapiiriin tavalla, jolla saataisiin trimmimittarin läpi kulkeva virta kaksikertaistumaan, saisi mittarin viisarin liikkumaan kaksinkertaisen matkan samansuuruisella perämootorin liikkeellä normaaliin verrattuna. Osoittautui

kuitenkin, että vaikka monen perämoottorivalmistajan trimmimittarit toimivat juuri tällä tavalla, Hondan trimmimittari luki sille saapuvaa jännitettä eikä sen läpi kulkevaa virtaa eikä tämä vaihtoehto ollut toimiva ratkaisu. Idea kuitenkin varmuuden vuoksi testattiin, mutta mittarin toiminnassa ei havaittu minkäänlaista muutosta.

#### 4.5 Toimivan ratkaisun etsiminen

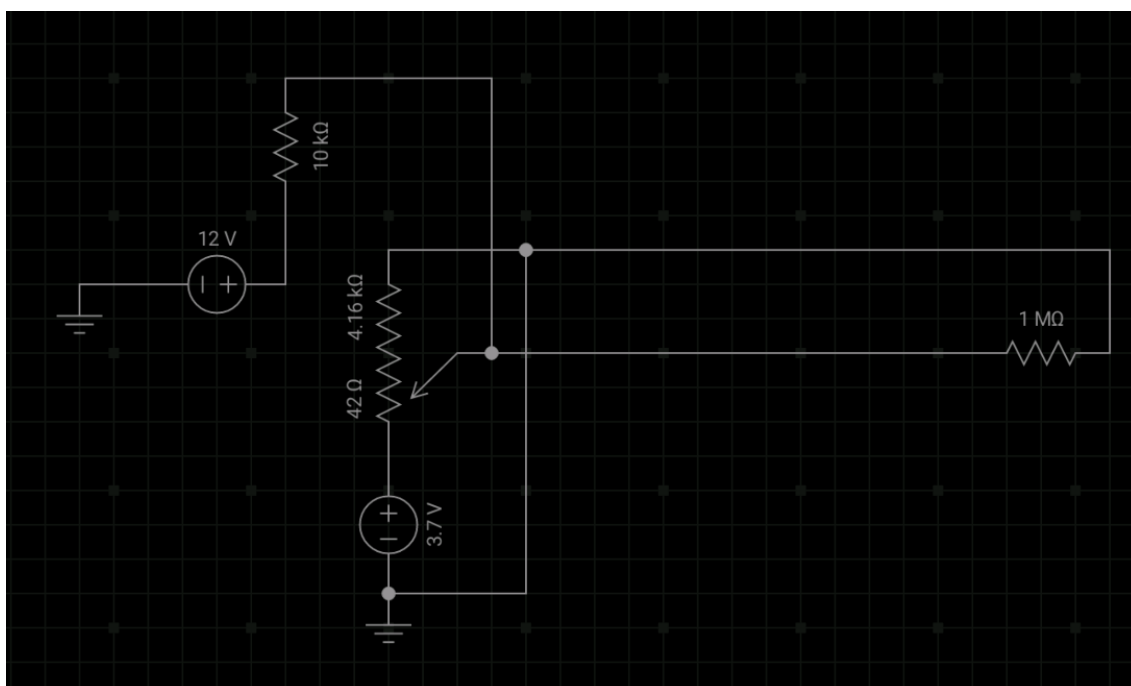
Toimivan ratkaisun löytämiseksi oli keksittävä jokin uusi ratkaisu kahden ensimmäisen idean tulleen todetuksi käyttökelvottomiksi. Trimmimittarin virtapiiristä luotiin tietokoneelle malli, jota apuna käyttäen voitiin luoda nopeasti ja vaivattomasti erilaisia testiskenaarioita ja kokeilla erilaisia ideoita ratkaisun löytämiseksi. Käytettävä ohjelma oli aluksi LTSpice, mutta käyttöön vaihtui nopeasti EveryCircuit, joka oli selvästi yksinkertaisempi ja nopeampi käyttää. Virtapiireihin pystyi myös lisäämään simuloinnin aikana säädettävän potentiometrin, mikä ei ollut LTSpicessa mahdollista. Virtapiirin simulointi oli oikeastaan ainoa järkevä vaihtoehto, koska vaikka käytettävissä olikin oikeista osista rakennettu testipenkki, ei käytettävissä ollut loputonta määrää erikokoisia vastuksia ja muita komponentteja, joita testata fyysisessä testivirtapiirissä.

Ratkaisun etsimisessä tiedettiin, jotta trimmimittarin viisarin liikettä haluttiin kasvattaa samankokoisella trimmianturin liikkeellä normaaliin verrattuna. Trimmimittarille oli siis saatava suurempi jännite tietyllä trimmianturin vastusarvolla kuin normaalissa tilanteessa. Tätä varten trimmimittarille saapuvaa jännitettä oli kasvatettava. Yksivaihtoehto olisi ollut sijoittaa oikean kokoinen vastus trimmianturin rinnalle, jolloin sen vaikutus trimmimittarin antamaan arvoon olisi muuttunut. Trimmianturin perämoottorissa ajossa roiskuvan veden armoilla olevasta sijainnista johtuen olisi kuitenkin hyvin vaikea luoda kestävä ratkaisu tätä ideaa käyttäen.

Trimmimittarille saapui kuitenkin virtalukon kautta vakiojännite, jota voitaisiin käyttää trimmimittarille saapuvan jännitteen kasvattamiseksi. Simulaatiossa kokeilun perusteella paljastui, että kun sijoitettiin tietynkokoinen vastus

trimmimittarin IGN- ja TRIM-liitännöiden väliin, trimmimittarille saapuvan jännitteen muutoksen suuruus saatiin kasvamaan enemmän yhtä suurella trimmianturin jalan liikkeellä kuin normaalisti.

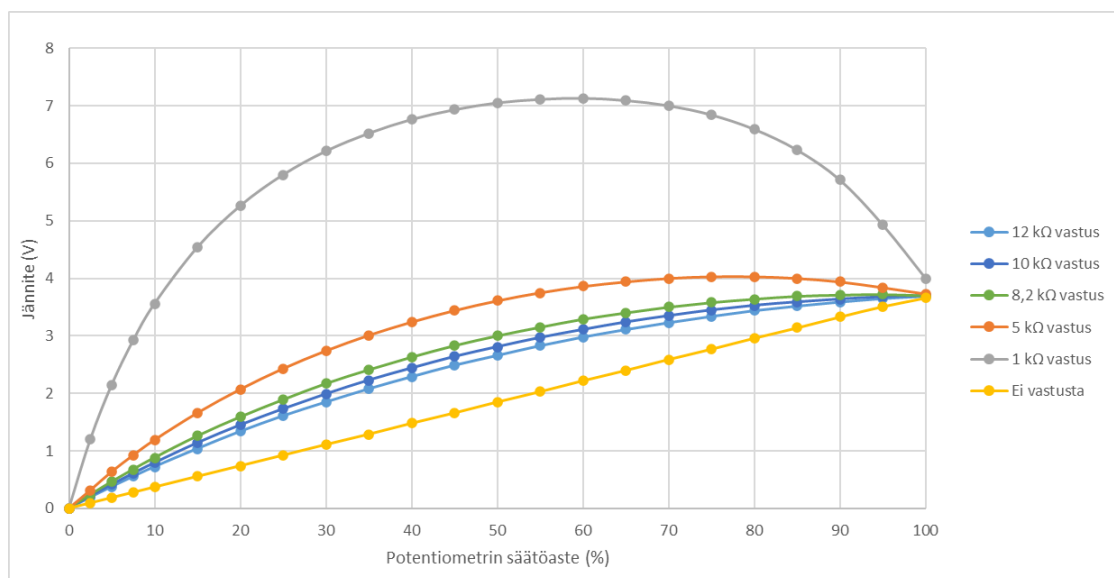
Simulaatiossa testattiin erikokoisia vastuksia IGN- ja TRIM-liitännöiden välissä, jotta voitaisiin löytää resistanssiarvoltaan sellainen vastus, joka saisi aikaan halutunlaisen muutoksen trimmimittarin skaalaan. Näiden mittausten simuloimisessa käytettiin virtapiiriä, jota on havainnollistettu kuvassa 7. Simulaatiosta haluttiin selvittää millainen jännite trimmimittarille saapuisi potentiometrin eri säätöasteilla, kun virtapiiriin on sijoitettu resistanssiarvoltaan tietyn kokoinen vastus. Simulointivirtapiirissä potentiometri kuvaa trimmianturia ja yhden megaohmin kokoinen vastus trimmimittaria. TRIM- ja GND-liitännöiden välinen resistanssi trimmimittarissa oli noin yhden megaohmin kokoinen, siksi trimmimittaria on kuvattu simulaatiossa tähän tapaan.



Kuva 7. Simulointimittauksissa käytetyn virtapiirin virtapiirikaavio. Virtapiirissä olevaa kymmenen kilo-ohmin vastusta muutettiin eri resistanssiarvoja vastaavaksi tarpeen mukaan mittausten aikana. Simulointi suoritettiin EveryCircuit-ohjelmalla.

Kuvan 8 viivadiagrammia tarkasteltaessa voidaan havaita, että trimmimittarille saapuva jännite muuttuu nopeammin trimmianturin asennon muuttuessa pienemmillä resistanssiarvon omaavilla vastuksilla. Vastuksen kokoa kasvattaessa muutos normaaliin tilanteeseen verrattuna vähenee.

Koska tässä vaiheessa ei ollut täyttä varmuutta siitä, toimiko kotona rakennettu testivirtapiiri samalla tavalla kuin oikeassa tilanteessa virtapiiri toimisi, olisi asia varmistettava koemittauksilla oikean perämootorin kanssa. Tämän jälkeen kyseistä testivirtapiiriä voitaisiin taas jatkaa tulevilla mittauksilla.



Kuva 8. Simuloidun virtapiirin tuloksia havainnollistettuna viivadiagrammilla.

## 5 Mittaukset

### 5.1 Ensimmäinen mittauskerta

Ensimmäisellä mittauskerralla keskityttiin varmistamaan, että trimmimittari sekä trimmianturi käyttäytyivät samalla tavalla kuin rakennettu testivirtapiiri, jota oli käytetty virtapiiriin tutustumisessa. Mittauskerralla myös tutkittiin virtapiirissä esiintyviä eri jännitearvoja tietyillä perämoottorin kulmilla. Mittaukset suoritettiin samalla yleismittarilla mitä oli käytetty myös aikaisemmin viitatus testivirtapiirin kanssa.

Mittaukset suoritettiin Brandtin korjaamon tiloissa Tuupakassa, Vantaalla. Korjaamolla oli valmisteltu käyttöön perämoottori, kaukohallintalaite sekä trimmimittari (kuva 9). Perämoottorille annettiin virta irrallisesta akusta, joka mahdollisti perämoottorin sähköhydraulisen trimmin- sekä kipinsäädön käytön. Perämoottorin oli kiinnitetty telineeseen, jotta perämoottorin kulmaa mahtui vapaasti säätämään.



Kuva 9. Perämoottori kiinnitettynä telineeseen mittauksia varten.

Ensimmäisellä mittauskerralla mitattiin jännite-eroja trimmimittarin IGN-, GND- ja TRIM-liitäntöjen välillä eri perämoottorin asennoilla. Mittarista valittiin neljä mittauskohtaa, joiden kohdalta arvot otettaisiin ylös. Näitä mittauskoh tia on havainnollistettu kuvassa 10.



Kuva 10: Mittarista valitut neljä mittauskohtaa numeroituina punaisella 1-4.

Mittauksessa saadut arvot ovat kuvattu taulukossa 1. Taulukkoa tarkasteltaessa arvoista voidaan todeta, että IGN- ja GND-liitäntöjen välillä jännite pysyy koko ajan vakiona. Huomataan myös, että jännite on noin 12 voltia eli sama kuin akunjännite. Tämä oli odotettavissa, sillä mittari ottaa virtansa akulta ja veneet, joihin tässä projektissa keskitytään toimivat 12 voltin sähköjärjestelmillä. Luonnollisesti GND-liittimessä jännite on nolla voltia ja pysyy vakiona. Voidaan siis päätellä, että vain TRIM-liitäntän jännite muuttuu, vaikka tuloksista voisi luulla myös IGN- ja TRIM-liitäntöjen välisen jännite-eron muuttuvan. Jos kuitenkin summataan IGN–TRIM- ja TRIM–GND-jännitteet yhteen, saadaan lähes sama jännite tulokseksi kuin IGN–GND—jännite. Pienen eron voidaan olettaa johtuvan mittauslaitteen epätarkkuudesta. Myös epätarkkuuden mittapisteiden välillä voidaan olettaa johtuvan samasta syystä.

Taulukko 1. Jännite-erot liitäntöjen välillä tietyllä trimmimittarin arvolla.

<b>U(V)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>TRIM-GND</b>	0,78	2,34	3,14	3,64
<b>IGN-GND</b>	12,1	12,1	12,1	12,1
<b>IGN-TRIM</b>	11,3	9,75	8,75	8,3

## 5.2 Toinen mittauskerta

Toisella mittauskerralla testattiin erikokoisten vastusten vaikutusta trimmimittarin toimintaan perämoottorin asennosta riippuen. Testattavat vastukset oli valittu simulaatiotesteissä haluttavan muutoksen virtapiirin toimintaan saavuttaneiden resistanssiarvojen perusteella. Kyseiset resistanssiarvot olivat 8,2 kilo-ohmia, 10 kilo-ohmia, 12 kilo-ohmia, ja lisäksi testeihin otettiin mukaan potentiometri, jonka resistanssiarvo oli muunneltavissa välillä 0–20 kilo-ohmia. Mittausten aikana ei kuitenkaan nähty tarpeelliseksi käyttää potentiometrissä muuta kuin maksimiresistanssiarvoa, joka osoittautui olevan 19,3 kilo-ohmia.

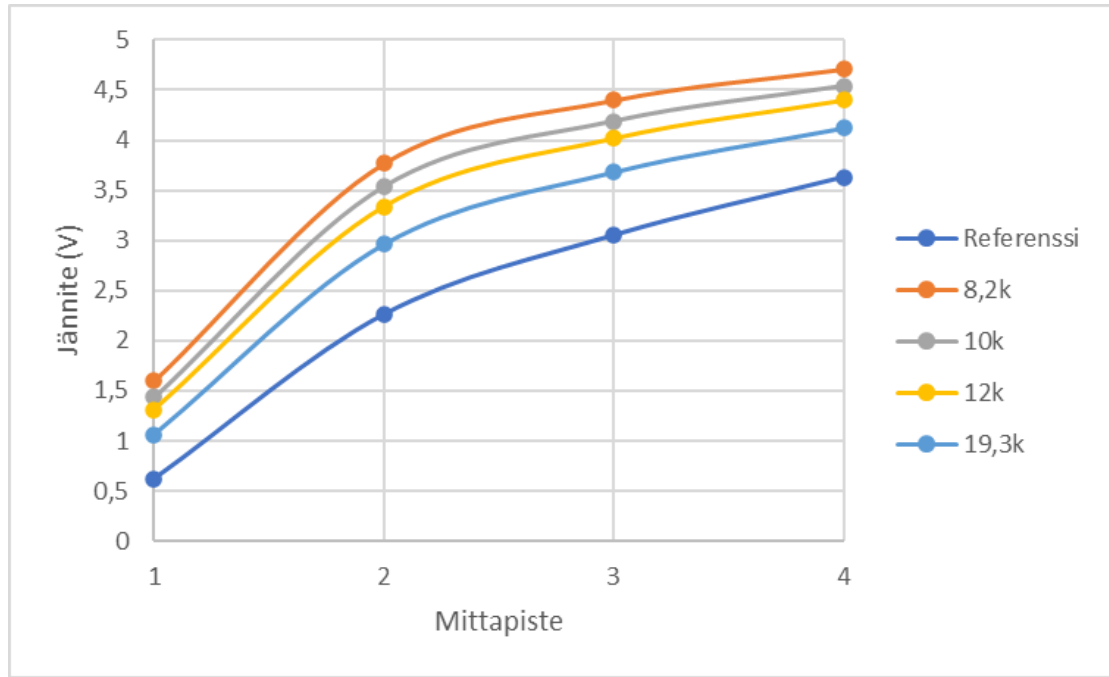
Mittauksessa käytettiin hyödyksi kuvassa 10 havainnollistettuja ennalta valittuja mittauspisteitä trimmimittarista. Vertailuarvot normaalin toimintatilanteen ja kunkin vastuksen välillä suoritettiin niin, että perämoottori asetettiin ilman minkäänlaista vastusta kallistuskulmaan, jolla trimmimittarin viisari oli jonkin tietyn mittauskohdan kohdalla. Tämän jälkeen kirjattiin jännite mittauspisteen kohdalla, perämoottorin asentoa muuttamatta. Vertailuarvon normaalitilanteesta saatua mittarin taakse kiinnitettiin IGN- ja TRIM-liittimien välille erikokoisia vastuksia ja muuttunut jännitearvo kirjattiin. Samat toimenpiteet uusittiin jokaisen mittauspisteen kohdalla. Tämän mittauksen tulokset on esitelty taulukossa 2.

Taulukko 2. Liitinten TRIM ja GND välinen jännite-ero eri kokoisilla vastuksilla. Mitattu neljän ennalta määrätyn mittapisteen kohdalla. Referenssisarakkeessa tulokset, kun trimmimittarin taakse ei ole kytketty minkäänlaista vastusta.

Mittapiste	4	3	2	1
Vastus	U(V)			
Referenssi	3,63	3,05	2,26	0,62
8,2k	4,71	4,4	3,77	1,6
10k	4,54	4,19	3,54	1,44
12k	4,4	4,02	3,34	1,31
19,3k	4,12	3,68	2,96	1,06

Kuvaa 11 analysoidessa voidaan havaita, että mitä pienempi vastus kytketään IGN- ja TRIM-liittimien väliin, sitä korkeampi jännite on ensimmäisessä mittauspisteessä. Tämä ero on myös havaittavissa muissa mittapisteissä. Taulukon 2 tulosten kanssa tarkasteltuna voidaan kuitenkin huomata, että skaalan keskivaiheilla erot ovat suurempia kuin päissä. Ero ei siis pysy vakiona skaalan läpi. Viivadiagrammin referenssiiviivan perusteella voisi päätellä, ettei trimmimittarin skaala ole lineaarinen, mutta on huomioitava, etteivät valittujen mittapisteiden välit toisiinsa nähden ole samat. Trimmimittarin viisari ei siis liiku yhtä pitkää matkaa eri mittapisteiden välillä. Todennäköisesti trimmimittarin skaala siis on lineaarinen, mutta mittapisteiden välisistä erisuuruuksista johtuen näyttäyty epälineaarisenä. Olennaista on kuitenkin, että vastuksen avulla jännitettä saadaan kasvatettua ja jännitteen muutosta suurennettua mittapisteiden välillä

referenssiin verrattuna. Suurempi resistanssiarvoisilla vastuksilla ero referenssiin on pienempi kuin vastuksilla, joilla on pienempi resistanssiarvo.



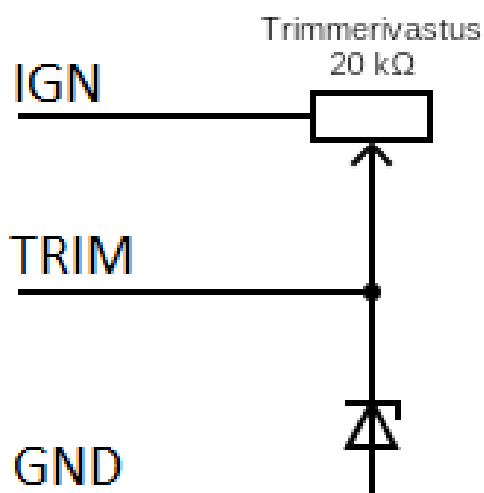
Kuva 11. Jännite-eromittauksen tuloksia havainnollistettuna viivadiagrammilla. Diagrammissa käytetyt tulokset peräisin taulukosta 2.

Skaalan päissä eli mittapisteissä yksi ja neljä jännitteet ovat suuremmat vastusten kanssa kuin ilman referenssitilanteessa. Tästä johtuen esimerkiksi pienemmillä vastuksilla trimmimittarin viisari ei mene täysin mittapisteen 1 kohdalle, vaikka perämoottorin laskisi niin alas kuin mahdollista. Suuremmilla vastuksilla ongelmaa ei kuitenkaan synny tai ero viisarin asennossa on niin pieni, ettei se vaikuta olennaisesti käytössä olevaan skaalaan. Tämä johtuu siitä, että vaikka referenssitilanteessa jännite on paljon alhaisempi kuin vastuksien kanssa, trimmimittarin viisari ei ala liikkumaan kuin vasta myöhemmin jännitteen kasvettua noin 0,5–0,7 volttiin. Skaalan toisessa päässä taas viisari menee trimmimittarin taulussa olevan asteikon yli. Viisari ylittää asteikon, kun TRIM- ja GND-liittimien

jännite-ero on noin 3,8 volttia. Trimmimittari ei kuitenkaan vaurioitunut missään vaiheessa testien aikana vaan mittari jatkoi toimintaansa normaalisti, kun jännite laski taas asteikon väliseen haarukkaan.

## 6 Laitteen rakennus

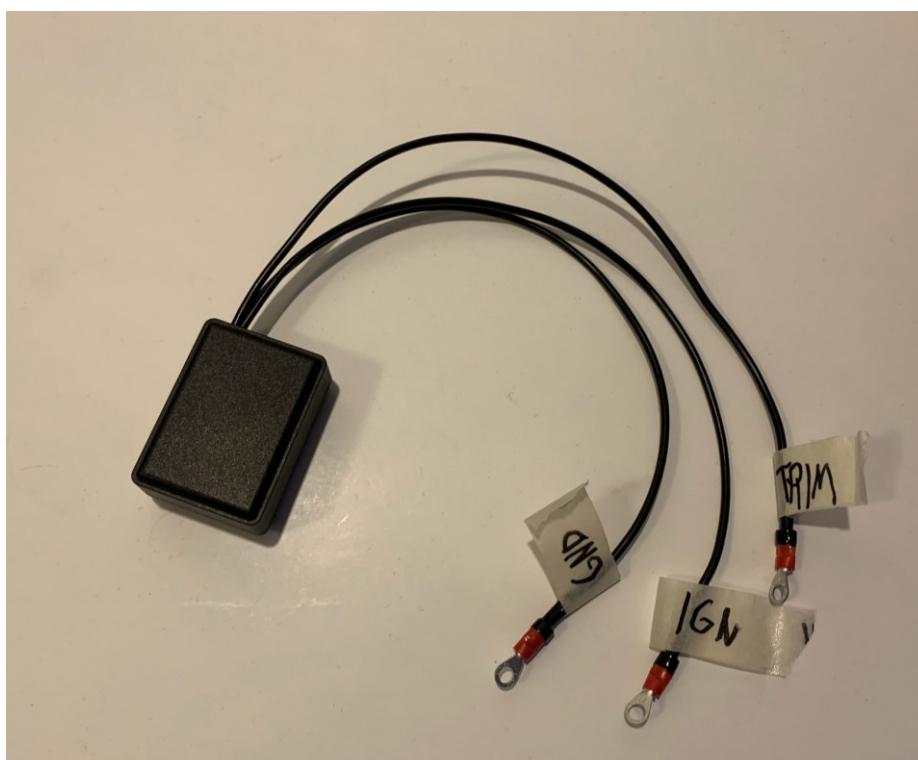
Lopullisesta tuotteesta rakennettiin kaksi erilaista versiota. Toinen versio tuotteesta on varustettu säädettävällä trimmerivastuksella, joka mahdollistaa trimmimittarin skaalan säädön käyttötarpeiden mukaan (kuva 12). Trimmerivastuksena toimii malli, jossa resistanssiarvo on säädettävä välillä 0–20 kilo-ohmia. Aikaisemmin tehtyjen mittausten perusteella tämän resistanssialueen uskotaan antavan tarpeeksi mittavan säätövälin trimmimittarin skaalalle. Mittauksissa paljastuneeseen ongelmaan, jossa jännite skaalan yläpäässä nousee liian korkeaksi, on ratkaistu zenerdiodilla. Zenerdiodi estää jännitteen nousun tietyssä virtapiirin solmussa tietyn jännitetason yli. Kyseistä jännitetasoa kutsutaan myös zenerjännitteeksi. [9.] Zenerdiodeja eri zenerjännitteillä on laajasti saatavilla. Tähän virtapiiriin valitun zenerdiodin valittu zenerjännite on 3,9 voltia.



Kuva 11. KytKentäkaavio tuotteen ensimmäisestä versiosta. Johdinten päihin merkitty mihin trimmimittarin liittimeen kyseinen johdin kiinnitetään.

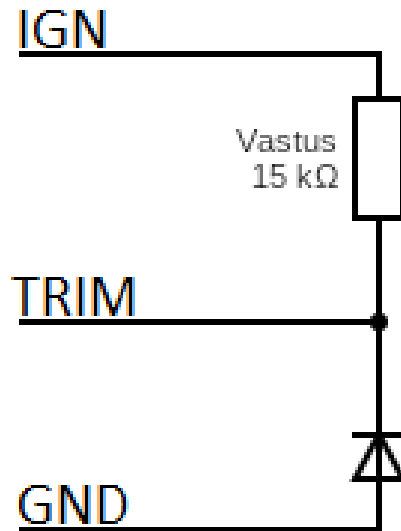
Komponentit ovat juotettu kiinni pienelle kytkentälevylle. KytKentälevy on sijoitettu pienen muovisen kotelon sisään ja se kiinnittyy kyseiseen koteloon ruuvilla. Kotelo on tarkoilta mitoiltaan 20 millimetriä leveä, 37 millimetriä korkea ja 51 millimetriä pitkä (kuva 13). Kotelossa on kansi, jonka voi avata

komponentteihin käsiksi pääsyä varten. Kotelon kylkeen porattiin pieni reikä johtimien ulostuontia varten kytkentälevyltä. KytKentälevyltä lähtevien johtimien päihin on puristettu kiinni trimmimittariin kytkentää varten rengasliittimet. Johtimet rengasliittimineen kiinnittyvät trimmimittarin takana oleviin liittimiin mutteilla. Trimmimittarin oma johtosarjaan kiinnittyvä liitin on kiinnitetty mittariin samalla menetelmällä, joten kyseinen kiinnitystapa on varmasti riittävän kestävä käyttötarkoitusta varten.



Kuva 12. Kuva tuotteen ensimmäisestä versiosta, jossa säädettävä trimmerivastus.

Toinen versio tuotteesta on virtapiiriltään hyvin samanlainen, mutta trimmerivastuksen sijaan laitteessa on kiinteä vastus (kuva 14). Kiinteän vastuksen kooksi valittiin 15 kilo-ohmia, koska se olisi oletettavasti paras kompromissi tätä käyttötarkoitusta varten.



Kuva 13. Kytentäkaavio tuotteen toisesta versiosta. Johdinten päihin merkitty mihin trimmimittarin liittimeen kyseinen johdin kiinnitetään.

Tässä versiossa tuotetta on se etu ensimmäiseen versioon verrattuna, että se on kooltaan erittäin pieni ja mahtuu varmasti trimmimittarin taakse tapauksissa, jossa kojelaudan takana ei juurikaan ole yhtään ylimääräistä tilaa. Sekä zenerdiodi että vastus on suojattu kutistesukilla. Kiinnitys trimmimittariin tapahtuu tässä versiossa myös rengasliittimillä ja muttereilla. Koska tämä versio tuotteesta koostuu enimmäkseen taipuisasta johtimesta, saa sen taiteltua helposti trimmimittarin taakse sen viemättä paljoa tilaa (kuva 15).



Kuva 14. Tuotteen toinen versio kiinteällä vastuksella.

Molempien versioiden sisältämät komponentit on vielä eritelty BoM:ssa liitteessä 2. Siinä on myös kerrottu komponenttien ja valmiin tuotteiden hinnat sekä mistä komponentit on hankittu.

## 7 Laitteiden testaus

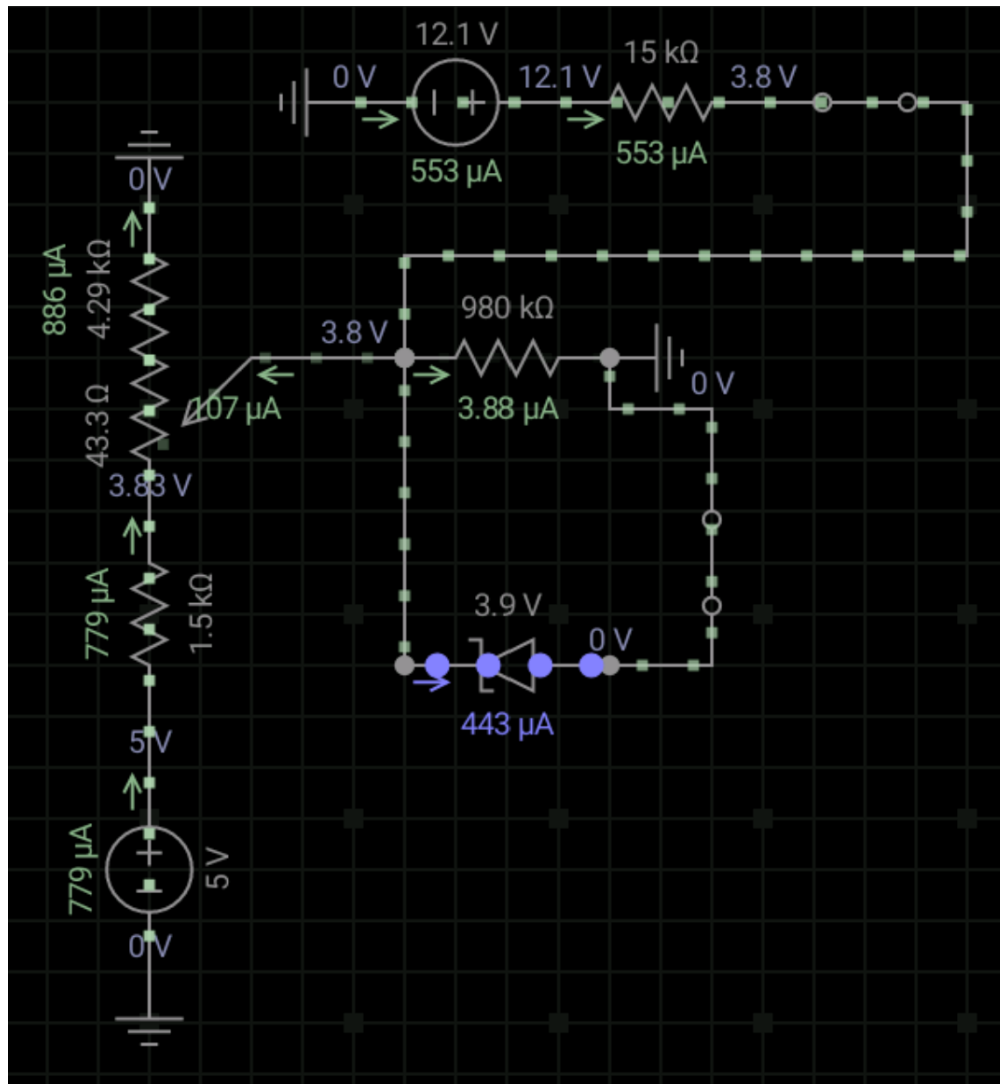
### 7.1 Todellinen testausympäristö

Kumpaakaan lopullisista tuoteversioista ei vielä kirjoitusvaiheessa ole testattu oikeassa toimintatilanteessa. Koska lopulliset versiot tuotteesta eivät eroa toisella mittauskerralla käytetyistä vastuksista kuin vain sillä tapaa, että niissä on lisätty myös TRIM- ja GND-liittimien välille sijoittuva zenerdiodi, oletuksena on, että zenerdiodi ei vaikuta vastuksen toimintaan virtapiirissä. Vaikka toisella mittauskerralla ei kokeiltu juuri 15 kilo-ohmin vastusta, voidaan sen saamaa efektiä virtapiiriin arvioida kuvan 11 viivadiagrammia apuna käyttäen.

### 7.2 Testaus simuloinnin avulla

Laitteita voitiin testata sijoittamalla ne simuloituun trimmimittarin virtapiiriin ja tutkimalla tuloksia. Simulointiin käytettiin jo suunnitteluvaiheessa käytettyä Every-Circuit-ohjelmaa ja sen avulla luotua testivirtapiiriä.

Simuloimisessa käytettiin tällä kertaa hieman päivitettyä virtapiiriä (kuva 16), joka kuvastaa todellista tilannetta tarkemmin ja antaa tarkempia tuloksia. Aikaisemmin käytetyn kuvassa 7 esiintyvän virtapiirin antamat tulokset ovat kuitenkin tarpeeksi lähellä päivitetyn mallin tuloksia ollakseen käyttökelpoisia aikaisemmin tehtyihin havaintoihin.

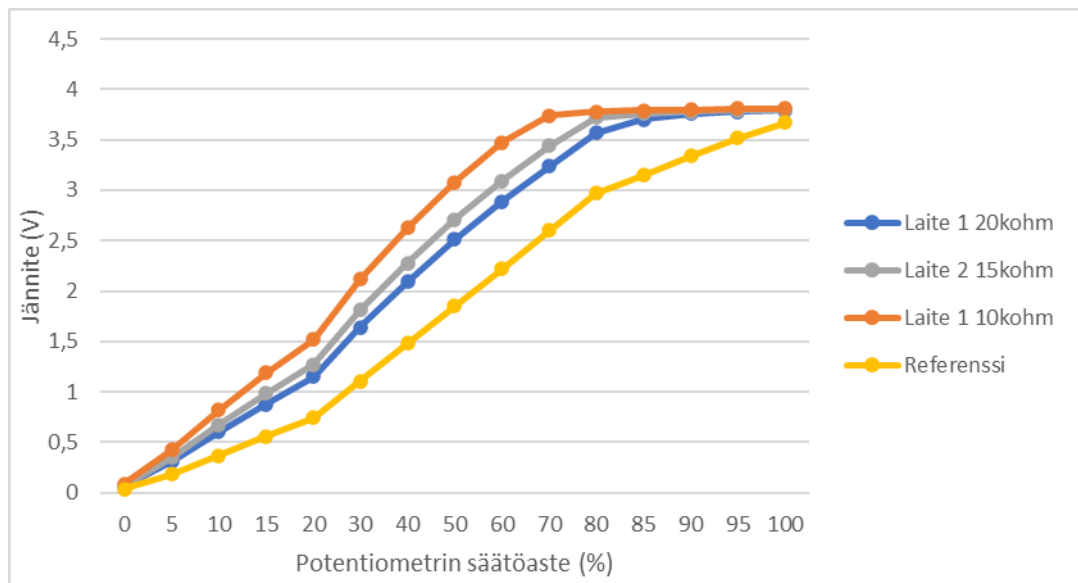


Kuva 16. Simuloinnissa käytetty virtapiiri laitteen version kaksi osalta. Virtapiiri luotu ja simuloitu EveryCircuit-ohjelmalla.

Molempien laitteiden versioiden toimintaa simuloitiin virtapiirissä. Laitteen versiolle yksi valittiin trimmerivastukseen säätöarvoiksi 10 kilo-ohmia ja 20 kilo-ohmia. Laitteen versiossa kaksi on kiinteä 15 kilo-ohmin vastus, joten se ei ole säädettävissä. Referenssiksi simuloitiin tilanne, jossa trimmimittarin virtapiiriin ei ole kiinnitetty laitetta.

Kuvan 17 viivadiagrammia tarkastellessa voidaan havaita, että laitteet vaikuttisivat toimivan suunnitellusti. Jännite alkaa muuttumaan paljon nopeammin potentiometrin säätöasteeseen nähden referenssitilanteeseen verrattuna.

Potentiometrinsäätö aste kuvaa tässä simulaatiossa trimmianturin liikettä oikeassa tilanteessa. Zenerdiodi näyttäisi estävän jännitteen nousun liian suureksi, ja mittarin asteikko ei ylity merkittävästi. Mitä pienempi vastusarvo on asetettu laitteen ensimmäisen version trimmerivastukseen, sitä herkemmin trimmimittarin pitäisi reagoida trimmianturin liikkeisiin. Näin näyttäisi myös käyvän.



Kuva 17. Laitteiden simuloinnin tuloksia havainnollistettu viivadiagrammissa.

### 7.3 Laitteiden komponenttien tehonkesto

Simuloinnissa havaitut virrat ja jännitteet ovat hyvin pieniä, joten kummankaan laitteen version sähkötehon kestävyys ei pitäisi muodostua ongelmaksi. Tehonkesto voidaan kuitenkin varmistaa laskemalla käyttäen tehon kaavaa [10, s. 132.]

$$P = U * I \quad (1)$$

Laitteen ensimmäisen version osalta voidaan laskea tehonkesto, kun trimmerivastus on asetettu resistanssiarvoon 10 kilo-ohmia. Trimmerivastuksen läpi kulki simulaatiossa maksimissaan 829 mikroampeerin virta. Jännitehäviö trimmerivastuksen yli oli tällöin 8,3 voltia. Tehoksi saadaan noin 0,0069 wattia. Trimmerivastuksen tehonkestoksi on merkitty 0,5 wattia [11]. Zenerdiodin tehonkestoksi on merkitty 0,4 wattia ja sen zenerjännite on 3,9 voltia [12]. Zenerdiodin pitäisi siis kestää noin 103 milliampeeria virtaa. Simulaation aikana maksimivirta zenerdiodin läpi oli 707 mikroampeeria.

Laitteen version kaksi osalta simulaation aikana korkein havaittu virta vastuksen läpi oli 553 mikroampeeria. Jännitehäviö vastuksen yli tällöin oli 8,3 voltia. Tehoksi saadaan noin 0,0046 wattia. Vastuksen tehonkestoksi on merkitty 0,6 wattia [13]. Zenerdiodin läpi simulaatiossa kulki 443 mikroampeeria. Zenerdiodin tehonkestoksi on merkitty 0,4 wattia ja sen zenerjännite on 3,9 voltia [12]. Zenerdiodin pitäisi siis kestää noin 103 milliampeeria virtaa.

#### 7.4 Laitteen kesto ja vaikutus pitkällä aikavälillä

Laitteen pitkäaikaista kestoa ei myöskään ole testattu kummankaan version osalta. Täten myöskään laitteen käytön vaikutusta trimmimittarin virtapiiriin ja sen toimintaan pitemmän päälle ei tiedetä varmasti. Mittauskertojen aikana ei kuitenkaan huomattu, että virtapiiri olisi muuttanut toimintaansa alkuperäiseen verrattuna sen jälkeen, kun laite irrotettiin virtapiiristä. Mikään mittausten perusteella ei siis viittaa siihen, että trimmimittari tai muut komponentit sen virtapiirissä olevista komponenteista kärsisivät laitteen käytöstä tai muuttaisi toimintaansa pysyvästi laitteen käytöstä johtuen. Tämä olisi kuitenkin hyvä varmistaa ennen tämänlaisen laitteen laajempaa käyttöönottoa.

## 8 Kehitysideat

Mikään tuote ei koskaan ole täydellinen, ja kehitettävää löytyy aina. Tämä väite on totta tämänkin tuotteen kohdalla. Tähän lukuun on kirjattu kehitysehdotuksia tutkittavaksi ja mahdollisesti kokeiltavaksi tulevaisuudessa.

Tällä hetkellä rakennetuissa laitteissa liittimet, joihin laite on tarkoitus trimmimitarissa kiinnittää, on merkitty vain teipillä, johon on kirjoitettu liittimen nimi samalla tapaa kuin se on trimmimittarin taakse kirjoitettu. Jatkossa liittimet voisi merkitä jollakin pysyvämmällä tavalla. Liittimet voisi myös värikoodata, jotta niiden erottaminen toisistaan olisi helpompaa. Tämä onnistuisi helposti esimerkiksi käyttämällä eri väristä johdinta ja rengasliitintä jokaisen laitteen liitännän kohdalla.

Tuotteen ensimmäisen version kohdalla laitetta saattaa olla mahdollista pienentää, mikäli kytkentälevyn sijaan käytettäisiin valmista juuri tätä tuotetta varten räätälöityä piirikorttia, johon komponentit olisi valmiiksi kiinnitetty. Todennäköisesti piirikortin saisi mahtumaan näin pienempään koteloon. Tämä saattaisi mahdollistaa laitteen käytön veneissä, joiden kojelaudan taakse laite ei nykyisessä muodossaan mahdu.

Laitteen ensimmäisestä versiosta voisi myös harkita valmistettavaksi mallia, jossa trimmerivastuksen säätönappi olisi tuotu kotelon ulkopuolelle. Tällöin kotelo olisi tiiviimpi ja laitteen käyttö olisi käyttäjälle yksinkertaisempaa ja käyttökäyttöisempää. Tämä johtuisi siitä, ettei kotelon kantta tarvitsisi irrottaa resistanssiarvon säätämiseksi.

Yksi vaihtoehto olisi myös korvata trimmerivastus laitteen ensimmäisessä versiossa kylkeen tulevalla kytkimellä tai jopa muutamalla kappaleella kytkimiä. Laitteessa olisi tällöin muutama ennalta valittu kiinteä vastusta kytkimillä voisi valita käytettävän vastuksen resistanssiarvon. Tämä estäisi laitteen käyttäjää valitsemasta resistanssiarvoja, jotka eivät ole järkeviä tässä käyttötarkoituksessa.

## Lähteet

- 1 Perämoottorit. 2021. Verkkoaineisto. Oy Brandt Ab. <[https://issuu.com/ot-to-brandt/docs/ma\\_honda\\_marine\\_2021\\_esite\\_issuu?fr=sYTEwMzMwMjU3Mzc](https://issuu.com/ot-to-brandt/docs/ma_honda_marine_2021_esite_issuu?fr=sYTEwMzMwMjU3Mzc)>. Luettu 20.4.2021
- 2 Yritys Oy Brandt Ab. Verkkoaineisto. Oy Brandt Ab. <<https://www.brandt.fi/yritys>> luettu 11.1.2021.
- 3 Why use trim tabs?. Verkkoaineisto. Bennett Marine Inc. <<https://bennetttrimtabs.com/guide-to-trim-tabs/>> Luettu 21.1.2021.
- 4 McDonald, Pete. 2012. Balancing Weight On Board. Verkkoaineisto. Boatingmag. <<https://www.boatingmag.com/how-to/balancing-weight-board/>>. 10.4.2012. Luettu 31.1.2021.
- 5 Kanerva, Tuomo. 2019. Trimmimittarista apua moottoriveneen kulkuasentoon. Verkkoaineisto. Venelehti. <<https://venelehti.fi/trimmimittarista-apua-moottoriveneen-kulkuasentoon/>>. 5.5.2019. Luettu 21.1.2021.
- 6 Trimming Your Outboard Motor. 2017. Verkkoaineisto. North coast boating. <<https://www.northcoastboating.com.au/trimming-your-outboard-motor/>> 26.9.2017. Luettu 31.1.2021.
- 7 How to Trim a Boat. Verkkoaineisto. Discover boating. <<https://www.discoverboating.com/resources/how-to-trim-a-boat>>. Luettu 12.2.2021.
- 8 Honda Marine perämoottori BF80A BF100A omistajan käsikirja.
- 9 Nave, Carl R. The Zener Effect. Verkkoaineisto. <<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Solids/zener.html#c3> > Luettu 30.3.2021.
- 10 Karkela, Lea; Kervinen, Martti; Konttinen, Pasi; Mannila, Leena; Parkkila, Irma; Seppänen, Raimo & Yli-Kokko, Tuomas. 2013, MAOL-taulukot, 1.-2. painos. Helsinki: Otava.
- 11 Suljettu vaakatrimmeri: 20kohm. Verkkoaineisto. Partco. <<https://www.partco.fi/fi/elektroniikan-komponentit/passiivit/trimmerivastukset/vaakatrimmerit/13487-trim-vaaka-20k.html>>. Luettu 22.4.2021.
- 12 Zener-diodi 0,4W 3,9V. Verkkoaineisto. Partco. <<https://www.partco.fi/fi/elektroniikan-komponentit/aktiivit/diodit/zener-diodit-04w/15735-zener-04w-3v9.html>> Luettu 22.4.2021.
- 13 Metallikalvovastus 0,6W: 15kohm. Verkkoaineisto. Partco. <<https://www.partco.fi/fi/elektroniikan-komponentit/passiivit/vastukset/metallikalvovastukset/normaalit-06w/12560-vastus-06w-15k.html>> Luettu 22.4.2021.



**BoM**

BoM taulukot laitteille. Eritelty laitteiden versioihin yksi ja kaksi.

<b>Versio 1 (Trimmerivastuksella)</b>			
Tuote	Määrä (kpl/m)	Hinta	Toimittaja
Musta muovikotelo 20x37x51mm	1	1,49 €	Partco
Kytkentälevy juotosrimat 50x100mm	1	1,18 €	Partco
Trimmeri Suljettu Vaaka 20kohm	1	0,87 €	Partco
Zener-diodi 0,4W 3,9V	1	0,30 €	Partco
Rengasliitin 4,3mm	3	0,20 €	Partco
Johdin 0,75mm <sup>2</sup>	1	0,43 €	Puuilo
PVC-kutistemuovi 8,5mm	0,03	0,03 €	Partco
	<b>Yhteensä</b>	<b>4,50 €</b>	

<b>Versio 2 (kiinteällä vastuksella)</b>			
Tuote	Määrä (kpl/m)	Hinta	Toimittaja
Metallikalvovastus 0,6W 15kohm	1	0,20 €	Partco
Zener-diodi 0,4W 3,9V	1	0,30 €	Partco
Rengasliitin 4,3mm	3	0,20 €	Partco
PVC-kutistemuovi 8,5mm	0,16	0,15 €	Partco
Johdin 0,75mm <sup>2</sup>	0,2	0,09 €	Puuilo
Jatkoliitin pyöreä punainen	4	0,60 €	Motonet
	<b>Yhteensä</b>	<b>1,54 €</b>	