



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

OMAVARAISEN ASUNTO- LAUTAN SÄHKÖISET KOM- PONENTIT

TEKIJÄ: Henri Linja

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Henri Linja	
Työn nimi Omavaraisen asuntolautan sähköiset komponentit	
Päiväys 21.5.2016	Sivumäärä/Liitteet 31
Ohjaaja(t) Lehtori Jari Ijäs ja yliopettaja Juhani Rouvali	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Toimitusjohtaja Pekka Rissanen Caboat Oy	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä Caboat Oy:n suunnitteleman asuntolautan sähköistysuunnitelma. Työn lähtökohtana oli määrittellä aluksen sähköistyksen tarve ja suunnitella alukselle omavarainen sähköntuotanto.</p> <p>Asuntolautta on järvellä ja muilla sisävesillä liikkuva asunto, jolla voidaan asua jäiden lähdöstä myöhään syksyyn asti. Asuntolautan on tarkoitus toimia kesämökin ja purjeventeen korvaajana. Asuntolautalla tehtävät matkat ovat purjeventematkoihin verrattuna lyhyempiä.</p> <p>Asuntolautan on tarkoitus toimia sähköpropulsiolla. Suunnitelmissa otettiin huomioon sähköntuotannon ja kulutuksen vaatimukset sähköpropulsiokäytössä. Aluksen on tarkoitus toimia omavaraisesti eli ulkopuoliselle sähkönsyötölle ei ole tarvetta lautan toimivuuden kannalta.</p> <p>Aluksen fyysinen koko on lopullisen asiakkaan päätettävissä kokovaihtoehtojen ollessa 9 metristä 18 metriin. Lautan leveys on aina 5,5 metriä. Aluksen protyyppi tulee olemaan 9,6 metriä, ja sen on tarkoitus toimia koealustana alukselle valituille sähköisille komponenteille.</p> <p>Työ toteutettiin yhdessä tilaajan kanssa, kuuntelemalla tilaajan toiveita ja etsimällä tietoa haluttuihin asioihin. Tulokset ovat opinnäytetyön tekijän omia laskelmia, joita on tarkoitus hyödyntää lopullisen lautan rakentamisessa.</p>	
Avainsanat asuntolautta, omavaraisuus, sähkö, akku, aurinkopaneeli, katamaraani	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Henri Linja			
Title of Thesis Electrical Components of a Selfsufficient Apartment Ferry			
Date	21 May 2016	Pages/Appendices	31
Supervisor(s) Mr. Jari Ijäs, Lecturer and Mr Juhani Rouvali, Principal Lecturer			
Client Organisation /Partners Mr. Pekka Rissanen, CEO Caboat Oy			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to make an electrical design for an electrical recreational apartment ferry designed by Caboat Oy. The starting point was to define the need of electrification and to design a selfsufficient power generation.</p> <p>The recreational apartment ferry is a mobile home which can be driven on lakes and other inland waterways. The apartment ferry is intended to serve as a substitute for a summer house and sailboat and to be used on short trips. The recreational apartment ferry is designed to operate on electropulsion. Electric production and consumption requirements were included in the plans. The ferry is intended to operate selfsufficiently so there is no need for a third party power supply for the ferry to work efficiently. The work was carried out together with the client.</p> <p>As a result, the physical size of the ferry will be decided by the client. Size options will be from 9 meters to 18 meters in length and 5.5 meters in width. The first prototype will be 9.6 meters long and will serve as a test surface for selected electrical components. The results are based on the author's own calculations intended to be taken into account in the final version of the ferry.</p>			
Keywords ferry, selfsufficient, electric, battery, catamaran, solar panel			

ESIPUHE

Haluan kiittää Pekka Rissasta ja Caboat Oy:tä mielenkiintoisesta opinnäytetyön aiheesta. Haluan myös kiittää Savonia-ammattikorkeakoulun lehtoria Jari Ijästä ohjauksesta opinnäytetyöhöni liittyen.

Kuopiossa 24.5.2016

Henri Linja

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	8
2	ASUNTOLAUTTA.....	9
2.1	Asuntolautan määritelmä.....	9
2.2	Asuntolautan sähköjärjestelmä	10
2.3	Sähkötarvekartoitus	11
2.4	Moottoriteho.....	11
3	SÄHKÖTURVALLISUUS JA STANDARDIT	13
3.1	Yleiset sähkötekniset määräykset.....	13
3.2	Liikenteen turvallisuusviraston määräys alusten sähköasennuksista.....	13
4	SÄHKÖNTARVEKARTOITUS	14
4.1	Päivittäinen sähkönkulutus asuntolautalla	14
4.2	Sähköpropulsio	15
4.2.1	Perämoottoreiden tekniset tiedot ja vertailu	15
4.2.2	Propulsiomoottoreiden sähkönkulutus.....	17
4.3	Akuston kapasiteetti.....	17
4.4	Akusto.....	18
4.4.1	Lyijyakku	18
4.4.2	AGM-Akku	18
4.4.3	Putkilevyakku.....	18
4.5	Aurinkopaneelit.....	19
4.5.1	Yksi- ja monikidepaneeli	19
4.5.2	Ohutkalvopaneeli	19
4.6	Lataussäädin	20
4.6.1	MPPT-lataussäädin	20
4.6.2	PWM-lataussäädin.....	20
4.7	Vaihtosuuntaaja eli invertteri	20
4.8	Tasajännitemuunnin.....	21
4.9	Ajosähkölaitteet	21
4.10	Muut sähkölaitteet	21
5	SÄHKÖNTUOTANTO	22

5.1	Aurinkopaneelien tuotto	22
5.1.1	Aurinkopaneelien tuotto asuntolautalla	23
5.2	Aggregaatti	23
5.3	Akkulaturi.....	24
5.4	Maistasyöttö	24
6	KOMPONENTTIEN VALINTA JA PERUSTELUT	25
6.1	Sähköpropulsio	25
6.2	Akusto.....	25
6.3	Sähköntuotanto	26
6.3.1	Aurinkopaneelit.....	26
6.3.2	Lataussäädin.....	27
6.4	Invertteri, akkulaturi ja maistasyöttö	27
6.5	Aggregaatti	27
7	JATKOKEHITTÄMISSUUNNITELMAT	28
8	YHTEENVETO.....	29
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	30

Lyhenteet ja määritelmät

DC = Direct Current = Tasavirta

AC = Alternative Current = Vaihtovirta

U = Voltage = Jännite [U]

I = Current = Virta [A]

P = Power = Teho [W]

kn = knot = solmu [kn]

Wh = Watthour = Wattitunti [Wh]

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on tehdä Caboat Oy:n suunnittelema asuntolautalle sähkötarvekartoitus ja sen pohjalta suunnitelmat aluksessa tarvittaville sähköisille komponenteille. Asuntolautan suunnittelun pohjana on sähköpropulsio, joka tuo oman haasteensa akuston ja muiden sähkölaitteiden suunnittelulle. Asuntolautan tarkoituksena on toimia energiaomavaraisesti, eli ulkoinen sähkönsyöttö ei ole välttämättömyys aluksen toimivuuden kannalta.

Aluksen omavarainen sähköntuotanto on tarkoitettu tuotettavaksi aurinkopaneeleilla, joilla ladataan aluksen pääsähkönlähdettä eli akustoa. Aluksessa on käytössä varavoimanlähteenä bensiinikäyttöinen aggregaatti, joka lataa akustoa tarvittaessa. Aluksen suurta akustoa on myös mahdollista ladata maistasyötöllä eli normaalilla verkkosähköllä, jota joissakin laituripaikoissa on saatavilla.

Caboat Oy on perustettu vuonna 2015, ja sen toimiala on huvi- ja urheiluveneiden rakentaminen. Opinnäytetyössä käsitellään kesäkuussa 2016 valmistuvaa sähkömoottorista prototyyppialusta, jonka pohjalta valmistetaan myyntiin tulevat tuontantomallit. Opinnäytetyön on tarkoitus selvittää sähköpropulsiovaatimuksia sähköntuotannon ja -kulutuksen suhteen.

2 ASUNTOLAUTTA

2.1 Asuntolautan määritelmä

Asuntolautta on veden päällä kelluva asunto. Asuntolautan voi ajatella olevan vapaa-ajan asunnon, matkailuauton ja purjeveneen yhdistelmä. Lautalla voidaan olla ankkuroituna satamaan sekä liikkua sisävesillä. Asuntolautalla on tarkoitus asua alkukevästä myöhään syksyyn.

Caboat Oy:n suunnitteleman asuntolautta on modulaarinen. Modulaarisuus tarkoittaa, että lautan ostajalla on mahdollisuus vaikuttaa aluksen kokoon. Asuntolautan yksi moduuli on 3 metriä pitkä. Asuntolautan minimipituus on 9 metriä ja maksimipituus 18 metriä ja leveys noin 5,5 metriä. Ensimmäinen sähkömoottorikäyttöinen prototyyppi tulee olemaan 9,6 metriä pitkä ja ensimmäinen varsinainen tuotantomalli 12 metriä pitkä. Kuvassa 1 on nähtävissä yrityksen perustajan rakentama polttomoottorikäyttöinen asuntolautta vuodelta 2014.

Veneet luokitellaan sen käyttötarkoituksen mukaisesti suunnitteluluokkaan A, B, C tai D. Opinnäytetyön kohtena olevan asuntolautan suunnitteluluokka on C. C-luokka tarkoittaa, että alus on suunniteltu käytettäväksi rannikon läheisyydessä, suurilla lahdilla ja järvillä, ja matkan aikana tuulen voimakkuus on korkeintaan 13,8 metriä sekunnissa ja aaltojen merkitsevä korkeus enintään 2 metriä. (TRAFI 2016, 4.)

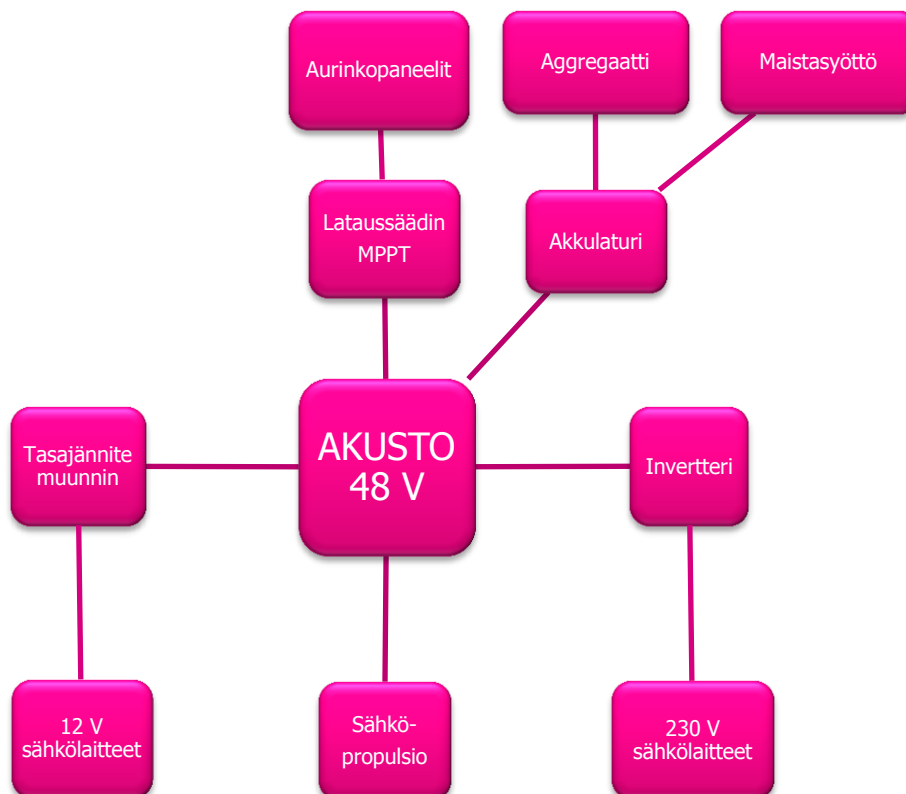


KUVA 1. Asuntolautan polttomoottoriprototyyppi vuodelta 2014 (Rissanen 2014-06-22)

2.2 Asuntolautan sähköjärjestelmä

Kaikissa nykyaikaisissa asuntoaluksissa ja -vaunuissa on paljon sähköllä toimivia laitteita, jotka on suunniteltu helpottamaan jokapäiväistä elämää. Tällaisia laitteita ovat muun muassa valaistus, lämmitys, viihde-elektroniikka sekä ruuanlaitossa ja -säilytyksessä tarvittavat laitteet ja koneet. Asuntolautan sähköistämisuunnittelussa on otettu huomioon pitkät asumisjaksot.

Kuvassa 2 on esitelty aluksen periaatkaavio, josta selviää aluksen sähköntuotannon ja -varastoinnin periaatteet.



KUVA 2. Periaatekaavio (Linja, 2016)

Kuvasta 2 selviää, että aluksen pääsähkönlähde on akusto, jota ladataan aluksen katolle kiinnitetyillä aurinkopaneeleilla. Pitkän pilvisen jakson varalta aluksella on varavoimakoneena aggregaatti, joka syöttää akkulaturia, joka puolestaan lataa akustoa. Maistasyötöllä akustoa voidaan ladata normaalilla verkkosähköllä, jos laituripaikalla sitä on saatavilla.

Asuntolauttaan tulee 12 V, 48 V ja 230 V jakelujärjestelmät. Aluksen kaikki jännitetasot muodostetaan 48 V jännitetasosta. Akuston pääjännite on 48 V, josta vaihtosuuntaajalla (invertteri) saadaan tuotettua 230 V siniaaltoista vaihtosähköä ja tasajännitemuuntimella 12 V tasajännitettä.

48 V laitteita ovat sähköpropulsio koneet, akkulaturi, invertteri ja tasajännitemuunnin. 12 V laitteita ovat ajamiseen liittyvät komponentit sekä pilssipumput. Näitä ajamiseen tarkoitettuja laitteita ovat muun muassa navigointilaitteisto, kaikuluotain sekä mittaristot ja ajovalot. 230 V laitteita ovat lautan

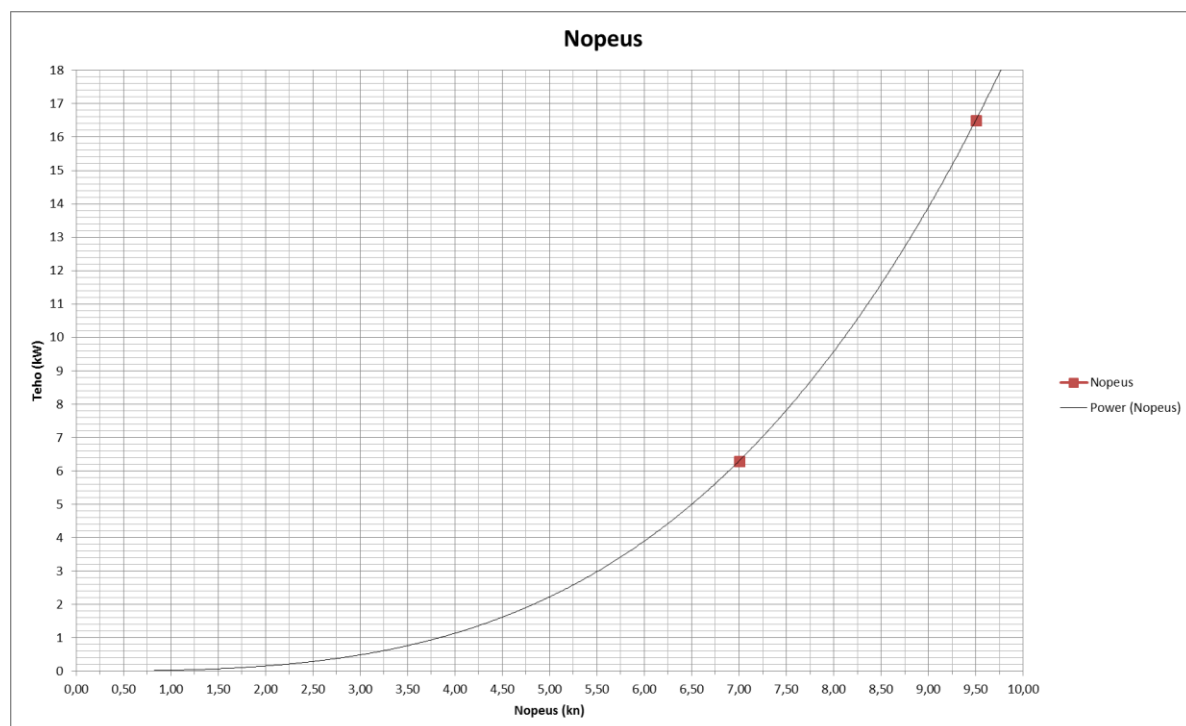
muu valaistus, kulutuselektroniikka sekä ruuanlaittoon ja -säilytykseen liittyvät sähkötoimiset koneet kuten mikroaaltouuni, kahvinkeitin ja jääkaappi.

2.3 Sähkötarvekartoitus

Asuntolautan sähkötarvekartoituksen perustana on selvittää aluksella kuluva sähkön määrä. Sähkönkulutusta voidaan arvioida yksinkertaistetulla taulukolla, josta saadaan selville päivittäinen sähköenergian tarve. Asuntolautan päivittäinen energiankulutus vaihtelee, mutta keskimääräinen energiankulutus pystytään arvioimaan suhteellisen tarkasti. Taulukossa ei ole otettu huomioon sähköpropulsion sähkökulutusta, vaan sitä käsitellään omana kulutuspisteenä. Opinnäytetyön kohdassa 4.1 on laskettu asuntolautan päivittäinen kulutusarvio.

2.4 Moottoriteho

Ponttoonisuunnittelija ilmoittaa aluksen moottoritehon tarpeeksi 2 x 6,3 kW, jolla saavutetaan 7 solmun nopeus. 9,5 solmun nopeuteen tarvittava moottoriteho on 2 x 16,5 kW. Näistä tiedoista pystytään tekemään teho/nopeus-käyrä, jota voidaan hyödyntää ajoajan optimointiin sekä akuston koon määrittämiseen. Suunnittelun lähtökohtana on noin 20 hevosvoiman (16,5 kW) työntötehoa vastaavat sähkömoottorit.



KUVIO 1. Yhden moottorin teho/nopeus-käyrä

Kuviosta 1 huomaa, että moottoritehon tarve kasvaa jyrkästi nopeuteen suhteutettuna. On siis huomattavasti taloudellisempaa ajaa hitaammin kuin täyskaasulla, koska tehontarve kasvaa eksponentiaalisesti nopeuteen suhteutettuna. Optimaalisissa olosuhteissa alus kulkisi 5 solmun matkavauhtia (n. 9,3 km/h) reilun 2,3 kW moottoriteholla. Koska moottoreita on kaksi, tarvitaan tehoa yhteensä noin 4,6 kW. Sisävesistöillä ajettaessa yleensä kuitenkin tuulee ja asuntolautan hankala muoto lisää tuulikuormaa ja ilmanvastusta. Todellinen tarvittava moottoriteho 5 solmun matkavauhdilla on lähempänä 6 kW:a.

Todellista kulutusta 5 solmun matkavauhdilla ei voida varmistaa, ennen kuin aluksella on suoritettu koeajoja, joissa todellista sähkönkulutusta on mitattu. Hankalien sääolosuhteiden varalta moottoreilta tarvitaan suurta tehoa, jotta aluksella päästään ajamaan turvallisesti rantaan tai satamaan. Suurta moottoritehoa tarvitaan myös aluksen kiihtymiseen tehokkaasti haluttuun matkanopeuteen.

3 SÄHKÖTURVALLISUUS JA STANDARDIT

3.1 Yleiset sähkötekniiset määräykset

Asuntolautta ei poikkea asennuskohteena muista asennuskohteista, vaan sähköjen asentamisessa sovelletaan yleisiä käytössä olevia standardeja ja sähkötekniisiä määräytyksiä.

3.2 Liikenteen turvallisuusviraston määräys alusten sähköasennuksista

Seuraavaan on koottu Liikenteen turvallisuusviraston tärkeimmät määräykset asuntolautan rakentamista koskevat määräykset. Määräykset perustuvat merenkulkuturvallisuutta koskevaan säännökseen alusten sähköasennuksista TRAFI/10743/03.04.01.00/2014.

Sähköasennukset on suunniteltava ja toteuttava siten, että niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle eikä omaisuudelle vaaraa. Sähköasennuksissa on noudatettava hyvää sähkötekniistä suunnittelu- ja asennustapaa (1.2). Suurimmat sallitut jakelujärjestelmän jännitteet ovat tasavirralla 250 V, 1-vaiheisella vaihtovirralla 250 V ja 3-vaiheisella vaihtovirralla 500 V. Enintään 63 ampeerin maistasyöttöön voidaan käyttää yksiasentoista pistorasiaa tai pistotulppaa ja virtapiiri on suojattava oikosulku- ja ylivirtasuojilla (2.4).

Asennukset on suojattava ylivirroilta ja oikosuluilta siten, että syöttöpiiri on toimintakuntoinen oikosulun jälkeen (2.5.1). Jokaisella moottorilla, jonka nimellisteho on yli 0,5 kilowattia on oltava suo- jakatkaisija tai kytkinvaroke.

Akusto, jonka jännite ylittää vaarattoman jännitteen rajan, sekä teholtaan yli 2 kilowatin akusto on sijoitettava erilliseen akkuhuoneeseen, johon on pääsy kannelta tai vastaavaan avokannelle asennettuun laatikkoon, jossa on oltava koneellinen pakkoilmatuuletus, joka vaihtaa tilan ilman vähintään 30 kertaa tunnissa. Jos akut ovat tyypiltään suljettuja tai venttiiliohjattuja, voidaan vaadittava ilmanvaihto vähentää neljännekseen. Latausvirtapiirit on suojattava oikosululta ja ylivirralla.

4 SÄHKÖNTARVEKARTOITUS

Työn tärkeimpänä tehtävänä on selvittää asuntolautalla tarvittavat sähkölaitteet ja -komponentit. Kuvasta 2 sivulla 10 selviää, että aluksella tarvitaan vähintään sähköpropulsio, aurinkopaneelit, lataussäädin, akkulaturi, aggregaatti, invertteri ja tasajännitemuunnin. Muut kulutuslaitteet ovat lopullisen tilaajan mukaan muokattavissa, esimerkiksi valaistus, pistorasioiden määrä ja pienet kodinkoneet.

4.1 Päivittäinen sähkönkulutus asuntolautalla

Taulukossa 1 on laskettu aluksen päivittäistä energiankulutusta, ilman sähköpropulsioon kuuluvaa kulutusta.

TAULUKKO 1. Asuntolautan päivittäinen energiankulutus

LAITE	Jännite (V)	Teho (W)	Käyttöaika (h)	Energiankulutus (kWh)
Mikroaaltouuni	230	1200	0,2	0,24
TV	230	60	3	0,18
Kahvinkeitin	230	1400	0,5	0,70
Kannettava tietokone	230	40	2	0,08
Radio / äänentoisto	230	200	2	0,40
Jääkaappi	230	17	24	0,41
Valaistus (LED)	230	40	4	0,16
Muut 230 V laitteet	230	500	0,5	0,25
Ajovalot	12	50	2	0,10
Plotteri	12	20	4	0,08
Kaiku	12	10	4	0,04
Pilssipumput	12	320	0,50	0,16
Muut ajosähkölaitteet	12	100	4	0,40
			YHT	3,20

Yllä lasketun päivittäisen energiankulutuksen tarpeeksi on arvioitu noin 3,2 kWh. Jääkaapin energiankulutus on laskettu pienen A++ energialuokan jääkaapin tiedoista. Pilssipumppujen käyttöarvio perustuu siihen, että yksi pilssipumppu toimii 4 tuntia tai vaihtoehtoisesti kaikki 8 pumppua toimivat puoli tuntia.

Laskelmissa on varattu muille laitteille yhteensä 0,65 kWh päivittäisestä energiankulutuksesta. Tämä tarkoittaa, että akuston mitoituksessa reserviin jää joka päivä 0,65 kWh ja säästynyt sähkö voidaan hyödyntää muualla. Kesällä valaistuksen ja ajovalojen tarve on huomattavasti vähäisempää kuin syksyllä.

4.2 Sähköpropulsio

Sana sähköpropulsio sisältää kaiken moottoreiden toimintaan liittyvän, eli itse sähkömoottorin sekä ohjauksen ja syötön. Aluksen perämoottoreiksi valitaan kaksi kappaletta sähkökäyttöisiä perälautamoottoreita, jotka toimivat 48 V tasajännitteellä ja tuottavat noin 20 hevosvoiman polttomoottoreita vastaavan työntövoiman. Markkinoilla on useita pieniä soutuveneisiin tarkoitettuja sähkökäyttöisiä perämoottoreita. Tarpeeksi tehokkaita moottoreita tarjoavat ainakin Karvin Polska ja Elco Motor Yacht, jotka valittiin vertailuun.

4.2.1 Perämoottoreiden tekniset tiedot ja vertailu

Taulukossa 2 on vertailtu alukselle sopivia perämoottorivaihtoehtoja. Kaksi ensimmäistä moottoria (EP-20 ja EP-14) ovat Elco Motor Yachtin valmistamia ja viimeinen moottori on Karvin Polskan valmistama. Elco Motor Yachtin moottorit toimivat kestmagnetoidulla vaihtosähkömoottorilla. Moottorinohjaus muuntaa 48 V tasajännitteen moottorille sopivaksi vaihtojännitteeksi, jonka taajuutta ja jännitetasoa muuntamalla saadaan haluttu teho moottorista ulos optimaalisella hyötysuhteella.

Karvin Polskan moottorit toimivat suoraan tasasähköllä. Valmistaja ei kerro moottorin tyyppiä, mutta on oletettavaa että kyseessä on kestmagnetoitu hiiliharjaton tasavirtamoottori.

Kuvassa 3 on esitelty Karvin 5500 sähköpropulsiota ja kuvassa 4 Elco Motor Yachtin sähköpropulsiota.

TAULUKKO 2. Sähköperämoottoreiden tekniset tiedot

	EP-20	EP-14	Karvin 5500
Verrannollinen polttomoottoriteho	20 Hevosvoimaa	14 Hevosvoimaa	19,5 Hevosvoimaa
Suurin teho akustolta	7920 W	6240 W	5500 W
Jännite	48 VDC	48 VDC	24/36/48 VDC
Suurin Virta	165 A	130 A	115 A
Moottori	Harjaton PMAC	Harjaton PMAC	DC
Staattinen työntö	108 kg	92,5 kg	133 kg
Jäähdytysjärjestelmä	Vesijäähdytys	Vesijäähdytys	Vesijäähdytys
Paino	40 kg	38,5 kg	26 kg



KUVA 3. Karvin 5500 LW.



KUVA 4. Elco EP perälauta moottori (kuvassa EP5)

4.2.2 Propulsiomootoreiden sähkönkulutus

Propulsiomootoreiden todellista sähkönkulutusta on hyvin vaikea arvioida tarkasti, koska tarvittavaan moottoritehoon vaikuttaa useita tekijöitä. Haluttu matkanopeus, rikikorkeus, potkuri, ilmanvastus, painokuorma, mahdollinen aallokko sekä aluksen oma paino vaikuttavat tarvittavaan työntövoiman määrään. Todellinen sähkönkulutus saadaan mitattua vasta, kun aluksella on tehty ensimmäiset koeajot. Aikaisemmin mainittu 6 kilowatin teho 5 solmun nopeudella on varmasti hyvin lähellä totuutta. Neljän tunnin ajoajalla tämä tarkoittaisi 24 kilowattitunnin energiamäärää. Tätä 24 kilowattitunnin energiamäärää käytetään laskelmissa, joissa arvioidaan akuston koko.

4.3 Akuston kapasiteetti

Akuston kapasiteettiin vaikuttaa kulutuslaitteiden määrä, niiden käyttöaika sekä haluttu ajoaika lautalla. Työn tilaajan toive akuston mitoitukselle on se, että lautalla ajetaan keskimääräisenä ajopäivänä noin 4 tuntia. Aluksen akuston koon määrittämiseen tarvitaan keskimääräisen päivittäisen kulutuksen tietäminen, sekä keskimääräinen ajoaika ja -nopeus. Edellä laskettujen kulutusarvioiden perusteella saadaan päivittäiseksi kokonaiskulutukseksi noin 27 kilowattituntia. Akuston kapasiteettia määritettäessä pitää ottaa huomioon myös invertterin ja tasajännitemuuntimen tehohäviöt.

27 kilowattituntia 48 voltin akustolla tarkoittaa 563 ampeeritunnin akkukapasiteettia.

$$\frac{27000 \text{ Wh}}{48 \text{ V}} = 563 \text{ Ah}$$

Perinteisiä lyijyakkuja ei pidä koskaan päästää täysin tyhjäksi, joten se lisää myös kapasiteetin tarvetta.

Akustossa on hyvä olla myös ylimääräistä energiasisältöä, koska aurinkoenergian jäädessä vähäiseksi, se ei rajoittaisi aluksella käytettävien sähkölaitteiden toimintaa. Tällä tavoin aggregaatilla tuotettavan varavoiman määrä voidaan pitää mahdollisimman vähäisenä. (Motiva, 2016)

4.4 Akusto

Akusto on asuntolautan pääsähkönlähde. Akustoa valittaessa on tärkeää ottaa huomioon sopiva kapasiteetti, syväpurkauskesto, akuston fyysinen koko sekä laskennalliset elinikäkustannukset. Akuston jännitetaso eli aluksen pääjännite valitaan suurimman yksittäisen kulutuspisteen mukaan, tässä tapauksessa sähköperämootoreiden mukaan. Elcon ja Karvinin moottorit toimivat 48 voltin tasajännitteellä, joten akuston jännitetasoksi valitaan 48 voltia. 48 voltin jännitetaso muodostetaan kytkemällä 4 kappaletta 12 voltin akkuja sarjaan, jolloin saadaan haluttu 48 voltin jännitetaso. Haluttu akustokapasiteetti taas muodostetaan kytkemällä 4 akun sarjakytkentään yksi tai useampi samanlainen akkupaketti rinnan, jolloin kapasiteetti on alkuperäinen sarjaankytketty akuston kapasiteetti lisättynä toisen rinnankytketyn akuston kapasiteetilla.

Asuntolautalle sopivia akkutyyppejä ovat perinteiset lyijyakut, suljetut AGM-akut sekä putkilevyakut. Litiumioniakusto toimisi myös lautalla, mutta tekniikan korkea hinta verrattuna lyijyakkuihin on liian suuri.

4.4.1 Lyijyakku

Tavallisen lyijyakun tutuin käyttökohde on auton käynnistysakku. Lyijyakun yksi hyvistä puolista on suuri virranantokyky. Huonoina puolina itsepurkautuvuus, akkuhappojen vuotomahdollisuus, huollon tarve sekä heikko syväpurkauskesto. Theseuksessa julkaistussa opinnäytetyössä (Leskinen 2011) kerrotaan että, perinteisen lyijyakun elinikä 80 % syväpurkauksella on vain noin 100 – 300 sykliä.

4.4.2 AGM-Akku

AGM-akku (Absorbent Glass Mat) on lasikuituvillaerottimeen perustuva lyijyakkutyyppi. Näissä akuisa akkuhappo on imeytetty lasikuitumattoon. Tämän takia AGM-akut eivät vaadi huoltoa ja ne voidaan asentaa myös kyljelleen. AGM-akkujen pieni itsepurkautuvuus ja suuri virranantokyky ovat niiden parhaita puolia, mutta odotettu elinikä ei ole huomattavasti suurempi kuin tavallisen nestelyijyakun. AGM-akku on myös jonkin verran kalliimpi kuin tavallinen huollettava lyijyakku.

4.4.3 Putkilevyakku

Putkilevyakkuja kutsutaan myös nimillä putkilevynesteakku tai syväpurkausakku. Putkilevyakun parhaita puolia on sen syväpurkauskesto ja virranantokyky. Putkilevyakku kestää syväpurkausta jopa 80 % ja sen syklinen kestoikä on jopa 1500 sykliä. Tämä tarkoittaa, että putkilevyakku voidaan purkaa 80 % varauksestaan ja akku kestää uudelleenlatauksen ja purkauksen jopa 1500 kertaa. (Suomen akut, 2016)

4.5 Aurinkopaneelit

Aurinkopaneeli on sähköinen komponentti, joka muuntaa auringonsäteilyn sähköenergiaksi. Aurinkopaneelien toiminta perustuu auringonsäteilyn sisältämien fotonien osumisesta aurinkopaneeliin pintaan. Osuessaan aurinkopaneelin kennoon ne luovuttavat energiansa kennon materiaalin elektroneille.

Aurinkopaneelit voidaan luokitella kolmeen luokkaan, niiden saatavuuden ja massatuotannon perusteella. Uusia aurinkopaneelityyppejä kehitetään jatkuvasti hyötysuhteen parantamiseksi ja paneeliin pienentämiseksi. (Motiva, 2016)

4.5.1 Yksi- ja monikidepaneeli

Ensimmäisen sukupolven massatuotannossa olevat aurinkokennopaneelit ovat yksi- ja monikidepaneelit. Yksikiteinen aurinkopaneeli valmistetaan leikkaamalla yhtenäinen pala piisauvasta, joka asetetaan toisen samalla tavalla leikatun palan viereen aurinkopaneelin kehikon rungolle. Nämä pyöreät palat leikataan neliönmuotoisiksi, jolloin hukkatilaa jää mahdollisimman pieneksi. Lopuksi piikennot yhdistetään johtimilla toisiinsa, jolloin saadaan yksikiteinen aurinkopaneeli. Yksikidepaneelit ovat kalliimpia, koska niiden valmistuksessa piimateriaalia menee hukkaan. (Viitanen, 2010)

Kuten yksikidenpaneeli, myös monikide paneeli koostuu pääasiassa piistä. Suurin ero yksikidepaneeliin on se, että ne koostuvat nimensä mukaisesti monesta kiteestä. Kenno valmistetaan valamalla piimassaa aurinkopaneelin muotoinen kerros. Valmistuskustannukset jäävät pienemmäksi, koska materiaali ei mene hukkaan.

4.5.2 Ohutkalvopaneeli

Ohutkalvopaneeli on tällä hetkellä uusin markkinoilla massatuotannossa oleva aurinkopaneelityyppi. Ohutkalvokennon valmistus vaatii vähemmän valolle herkkää materiaalia kuin yksikide- ja monikidepaneelit. Tämä pienentää ohutkalvopaneelin valmistuskustannuksia. Ohutkalvokennon parhaita puolia ovat sen joustavuus ja ohuus, joten ohutkalvopaneelilla voidaan helpohkosti pinnoittaa rakenteita. Huono puoli verrattuna piikidepaneelisiin on huonompi hyötysuhde pinta-alaa kohden. Piikidepaneelien tehollinen hyötysuhde on noin 150-180 W/m², kun taas ohutkalvopaneelien 60-80 W/m². (Jeskanen, 2014)

4.6 Lataussäädin

Lataussäädin on aurinkopaneelien jälkeen tärkein yksittäinen komponentti aurinkosähköjärjestelmässä. Lataussäätimen tarkoituksena on muuntaa aurinkopaneelien tuottama teho, akustolle sopivaksi jännitteeksi ja latausvirraksi. Tällä hetkellä markkinoilla on saatavilla kahta erilaista lataussäädintyyppiä, MPPT-lataussäädin ja PWM-lataussäädin.

4.6.1 MPPT-lataussäädin

MPPT-lataussäädin eli Maximum Power Point Tracking – lataussäädin on tehokas aurinkoenergian hyödyntämiseen tarkoitettu lataussäädin. Esimerkiksi: tyypillinen 12 V / 100 W monikiteinen aurinkopaneeli tuottaa optimaalisissa oloissa noin 17 voltin tyhjäkäyntijännitteen ja 5,9 ampeerin oikosulkuvirran ($17 \text{ V} * 5,9 \text{ A} = 100 \text{ W}$). MPPT -lataussäädin muuntaa jännitteen akustolle sopivaksi latausjännitteeksi 12,5 – 14,4 V akuston varaustilanteen mukaan. MPPT-lataussäätimen älykkyys piilee sen kyvyssä hakea suurin saatavilla oleva paneelijännite ja pilkkoa hakkurilla ylimääräinen jännite (teohäviö) kasvattamaan latausvirtaa.

4.6.2 PWM-lataussäädin

Vanhempia PWM (pulse with modulation) eli pulssinleveysmodulaation perustuvia lataussäätimiä ei nykyaikaisiin suuriin aurinkopaneelijärjestelmiin kannata harkita. MPPT lataussäätimiin verrattuna PWM lataussäädin ei osaa hyödyntää paneelin korkeampaa jännitettä, vaan pystyy lataamaan akustoja vain paneelin suurimmalla latausvirralla. PWM lataussäätimen toiminta perustuu hakkurin katkomaan paneelijännitteeseen, jolloin akustolle saapuva jännite on laskenut sopivaksi latausjännitteeksi.

4.7 Vaihtosuuntaaja eli invertteri

Vaihtosuuntaajan tarkoitus on muuntaa akuston 48 V tasajännite 230 V vaihtojännitteeksi. Vaihtosuuntaajan valinnan tärkeimpinä kriteereinä voidaan pitää kykyä tuottaa tarpeeksi suuri hetkellinen ja jatkuva teho. Myös virran muodolla on väliä, koska halvimmat invertterit tuottavat kantikasta siniaaltoa, jolloin kaikkein herkimät laitteet eivät toimi oikein. Laadukkaiden vaihtosuuntaajien hyötysuhteet 48 V sisäämenojännitteellä ovat parhaimmillaan yli 95 %.

4.8 Tasajännitemuunnin

Tasajännitemuuntimen tarkoituksena on muuntaa 48 V akustojännite 12 V jännitteeksi, sitä tarvitseville laitteille. 12 V tasajännitettä käytetään aluksessa ajosähkölaitteiden virransyöttöön ja sisätiloihin tuleville "tupakansytytin" -liittimille, joita voidaan hyödyntää pienten elektronisten laitteiden lataukseen, jos aluksen kaikki 230 V pistorasiat ovat käytössä. Tasajännitemuuntimien hyötysuhteet ovat hieman huonommat kuin vaihtosuuntaajien 85 - 90 %. Tämä ei kuitenkaan aiheuta suuria ongelmia kapasiteetin laskennan kanssa, koska tasajännitemuuntimen tarvitsema teho on pieni.

4.9 Ajosähkölaitteet

Ajosähkölaitteilla tarkoitetaan sellaisia sähköllä toimivia laitteita, joita aluksen kuljettaja tarvitsee operoidakseen asuntolauttaa. Tällaisia laitteita ovat muun muassa mittaristo, josta näkee moottoreiden sen hetkisen tehon ja ajonopeuden sekä navigaatiolaitteisto ja mahdollinen kaikuluotain. Moottorin sähköinen kaasukahva voidaan luokitella ajosähkölaitteeksi. Ajosähkölaitteisiin luetaan myös pilssipumput, joita ensimmäiseen prototyyppiin tulee 8 kappaletta. Pilssipumpun tarkoitus on estää ponttoonien täyttyminen vedellä, jos aluksella on osuttu karille sekä poistaa mahdollinen ilmankosteuden aiheuttama veden kondensoituminen ponttoonien sisään.

4.10 Muut sähkölaitteet

Muihin sähkölaitteisiin luetaan kaikki ei-kriittiset sähkölaitteet, joiden tarkoitus on tehdä asumisesta helppoa ja mukavaa. Aluksen kaikki muut sähkölaitteet käyttävät 230 V jakelujärjestelmää. Näihin sähkölaitteisiin voidaan luetella kuuluvan televisio, radio, äänentoistolaitteet ja ruuanvalmistuksessa ja -säilytyksessä käytettävät laitteet. Näille sähkölaitteille asetettuja rajoituksia ovat laitteen teho ja mahdollinen IP-luokitus, jos laite sijoitetaan aluksen ulkotiloihin. Tehon rajoituksen määrittää invertterin suurin antoteho. Jos laitteen ottoteho on pienempi kuin invertterin antoteho, ei ongelmia pääse syntymään. Taulukossa 2 laskettujen 230 V sähkölaitteiden yhtäaikainen tehontarve on 3450 W, joten invertterin jatkuvan antotehon tulee ylittää 3500 W.

5 SÄHKÖNTUOTANTO

Aluksen sähkömoottorit ja muut sähkölaitteet tarvitsevat sähköä toimiakseen. Aluksen tärkein suunnitteluperiaate on energiaomavarainen toiminta, eli ulkopuoliselle sähkönsyötölle ei ole tarvetta aluksen toimivuuden kannalta. Aluksen sähköenergia tuotetaan paikallisesti täysin päästöttömästi aurinkoenergialla, joka varastoidaan suureen akustoon. Varavoimana käytetään bensiinikäyttöistä aggregaattia, jolla akustoa ladataan. Kolmas tapa tuottaa alukselle sen tarvitsema sähköenergia on käyttää maistasyöttöä akuston lataukseen.

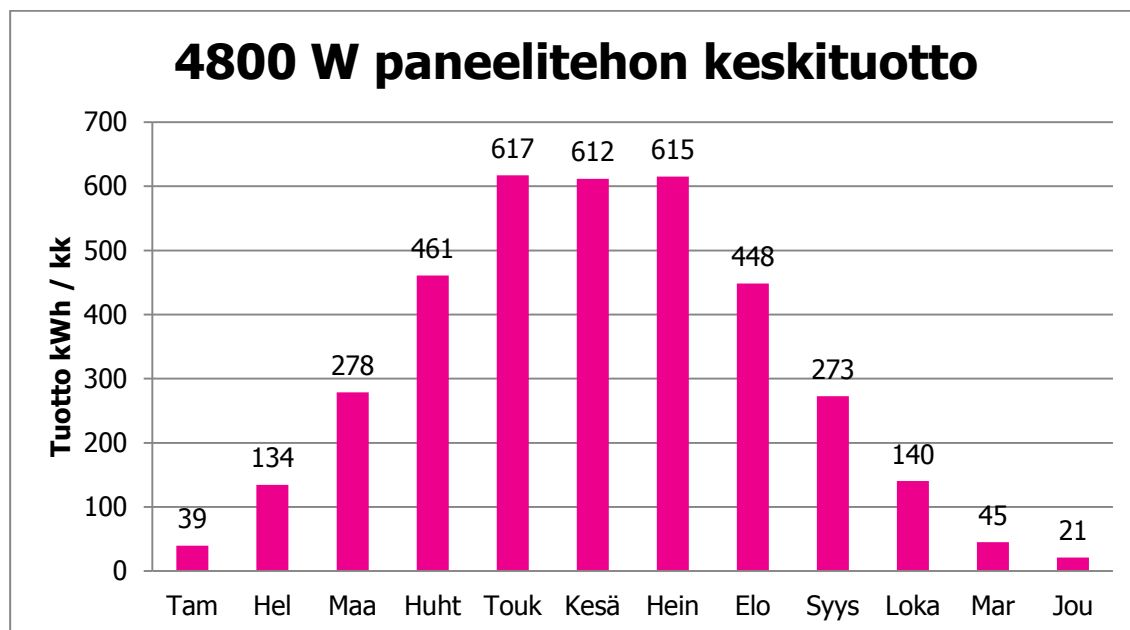
5.1 Aurinkopaneelien tuotto

Aurinkopaneelien keskimääräinen hyötysuhde on tavallisesti noin 15–18 %. Aurinkoenergian säteilynmäärä Kuopion korkeudella on noin 1000 kWh / m² per vuosi. Tämä tarkoittaa että 1 m² kokoisella aurinkopaneelilla on mahdollista tuottaa vuodessa noin 150 – 180 kWh sähköenergiaa.

Aurinkopaneelien asennuskulma, asennussuunta ja sijainti Suomen korkeudella vaikuttaa aurinkopaneelien kokonaistuottoon. Aurinkopaneelien tyypillisimpiä käyttökohteita ovat suuret kiinteistöt, joiden katoille mahtuu huomattava määrä aurinkopaneeleita. Tällä tavalla auringon energiaa hyväksikäyttäen aurinkoisina kuukausina kiinteistöjen ostettavan sähkön määrää saadaan pienennettyä huomattavasti. Suomen pohjoisesta sijainnista johtuen aurinkopaneelit eivät toimi täällä ainoana sähkönlähteenä, koska talvikuukausina auringonsäteilyn määrä on huomattavan vähäistä.

Asuntolautan pääasiallinen käyttöaika alkaa jäiden lähdettyä järivistä ja loppuu ennen jäiden tuloa. Tällä ajanjaksolla myös aurinkoenergian määrä on suurimmillaan, joten se oli luonnollinen valinta omavaraisen lautan pääsähköntuotantotavaksi.

5.1.1 Aurinkopaneelien tuotto asuntolautalla



KUVIO 2. Aurinkopaneelituotto kWh 10° asennuskulmalla Kuopion korkeudella

Kuten kuviosta 2 nähdään, on aurinkopaneelien tuotto-odotus hyvä lautan pääasiallisella ajankäyttöjaksolla. Touko – heinäkuun noin 610 kWh kuukausituotto tarkoittaa päivätasolla noin 20 kWh. Syksymmällä tuotto-odotus kuitenkin laskee, koska päivä lyhenee eli aurinko ei paista yhtä kauan aurinkopaneelille tuottoisasti.

Asuntolautan katto ja aurinkopaneelien suuntaus asettavat kuitenkin omat rajoituksensa. Voidaan ajatella, että vain puolet aurinkopaneeleista voi olla hyvin suunnattuna aurinko kohti. Päivittäinen tuotto-odotus asuntolautan tapauksessa on siis noin puolet mahdollisesta tuotosta eli 10 kWh. 36 kWh akuston lataamiseksi menisi siis reilu kolme päivää latautua tyhjästä täyteen. Pitää kuitenkin huomioida, että akustoa ei ole tarkoitus käyttää missään vaiheessa tyhjäksi, koska se laskee akuston odotettua kestoikää. Sähkönkulutuksen aikana aurinkopaneelit tuottavat kuitenkin energiaa akustoon, joten on mahdollista että akut ovat kokoajan täynnä. Tämä taas edellyttää että aluksella liikutaan hyvin maltillisesti.

5.2 Aggregaatti

Aluksessa täytyy olla varasähkönlähde, jolla eliminoidaan pitkät pilviset ajanjaksot sekä varmistetaan, että aluksella pystytään liikkumaan, vaikka akusto olisikin tyhjä. Aggregaatin valinnassa on tärkeintä ottaa huomioon jatkuva tehontuotto, jotta akkulaturi toimisi täydellä teholla.

Aggregaattia ei ole tarkoitettu käytettäväksi lataamaan akkuja tyhjästä täyteen vaan tarjota akustolle sen verran lisää virtaa, että aluksella päästään ajamaan haluttuun paikkaan esimerkiksi satamaan tai rantaan myrskyn yllättäessä.

5.3 Akkulaturi

Akkulaturi on laite, jolla on tarkoitus ladata akustoa, joko aggregaatilla tai maistasyötöllä. Satamassa, jossa on sähköpistokepaikka, voidaan hyödyntää ulkoista sähkönjakelua, jolloin aluksen akuston kapasiteetti ei pääse tyhjentymään. Vesillä ollessa tai rannassa, jossa ei ole maistasyöttö mahdollisuutta, akustoa voidaan tarvittaessa ladata aggregaatilla.

5.4 Maistasyöttö

Aluksen suunnittelussa otetaan huomioon myös laitureiden ja satamien tarjoama sähkönsyöttö. Tätä sähköä voidaan hyödyntää akuston lataukseen ja sitä kutsutaan maistasyötöksi. Maistasyöttökeskusta suunniteltaessa pitää ottaa huomioon laitureiden suurin sallittu kuormitusvirta.

6 KOMPONENTTIEN VALINTA JA PERUSTELUT

Aluksen komponenteissa päädyttiin pääasiallisesti käyttämään hollantilaisen Victron Energyn laitteistoja. Pääsyy tähän on laitteiden saatavuus ja kilpailukykyinen hinta. Victron Energyllä on myös saatavilla kaikkia alukselle haluttuja sähkötekniisiä laitteita.

6.1 Sähköpropulsio

Aluksen sähköpropulsioksi valitaan kaksi kappaletta Elco Motor Yachtin EP-20 perälautamoottoreita. Kyseiset moottorit sisältävät sähkömoottorit ja ohjaukset. Kyseiset moottorit vastaavat työntövoimallaan 20 hevosvoiman bensiinimoottoreita. Moottoreiden valintaan vaikutti eniten tilaajan toive laadukkaista moottoreista sekä hinta. Karvin Polskan moottorit tarvitsevat 800 ajotunnin jälkeen suuren huollon huoltokeskuksessa. Elco Motor Yachtin EP -moottorit ovat täysin huoltovapaita. Elco Motor Yachtin moottoreissa käytetään samaa teräsrunkoa jota käytetään Yamahan bensiiniperämoottoreissa. Kyseiseen runkoon on saatavissa paljon varaosia ja erilaisia potkureita.

6.2 Akusto

Akuston laskennallinen kapasiteetti on 562 Ah 48 V jännitteellä. Putkilevynesteakun optimaalinen käyttöikä saavutetaan käyttämällä akustoa maksimissaan 75 % akuston varauksesta. Tällä tavalla akuston elinikä on jopa 1300 - 1500 sykliä, eli jopa 15 vuotta (100 sykliä / vuosi). 100 sykliä on asuntolautan laskennallinen käyttöaste vuodessa.

$$\frac{562 \text{ Ah}}{75 \%} = 750 \text{ Ah}$$

Alukselle valitaan 750 Ah putkilevynesteakusto. Putkilevynesteakku tarjoaa ylivoimaisen kestoikä-odotuksen ja syväpurkausominaisuudet verrattuna muihin lyijyakkuihin. Hinnan puolesta litiumioniakusto ei valitettavasti tule kysymykseen tähän alukseen.

Akusto rakennetaan kahdeksasta 12 V ja 375 Ah akusta. 48 V jännite saadaan kytkemällä neljä akua sarjaan ja kytkemällä nämä neljän akun sarjat toisiinsa nähden rinnan. Akuston kapasiteetti määräytyy rinnankytkennän mukaan kun taas jännite sarjaankytkennän mukaan. Tässä tapauksessa alukselle saadaan haluttu jännite ($4 * 12 \text{ V} = 48 \text{ V}$) ja haluttu kapasiteetti ($375 \text{ Ah} * 2 = 750 \text{ Ah}$).

Alukselle valitun putkilevynesteakun kapasiteetti on ilmoitettu 5 tunnin purkauskäyrän mukaisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että akustoa voidaan purkaa 75 A virralla 5 tuntia ($5 * 75 = 375$). Normaaliilla 20 tunnin purkauskäyrällä akuston kapasiteetiksi ilmoitetaan 430 Ah. Laskennallisesti työssä kuitenkin käytetään 5 tunnin purkauskäyrää, koska moottoreiden suurin virta on jopa 165 A / moottori.

6.3 Sähköntuotanto

Aluksen omavarainen sähköntuotanto hoidetaan aurinkopaneeleilla ja aggregaatilla. Pääasiallinen sähköntuotantomenetelmä on päästötön aurinkopaneelisto, jonka rinnalla käytetään aggregaattia turvaamaan akuston latautuminen huonon sääjakson yllättäessä.

6.3.1 Aurinkopaneelit

Aluksen sähköntuotanto hoidetaan ensimmäisessä sähkökäyttöisessä prototyyppimallissa kuudelta toista 300 W ja 24 V monikidepaneelilla, joiden teoreettinen nimellisteho on 4800 W. Paneelien määrää rajoittaa prototyyppialuksen katon pinta-ala joka on noin 32 m² ja yhden paneelin koko 2 m². Paneelit asennetaan lautan katolle ja kytketään toisiinsa 4 paneelin sarjoissa rinnan. Näin paneelien suurin jännite ei ylitä lautassäätimen suurinta jännitettä (150 V).

Aluksen kattoa on tarkoitus hyödyntää aurinkopaneelien sijoittelussa mahdollisimman paljon. Prototyyppialuksen katolle mahtuu noin 32 m² aurinkopaneeleita. Ensimmäisessä prototyyppissä katolle on tarkoitus mahtua 16 kpl 300 W monikidepaneeleita. Yhden paneelin koko on noin 2 m², jolloin koko aluksen katto tulee aurinkopaneelien käyttöön. Kuusitoista kappaletta 300 W paneeleita tarkoittaa 4800 W teoreettista maksimitehoa. Paneelityypin valintaan vaikutti monikidepaneelien halvin hinta ja sen hieman parempi kyky vastaanottaa hajasäteilyä. Monikidepaneeli ei ole myöskään niin herkkä suuntaukselle, mutta saatavissa oleva teho pinta-alaa kohti on huonompi kuin yksikidepaneelilla. Ohutkalvopaneelien huonomman hyötysuhteen vuoksi, katolle olisi saatu mahtumaan vain 3600 – 4000 W tehoinen ohutkalvopaneelisto.

Aluksen katon muodon takia osa paneeleista on aina huonosti suunnattuna kohti aurinkoa. Tämä tarkoittaa, että huonosti suunnattuna oleva osa paneeleista ei tuota tehoa lainkaan tai tuotto on hyvin vähäistä. Tämän vuoksi aluksen monikidepaneelien määrä on pidettävä suurena ja ylimitoitettuna, jotta päivittäinen energiantuotto olisi mahdollisimman suurta. Aluksen kuljettajan ei tarvitse miettiä miten päin lautan asemoi laituriiin tai ankkuroi järvelle, koska osa paneeleista on aurinkoon nähden hyvässä kulmassa. Järven pinnan aiheuttamaa auringonsäteilyn hajasäteilyä ei pidä myöskään unohtaa, mutta sen hyöty selviää vasta ensimmäisissä mittauksissa.

6.3.2 Lataussäädin

Aurinkopaneelin lataussäätimiksi valitaan kaksi kappaletta Victron Energyn BlueSolar Charge Controller MPPT -lataussäädintä, joiden latausvirrat ovat 70 A ja suurin mahdollinen aurinkopaneeliteho 4000 W. Lataussäätimet kytketään toimimaan rinnakkain Victron Energyn omilla älyliitännöillä.

Victron Energyllä olisi saatavilla myös tehokkaampia lataussäätimiä jopa 5800 W aurinkopaneelitehoon asti. Laitaan valitaan kaksi lataussäädintä, koska tilaajan toive oli että sähköntuotanto ei katkeaisi mahdollisten huoltotöiden tai laiterikon takia.

6.4 Invertteri, akkulaturi ja maistasyöttö

Victron Energyllä on valmistuksessa laite, joka sisältää kaikki otsikossa mainitut ominaisuudet. Laitteen tarkka mallinimi on Victron Energy Quattro Inverter/Charger 48/5000/70-100/100. Kyseinen laite toimii 230 V invertterinä 4 kW jatkuvaan tehoon asti ja jopa 10 kW tehoon hetkellisesti.

Laitte sisältää myös tehokkaan 70 A laturin latausjännitteen ollessa akuston varauksesta riippuen 52,8 – 57,6 V. Tehokkaalla laturilla ison akuston lataus sujuu nopeasti. 750 Ah akuston lataaminen 70 A akkulatauslaitteella kestää aggregaatin ja maasähköliittymää käytettäessä jopa yli 10 tuntia. Pitää kuitenkin muistaa, että akkuja ei ole taloudellisesti järkevää ladata kalliilla bensiinillä täyteen, vaan ladata akustoa sen verran kuin kyseisellä kerralla on tarve. Maistasyöttö ei aseta laiturille teknisiä rajoitteita, koska Quattrossa voidaan rajoittaa akuston latausvirtaa suurimman saatavilla olevan sulakekoon mukaiseksi. (Victron Energy, 2016)

6.5 Aggregaatti

Bensiinikäyttöinen aggregaatti valmistetaan tilaajan toiveiden mukaisesti. Aggregaatin teknisinä vaatimuksina on tuottaa tarvittavan suuri jatkuva teho akkulaturille ja sähkökäynnistys. Aggregaatin valmistaa Hollolan Sähköautomaatiikka Oy. (Hollolan Sähköautomaatiikka, 2016)

7 JATKOKEHITTÄMISSUUNNITELMAT

Aluksen prototyypin on tarkoitus valmistua kesälle 2016, jonka jälkeen tärkeimmät sähkölaitteet asennetaan alukselle. Aluksen lataussäätimeltä saadaan tarkkaa tietoa aurinkopaneelien sähkötuotannosta, akuston jännitteestä yms. Näitä tietoja hyväksikäyttäen Savonia-amk:n opiskelijoiden 4. vuosikurssin opiskelijat tekevät jatkosuunnitelman sekä sähköisten komponenttien optimointeja. Jos akusto osoittautuukin ylisuureksi, sitä voidaan pienentää tai toisinpäin.

Projektiryhmä tehtävänä on tehdä tuotantoalukselle sähkösuunnitelma, johdotuskaaviot, pistorasiat ja valaistussuunnittelu, piirikaavio ja keskuskaavio.

Projektiryhmä voisi miettiä saadaanko 48 voltin ilmalämpöpumpun käyttämisellä mainittavaa hyötyä. Lisäisikö se lautan käyttömäärää vielä suuremmaksi, jolloin lautan käyttö ulottuisi vielä aikaisemmas- ta keväästä myöhäisempään syksyyn?

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyöprojektin tekeminen on ollut hyvin haastavaa ja opettavaista. Työn tekeminen on vaatinut lukemattomia selvitystyötunteja ja kymmenien sähköpostiviestien lähettämistä. Tärkeintä ja haastavinta on ollut selvittää sähkölaitteistolta vaadittavat ominaisuudet. Haastetta lisäsi tasapainotelu sopivan akustokapasiteetin valinnan kanssa, joten sen selvittäminen projektin alkuvaiheessa helpottaisi koko projektin hahmottamista.

Projektin haastavuutta lisäsi myös alkuperäinen suunnitelma tehdä bensiinikäyttöinen lautta, jossa on pieni aurinkopaneelituotanto kulutuselektroniikkaa ja ruuanvalmistusta varten. Sähkökäyttöistä lauttaa pidettiin silloin tulevaisuuden kehityskohteena. Alkuperäisen suunnitelman mukainen konversio bensamoottoreista sähköpropulsioksi osoittautuikin odotettua haastavammaksi ja työläämmäksi, joten bensiiniversio hyllytettiin kokonaan ja työssä keskityttiin pelkästään sähköpropulsioversioon.

Opinnäytetyön tärkein tavoite eli sähköisten komponenttien valinta energiaomavaraiselle asuntolautalle saatiin tehtyä. Tuloksena saatiin asuntolautalla tarvittavat pääkomponentit sekä tieto vesistöillä tarvittavista määräyksistä ja vaatimuksista. Työn tilaaja pystyy opinnäytetyön perusteella rakentamaan energiaomavaraisen asuntolautan.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

AREVASOLAR 2016, Aurinkopaneelisuunnitteluohjelmisto. [Viitattu 2016-04-15] Saatavissa: <http://arevasolar.fi/fi/aurinkolaskuri>

ELCO MOTOR YACHT, 2016. Elco EP-7 perälautamoottori [digikuva]. Valmistajan kotisivut. Saatavissa: <http://www.elcomotoryachts.com/ep-14.shtml>

ESKOLA, Miikka 2011. Energiavarastojen mitoitus laivasähköjärjestelmään. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Teknillinen tiedekunta. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. Viitattu [2016-05-10] Saatavissa: <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/69814/nbnfi-fe201105271621.pdf?sequence=3>

HOLLOLAN SÄHKÖAUTOMATIikka 2016. Varavoimalaitteisiin valmistukseen erikoistunut yritys. Viitattu [2016-05-15]. Saatavissa: <http://hsaoy.com/hsa/index.htm>

JESKANEN, Pave 2014. Kannettava kaiutinyksikkö. Lahden ammattikorkeakoulu. Tekniikan ala. Opinnäytetyö. Viitattu [2016-05-12] Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/72672/jeskanen_pave.pdf?sequence=1

KARVIN POLSKA, 2016. Karvin 5500 perälautamoottori [digikuva]. Valmistajan kotisivut. Saatavissa: http://www.karvin-polska.com/tech/s_karvin_5500_LW.jpg

MOTIVA 2016a. Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus [Viitattu 2016-04-15], Saatavissa: http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/aurinkosahkojarjestelman_mitoitus

MOTIVA 2016b. Aurinkosäteilyn määrä Suomessa [Viitattu 2016-04-15], Saatavissa: http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringsateilyn_maara_suomessa

MOTIVA 2016c. Auringosta sähkö [Viitattu 2016-04-13], Saatavissa: http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringosta_sahkoa

RISSANEN, Pekka 2014-06-22 Asuntolautan protyyppi [Digikuva] Google Drive [verkojulkaisu]. Tekijän sähköiset kokoelmat

SUOMEN AKUT. Exide Classic putkilevyakku [Viitattu 2016-04-15], Saatavissa: http://suomenakut.fi/index.php?main_page=product_info&products_id=4010

TRAFI 2016a. Huvivenedirektiivi, suunnitteluluokat [viitattu 2016-04-13], Saatavissa: <http://www.trafi.fi/veneily/veneilyturvallisuus/huvivenedirektiivi/suunnitteluluokat>

TRAFI 2016b. Merituvaluus: Alusten sähköasennukset [Viitattu 2016-05-17] Saatavissa:
http://www.trafi.fi/merenkulku/saadokset/kansalliset_maaraykset

VICTRON ENERGY 2016. Victron Quattro inverter/charger [Viitattu 2016-04-10], Saatavissa:
<https://www.victronenergy.com/upload/documents/Datasheet-Quattro-3kVA-10kVA-EN.pdf>

VIITANEN, Janne 2010. Aurinkosähköjärjestelmän yhdistäminen LED-valaistukseen tasajännitteellä.
Aalto-Yliopisto. Elektroniikan laitos. Valaistusyksikkö. Diplomityö. Viitattu [2016-04-20] Saatavissa:
<http://lib.tkk.fi/Dipl/2010/urn100279.pdf>