



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Nicolette Edevbaro

Merikonttiin mitoitettu vedenpuhdistus- järjestelmä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinöörityö

9.12.2019

Tekijä Otsikko	Nicolette Edevbaro Merikonttiin mitoitettu vedenpuhdistusjärjestelmä
Sivumäärä Aika	72 sivua + 2 liitettä 9.12.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Energia- ja ympäristötekniikka
Ammatillinen pääaine	-
Ohjaajat	Lehtori Tomi Hämäläinen
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella merikonttiin mahtuva, aurinkoenergialla toimiva vedenpuhdistusjärjestelmä. Opinnäytetyö oli jatkoa Sonja Salon [2019] opinnäytetyölle. Työ tehtiin Metropolian Ammattikorkeakoululle.</p> <p>Opinnäytetyössä valittiin neljästä eri Sonja Salon [2019] opinnäytetyössä esitellyistä, itse suunnitelluista käänteisosmoosijärjestelmäehdotelmista sopivimmat ja suunniteltiin niihin perustuen toimiva vedenpuhdistusjärjestelmä. Lisäksi selvitettiin järjestelmän kustannukset. Tietoa laitteiston suunnitteluun kerättiin internetistä tietokannoista, laitteiston valmistajilta ja kirjallisuudesta.</p> <p>Työn tuloksena valmistui suunnitelma merikonttiin rakennettavasta järjestelmästä. Järjestelmään valittiin akusto, aurinkopaneelit, käänteisosmoosilaitte, pumput, vedenpehmittin, esisuodatinpaketti ja laitteiden oheislaitteet. Lisäksi selvitettiin järjestelmän kustannukset.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä esitelty merikonttisuunnitelma voidaan toteuttaa rakentamalla järjestelmä käytännössä. Lisäksi opinnäytetyön pohjalta voidaan jatkaa järjestelmän tarkempaa mitoitusta suunnittelemalla esim. kiinnitykset aurinkopaneeleille, paineistetun jäteveden hyödyntäminen tai mitoittamalla järjestelmä kohdealueelle.</p>	
Avainsanat	käänteisosmoosi, merikontti, aurinkojärjestelmä

Author Title	Nicolette Edevbaro Reverse Osmosis System Sized Into a Shipping Container
Number of Pages Date	72 pages + 2 appendices 9 December 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Energy and Environmental Engineering
Professional Major	-
Instructors	Tomi Hämäläinen, Senior Lecturer
<p>The aim of this Bachelor's thesis was to design a solar powered water purifying system into a shipping container. The thesis is a continuation of Sonja Salo's [2019] Bachelor's thesis. The client of the thesis was Metropolia University of Applied Sciences.</p> <p>In this thesis suitable water purifying models from Sonja Salo's [2019] thesis were selected to be the basis for designing the system further. The system's equipment was picked appropriately, and the cost of the system was calculated. Information was collected from internet resources.</p> <p>The result of the thesis was a water purifying system that worked with solar power and a reverse osmosis system. Batteries, solar panels, an inverter, an array box, a reverse osmosis system, a water softener, filters and other required equipment such as cables were picked for the system. The equipment was sized to fit in the shipping container and the needs of the system.</p> <p>The aim of this thesis was to be a continuation to Sonja Salo's [2019] thesis as well as the basis for future theses. The designed system can be used to build the system in practice or to design the fastenings for the system's solar panels or the utilization of the pressurized waste water.</p>	
Keywords	shipping container, reverse osmosis, solar system

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Aurinkopaneelit ja oheislaitteet	2
2.1	Aurinkopaneelit	2
2.2	Aurinkopaneelien kytkentä	5
2.3	Kiinnitystelineet	9
3	Akusto ja oheislaitteet	13
3.1	Akusto	14
3.2	Akuston kytkentä	16
4	Invertteri, MPPT-säädin ja oheislaitteet	18
4.1	Invertteri	18
4.2	Kulutuslaitteiden kytkentä	21
5	Ryhmäkeskus ja jakorasia	23
6	Esisuodattimet ja liittimet	24
6.1	Esisuodattimet	25
6.2	Esisuodattimien liittimet	28
7	Vedenpehmennin ja liittimet	30
7.1	Vedenpehmennin	31
7.2	Vedenpehmentimen liittimet	33
8	Käänteisosmoosilaitte ja liittimet	36
8.1	Käänteisosmoosilaitte	36
8.2	Käänteisosmoosilaitteen liittimet	38
9	Pumput, säiliö ja oheislaitteet	39
9.1	Raakavesipumppu ja liittimet	39

9.2	Puhdasvesipumppu ja liittimet	41
9.3	Sulanapitokaapeli ja säiliö	43
10	Putkisto	44
11	Maadoitus ja potentiaalintasaus	47
12	Kontti ja laitteiston mitoitus konttiin	52
12.1	Akut	52
12.2	Invertteri ja ryhmäkeskus	53
12.3	Aurinkopaneelit	54
12.4	Käänteisosmoosilaitte, vedenpehmentin, esisuodattimet, pumput ja säiliö	55
13	Paineistetun jäteveden hyödyntäminen	57
14	Järjestelmän mittatiedot ja kustannukset	60
15	Yhteenveto	61
	Lähteet	62
	Liitteet	
	Liite 1. Laitteiston kustannukset	
	Liite 2. Laitteiston massa	

Lyhenteet

AC	Alternating Current. Vaihtovirta, eli sähkövirta, jonka suunta vaihtelee ajan funktiona.
AGM	Absorbent Glass Matt. Imeytetty lasikuitumatto.
Ah	Ampeeritunti. Ampeerin sähkövirran kuljettama sähkövaraus tunnin aikana.
All-in-one	Kahden tai useamman toiminnon yhdistäminen yhteen yksikköön.
CIP	Clean-in-Place. Puhdistusprosessi, jossa laitteisto puhdistetaan paikan päällä.
cP	Senttipoisi. Dynaamisen viskositeetin yksikkö.
DC	Direct Current. Tasavirta eli sähkövirta, jonka suunta ei muutu.
EPDM	Etyleenipropyleenidieenikumi. Synteettinen kumi.
HCl	Vetykloridi. Suolahappo.
IPxx	Ingress Protection. Kertoo laitteen koteloinnin tiiveyden.
KEVI	Kelta-Vihreä. Keltavihreä raidallinen johdin.
LED	Light-Emitting Diode. Puolijohdekomponentti, joka tuottaa valoa, kun sähkövirta kulkee sen läpi.
LifePo4	Litium-rautafosfaatti.
MC4	Valmistajan Multi Contact, 4 mm:n liitin.

MPPT	Maximum Power Point Tracking. Laite, joka hakee korkeimman paneelijännitteen ja virran leikkauspisteen aurinkopaneelien hyötysuhteen parantamiseksi.
NaOH	Natriumhydroksidi.
NPT	National Pipe Thread Taper. Yhdysvalloissa käytetty standardi putkiliittimien kierteille.
PERC	Passivated Emitter and Rear Contact. Aurinkokennojen passiivinen taakaemitteri solutekniikka.
PEX	Ristisiiloitettu polyeteeni.
PV	Photovoltaic. Auringon säteilyn muunto sähköenergiaksi.
PVC	Polyvinyyliklorid. Halogenoitu muovi, johon on lisätty klooria
rpm	Revolutions per minute. Kierrosta minuutissa.
UV	Ultravioletisäteily. Sähkömagneettinen säteily.
Wh	Wattitunti. Watin teho tunnin ajan.

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella aurinkoenergialla toimiva vedenpuhdistusjärjestelmä merikonttiin. Työssä valitaan laitteet järjestelmään sekä selvitetään niiden kustannukset. Työn perustana käytetään Sonja Salon [2019] opinnäytetyötä.

Työn tilaaja on Metropolia Ammattikorkeakoulu. Metropolia Ammattikorkeakoulu on pääkaupunkiseudulla toimiva ammattikorkeakoulu, jossa koulutetaan kulttuurin, liiketalouden, sosiaali- ja terveysalan sekä tekniikan ammattilaisia. Se on hakijamäärältään Suomen suurin korkeakoulu ja sillä on 69 tutkinto-ohjelmaa. [Metropolia Ammattikorkeakoulu - Osaamista ja oivallusta tulevaisuuden tekemiseen.]

Tässä opinnäytetyössä suunnitellaan vedenpuhdistusjärjestelmä niin, että Metropolia Ammattikorkeakoulu voi tulevaisuudessa hyödyntää sitä. Saman tyyppisiä järjestelmiä on valmistettu yritysten toimesta sekä armeijakäyttöön. Näiden laitteistosta on kuitenkin vain vähän tietoa internetissä. Tämä opinnäytetyö mahdollistaa tutustumisen kyseisen järjestelmän laitteistoon ja vaatimuksiin.

Työn tavoitteena on suunnitella Sonja Salon [2019] opinnäytetyössä esiteltyjen käänteis-osmoosijärjestelmien pohjalta vedenpuhdistusjärjestelmä. Työssä valitaan järjestelmälle laitteisto ja mitoitetaan se mahtumaan standardikokoiseen merikonttiin. Tässä opinnäytetyössä suunnitellun vedenpuhdistusjärjestelmän pohjana käytetään Sonja Salon [2019] opinnäytetyön malleja 1 ja 3. Järjestelmään valitaan sopivat aurinkopaneelit, akusto, pumput, suodattimet, vedenpehmentin, säiliö ja käänteisosmoosilaitte sekä selvitetään järjestelmän kustannukset. Lisäksi työssä pohditaan pintapuolisesti järjestelmän aurinkopaneelien kiinnitysmekanismia ja järjestelmän ulostulevan paineistetun veden hyödyntämismahdollisuuksia. Tavoitteena on, että järjestelmä voidaan kuljettaa mihin päin maailmaa tahansa ja että se on helposti käyttöön otettavissa. Järjestelmän tavoitteellisia käyttökohteita ovat esimerkiksi hätämajoitusleirit, syrjässä olevat asutukset ja luonnonkatastrofialueet. Tässä opinnäytetyössä käytetään Sonja Salon [2019] työssä mainittuja päiväntasaajan olosuhteita esimerkkimitoituksen mahdollistamiseksi.

2 Aurinkopaneelit ja oheislaitteet

Aurinkopaneelien valinnassa keskityttiin etenkin yksikidepaneeleihin sekä PERC (Passivated Emitter and Rear Contact) -tekniikalla valmistettuihin aurinkopaneeleihin. Aurinkopaneeleja on erityyppisiä. Ne eroavat toisistaan niiden valmistustavan ja -materiaalin suhteen. Yksikidepaneelit valmistetaan kasvattamalla piikiteen kokoa. Monikidepaneeleissa pii sulatetaan ja valetaan muotoon. Yksikidepaneelit ovat hyötysuhteeltaan parempia kuin monikidepaneelit, ja ne sietävät paremmin kuumuutta. Yksikidepaneelien heikkoutena on niiden herkkyys lialle ja varjostumiselle. Lisäksi yksikidepaneelit ovat usein monikidepaneeleja kalliimpia. [Saviranta 2016; Tietoa aurinkopaneeleista.]

PERC-aurinkopaneeleissa on hyvä tuotto pienellä säteilyteholla. PERC-solurakenteella saadaan parempi tehokkuus kuin tavanomaisilla aurinkokennoilla. Tämä mahdollistaa korkeimmillaan 1 %:n absoluuttisen tehokkuuden lisäyksen. [PERC cell technology explained 2018; Amerisolar PERC aurinkopaneeli 300W, yksikide.]

2.1 Aurinkopaneelit

Järjestelmään valitaan Amerisolarin PERC 300 W:n aurinkopaneeli (kuva 1). Se on 24 V:n ja 9,7 A:n yksikidepaneeli. Sen mitat ovat korkeus 1 640 mm, leveys 992 mm ja syvyys 35 mm. Aurinkopaneeli painaa 19 kg. [300W aurinkopaneeli.]



Kuva 1. Amerisolar 300 W:n yksikidepaneeli [Syystarjous! Aurinkopaneeli 300W yksikide PERC].

Aurinkopaneelille on luvattu 91,2 %:n tehontuotto 12 vuoden ikään asti sekä 80,60 %:n tehontuotto 30 vuoden ikään asti. Aurinkopaneeli on varustettu kytkentärasialla, jossa on kaksi kaapelia ja MC4-liittimet. Kaapeleiden pituudet ovat noin 800 mm. Kuvassa 2 on esitetty aurinkopaneelin teknisiä tietoja. [Amerisolar PERC aurinkopaneeli 300W, yksikide; 300W aurinkopaneeli.]

ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT STC							
Nominal Power (P_{max})	275W	280W	285W	290W	295W	300W	305W
Open Circuit Voltage (V_{OC})	38.6V	38.8V	39.0V	39.2V	39.4V	39.6V	39.8V
Short Circuit Current (I_{SC})	9.29A	9.37A	9.45A	9.53A	9.62A	9.70A	9.79A
Voltage at Nominal Power (V_{mp})	31.4V	31.6V	31.8V	32.0V	32.2V	32.4V	32.6V
Current at Nominal Power (I_{mp})	8.76A	8.87A	8.97A	9.07A	9.17A	9.26A	9.36A
Module Efficiency (%)	16.90	17.21	17.52	17.83	18.13	18.44	18.75
Operating Temperature	-40 °C to +85 °C						
Maximum System Voltage	1500V DC						
Fire Resistance Rating	Class C						
Maximum Series Fuse Rating	15A						

STC: Irradiance 1000W/m², Cell temperature 25 °C, AM1.5

Kuva 2. Amerisolar 300 W:n aurinkopaneelin teknisiä tietoja [AS-6M30-295W: 2].

Aurinkopaneelin yksikköhinta on noin 150 euroa. Aurinkopaneelit eivät vaadi varsinaista huoltoa, koska niissä ei ole liikkuvia osia. Ne tulee tarpeen vaatiessa puhdistaa pehmeällä harjalla tai suihkuttamalla niitä vesiletkulla. Aurinkopaneelin sähköliittimet ja mekaaniset liittimet tulee säännöllisesti tarkastaa. [300W aurinkopaneeli; Installation Manual: 6; Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus, asennus ja huolto; Usein kysytyä aurinkopaneeleista.]

Tässä opinnäytetyössä käytetään esimerkkimitoitukseen päiväntasaajan olosuhteita. Aurinko paistaa päiväntasaajalla noin kahdeksan tuntia vuorokaudessa [World sunshine map: 50]. Mitoitetaan järjestelmä toimimaan 24 tuntia vuorokaudessa. Järjestelmän käänteisosmoosilaitteen, invertterin, pumppujen ja vedenpehmentimen arvioitu yhteiskulutus on

$$(350W + 35W + 31,176W + 76,4W + 30W + 44W) * 24 = 13\,597,824Wh.$$

Tässä käänteisosmoosilaitteen kulutus on 350 W, jossa korkeapainepumpun virtaus on 550 l/h ja paine on 23 bar. 35 W on invertterin kulutus nollakuormalla. 31,176 W on puhdasvesipumpun kulutus, kun paine on 2,4 bar ja virtaus on 467,5 l/h. 467,5 l/h on käänteisosmoosilaitteen jälkeen maksimihyötysuhteella saatava virtaus, eli 85 % 550 l/h virrasta. 76,4 W on raakavesipumpun kulutus, kun paine on 5 ja virtaus on 550 l/h. 30 W on vedenpehmentimen kulutus. 44 W on sulanapitokaapelin kulutus.

Järjestelmään mitoitetaan yhdeksän aurinkopaneelia kattamaan kulutus. Yhdeksän aurinkopaneelia tuottaa päiväntasaajalla vuorokaudessa

$$9 * 300W * 8h = 21\ 600Wh.$$

Yhdeksän aurinkopaneelin pinta-ala on

$$(1,64m * 0,992m) * 9 = 14,642m^2.$$

MPPT (Maximum Power Point Tracking) -säätimen hyötysuhde on 98 %. MPPT-säätimen jälkeen käytettävää tehoa on

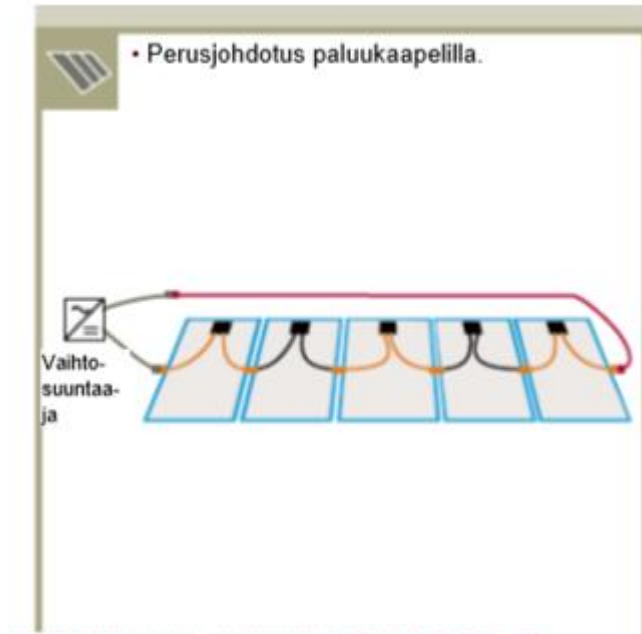
$$21\ 600Wh * 0,98 = 21\ 168Wh.$$

Invertterin hyötysuhde on 95 %. Kulutuslaitteille kokonaisuudessaan menevä tehon määrä on

$$21\ 168Wh * 0,95 = 20\ 109,6Wh.$$

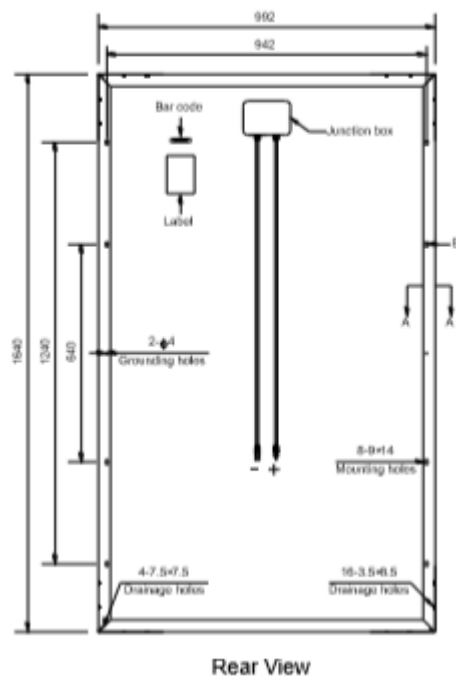
2.2 Aurinkopaneelien kytkentä

Yhden aurinkopaneelin avoimen piirin jännite on 39,6 V. Invertterin suurin aurinkopaneelien avoimen piirin jännite on 150 V. Invertterissä on kolme aurinkopaneeliliitäntää. Suunnitellaan aurinkopaneelit kolmen ryhmiin. Kytetään kolmen aurinkopaneelin ryhmä sarjaan, jolloin avoimen piirin jännitteeksi tulee 118,8 V. Nämä ryhmät liitetään invertterin kolmeen tuloon. Kuvassa 3 on havainnollistettu aurinkopaneelien kytkentää sarjaan. [EasySolar 3 kVA & 5 kVA Color Control -paneelilla: 2; AS-6M30-295W: 2.]



Kuva 3. Aurinkopaneelien kytkentä [Aurinkopaneelien asennus- ja käyttöohje 2016: 17].

Järjestelmään valitun aurinkopaneelin takaosassa on kaksi kaapelia MC4-liittimillä [AS-6M30-295W: 2]. Kuvassa 4 on esitetty aurinkopaneelin takaosa.



Kuva 4. Amerisolar 300 W:n aurinkopaneelin takaosa [AS-6M30-295W: 2].

Mitoitetaan yksi aurinkopaneeliryhmä 3 m:n päähän invertteristä, toinen aurinkopaneeliryhmä 6 m:n päähän invertteristä ja kolmas aurinkopaneeliryhmä 9 m:n päähän invertteristä. Aurinkopaneelien kaapeleiden pituuksiksi tulee 3 m, 6 m ja 9 m. Kaapeleiden halkaisijan mitoittamiseen vaikuttaa mm. virta, jännite ja kaapelin pituus. Käytetään kaapelin poikkipinta-alan selvittämiseen yksinkertaistettua kaavaa [Usein kysyttyä.]

$$\frac{L \cdot I}{16} \quad (1)$$

jossa L on kaapelin pituus metreinä ja I on kaapelissa kulkeva virta ampeereina [Usein kysyttyä]. 3 m:n kaapelin minimipoikkipinta-ala on

$$\frac{3m \cdot 9,7A}{16} = 1,819mm^2.$$

6 m:n kaapelin minimipoikkipinta-ala on

$$\frac{6m \cdot 9,7A}{16} = 3,638mm^2.$$

9 m:n kaapelin minimipoikkipinta-ala on

$$\frac{9m \cdot 9,7A}{16} = 5,456mm^2.$$

Kaapeleiksi valitaan poikkipinta-alaltaan 6 mm²:n kuparikaapelit. Kaapelit suunnitellaan sijoittamaan ulkotiloissa, jolloin niiden tulee soveltua ulkokäyttöön ja kestää UV-säteilyä. Valitut kaapelit ovat UV-säteilyä ja säätä kestävä, tuplasti eristetyt aurinkokaapelit. Kaapelit sopivat vakinaiseen ulkokäyttöön ja niiden odotettu käyttöikä on 25 vuotta. Kaapeleiden käyttölämpötila on –40...+90 °C. Kaapeleita tulee kaksi kappaletta pakkauksessa ja pakkauksen hinta on 3,00 euroa/m. Kaapeleita mitoitetetaan 20 m järjestelmään. Valittujen kaapeleiden teknisiä tietoja on esitetty kuvassa 5. [Salo 2019: 8; Ege solar PV1-F twin cables; Usein kysyttyä.]

Technical Characteristics	
Standards	2 Pfg 1169/08.2007
AC Nominal Voltage	600V / 1000V
AC Test Voltage	6.500V, 50Hz
Conductor Type	Fine stranded tinned copper (EN 60228, Class 5)
Insulation (Core) Material	Flame retardant, halogen free and crosslinked compound (LSZH-FR)
Outer Sheath Material	Flame retardant, halogen free and crosslinked compound (LSZH-FR)
Temperature Range (min./max.) (°C)	- 40 / + 90
Minimum Bending Radius (mm)	3xØ (outer diameter)
Insulation Color	Blue, red
Sheath Colours	Black
Outer Sheath Marking	EGE KABLO SOLAR TWIN PV1-F 2x10mm ² 0,6/1 kV CE (Part no) (Meter Marking)
Pack	Coil
Packing Quantity	100 meters

Kuva 5. Aurinkopaneelikaapeleiden teknisiä tietoja [Ege solar PV1-F twin cables].

Kaapeleiden liittiminä käytetään MC4-liittimiä (kuva 6). Liittimet ovat yleisimmin käytössä olevat aurinkopaneeliliittimet. Niillä on IP67 (Ingress Protection) -suojaus, joka tarkoittaa, että laite on pöly- ja vesitiivis. Sillä on suojaus voimakkaalta vesisuihkulta ja aaltojen roiskeilta, ja se on vesitiivis 30 min 1 m:n syvyydessä. [Aurinkopaneelin MC4 liitinsarja IP67; IP-arvot.]



Kuva 6. MC4-liittimet [Aurinkopaneelin MC4 liitinsarja IP67].

Yhden MC4-liitinpakkauksen hinta on noin 10 euroa. Pakkauksessa on uros- ja naarasliittimet. Liittimet voidaan liittää käsin, ilman työkaluja. Järjestelmään mitoitetaan 6 paria liittimiä. [Aurinkopaneelin MC4 liitinsarja IP67.]

2.3 Kiinnitystelineet

Tässä opinnäytetyössä ei suunnitella aurinkopaneelitelineitä kokonaisuudessaan. Maa-asennuksella toteutetuille aurinkopaneelitelineelle esitellään muutama ehdotus. Lisäksi mainitaan muista huomioonotettavista seikoista kiinnitystelineitä suunniteltaessa.

Sopivat kiinnitystelineet riippuvat mm. kohteesta ja esim. kohteen maaperästä. Telineitä suunniteltaessa tulee laskea mukaan kohteen pysyvät kuormat, kuten epätasaiset painamat, ja muuttuvat kuormat, kuten hyöty-, tuuli- ja lumikuormat. Lisäksi tulee ottaa huomioon mahdolliset onnettomuuskuormat kuten ajoneuvojen törmäykset. [Punkkinen 2017: 23; Aurinkoenergia ja aurinkosähkö Suomessa 2019.]

Maatelineiden perusteina käytetään esim. betonilaattoja tai maaruuveja. Kivisillä alueilla, joissa maaperä kykenee kantamaan rakenteen painon, voidaan käyttää betonisia perusteita. Maaperän kantokyvyn ollessa riittämätön alueelle voidaan asentaa ruuvipaaluja. Aurinkopaneelitelineet voidaan myös asentaa suoraan maahan, mikäli aurinkopaneelien puhdistuksesta ja varjostumisen estämisestä pidetään huolta. Tällöin käytetään samankaltaisia telineitä kuin tasakatolle asennettaessa. Suoraan maahan asennettaessa voidaan myös käyttää säädettävää asennuskolmiota ja kiinnitys voi tapahtua esim. painolla. [Aurinkopaneelien asentaminen 2016; Punkkinen 2017: 6; Aurinkoenergia ja aurinkosähkö Suomessa 2019.]

Aurinko paistaa päiväntasaajalla kohtisuoraan taivaalta. Mikäli järjestelmä kuljetetaan päiväntasaajalle, aurinkopaneelikiinnitys voidaan suunnitella loivan katon paneelikiinnityksen tapaan. Loivan katon kiinnitystelineessä ei ole kulmaa. Kiinnitystä on hahmotettu kuvassa 7. [Mikä on aurinkopaneelien hinta ja kuinka paljon sähköä ne tuottavat.]



Kuva 7. Loivan katon aurinkopaneelikiinnitys [Mikä on aurinkopaneelien hinta ja kuinka paljon sähköä ne tuottavat].

Loivan katon aurinkopaneelikiinnitykset voidaan toteuttaa käyttämällä alumiinikiskoja ja pikakiinnikkeitä. Kuvassa 8 on esitetty aurinkopaneelin asennuskisko. Kiskon mitat ovat pituus 2 100 mm, korkeus 30 mm ja leveys 30 mm. [Schletter alumiinikisko 30x30x2100.]



Kuva 8. Aurinkopaneelin asennuskisko [Schletter alumiinikisko 30x30x2100].

Aurinkopaneeli kiinnitetään kiskoon kiinnikkeillä. Kuvassa 9 on esitetty T-kiinnike. Kyseinen T-kiinnike on 30–40 mm:n korkuinen. Aurinkopaneelikiinnitystelineeseen tulee myös hankkia L-jalkakiinnikkeet, päätykiinnikkeet ja keskikiinnikkeet. [Schletter aurinkopaneelin keskikiinnike 30-40mm 2019.]



Kuva 9. Aurinkopaneelin ja asennuskiskon kiinnike [Schletter aurinkopaneelin keskikiinnike 30-40mm 2019].

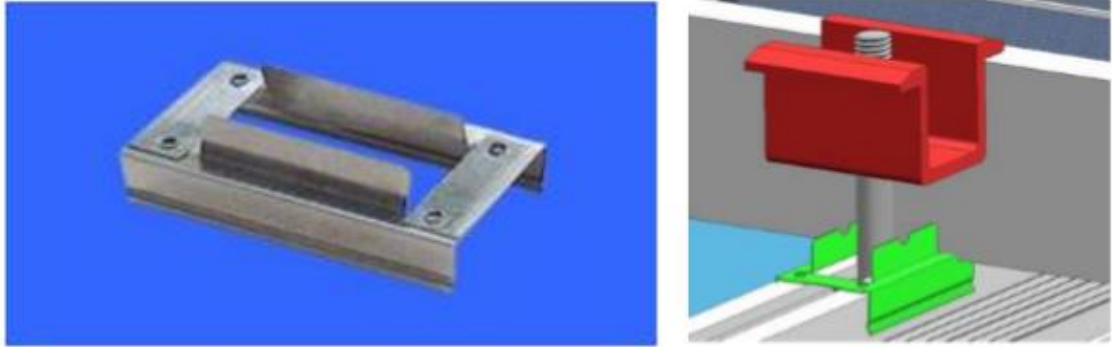
Järjestelmä suunnitellaan niin, että sen voi kuljettaa minne päin maailmaa tahansa. Tästä johtuen aurinkopaneelitelineet kannattaa suunnitella asennuskulmaa säädettävillä asennuskolmioilla. Säädettävää asennuskolmiota on hahmotettu kuvassa 10.



Säädettävä kallistus kohteen mukaan

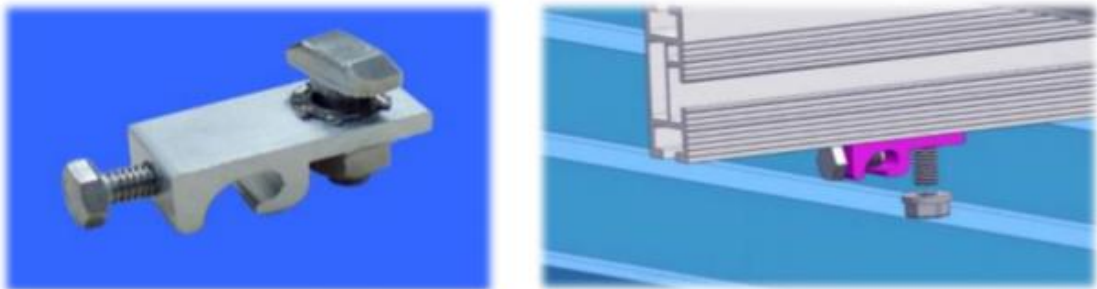
Kuva 10. Säädettävä asennuskolmio [Ratkaisu aurinko-paneelien kiinnittämiseen].

Aurinkopaneelit ja niiden telineet täytyy maadoittaa. Aurinkopaneelin ja asennuskiskon välisen kontaktin varmistamiseksi, aurinkopaneelin väliin asennetaan maadoituspala. Maadoituspaloja tulee asentaa yksi kappale kaikkien aurinkopaneelien väliin. Kuvassa 11 on esitetty maadoituspala. [Asennusohje FBE-aurinkosähköjärjestelmät Harjakatto-asennukset: 13.]



Kuva 11. Aurinkopaneelitelineen maadoituspala [Asennusohje FBE-aurinkosähköjärjestelmät Harjakattoasennukset: 13].

Asennuskiskoihin asennetaan maadoitusliitin, ja maadoitusliittimeen asennetaan maadoituskaapeli [Asennusohje FBE-aurinkosähköjärjestelmät Harjakattoasennukset: 13]. Kuvassa 12 on esitetty maadoitusliitin.



Kuva 12. Aurinkopaneelitelineen maadoitusliitin [Asennusohje FBE-aurinkosähköjärjestelmät Harjakattoasennukset: 13].

Maadoituskaapeli kytketään jokaiseen asennuskiskoon ja siitä edelleen invertterin tai ryhmäkeskuksen maadoitusliittimeen [Asennusohje FBE-aurinkosähköjärjestelmät Harjakattoasennukset: 13]

3 Akusto ja oheislaitteet

Tämän opinnäytetyön järjestelmään tarvitaan akusto, jolla on pitkä elinikä ja joka on turvallinen. Lisäksi akustolla tulee olla mahdollisimman pienet huoltovaatimukset. Akku- vaihtoehtoiksi nousivat AGM- ja litium-rautafosfaattiakut.

AGM-akut ovat turvallisia ja pitkäikäisiä. Huonona puolena on, että monet niistä eivät kestä syväpurkauksia kovin hyvin ja vaativat latauksen kontrollointia. Tämän takia tulisi järjestelmään valita malli, joka on kehitetty kestävämmän syväpurkauksia, esim. deep cycle -mallinen AGM-akku. AGM-akussa erottimena käytetään erityistä lasivillamattoa, jossa elektrolyytti on imeytetty erottimiin ja levyihin. Ne ovat venttiiliohjattuja ja suljettuja. Ne sietävät syväpurkauksia paljon paremmin kuin esim. avoimet akut. Venttiiliohjatuisissa akuissa voi vapautua vain pieniä määriä kaasua, koska kaasu muunnetaan akun sisällä vedeksi. AGM-akuissa ei synny happovuotoa, mikäli akku tai sen kotelo vahingoittuu. AGM-akuissa on myös turvaventtiili, joka avautuu, mikäli paine kasvaa liian isoksi akun sisällä. [Laiho, Eetu. 2018: 25-27; Teknistä tietoa FAQ – kysymyksiä ja vastauksia: 1.]

Litium-rautafosfaattiakut, eli lyhennettynä LifePo₄-akut kestävät hyvin eri lämpötiloja sekä lataus- ja purkukertoja. Litium-rautafosfaattiakut ovat muita litiumakkuja turvallisempia kemiallisen vakauden ansiosta ja ne ovat myrkyttömiä. Lisäksi hyvän all-in-one -invertterin ansiosta voidaan akun toimintaa ja jännitteitä säädellä, jolloin litium-rautafosfaattiakku toimii turvallisemmin. Litium-rautafosfaattiakuilla on pidempi käyttöikä, ja energiatiheytensä ansiosta ne vievät vähemmän tilaa rajallisesta merikontista. Huonona puolena litium-rautafosfaattiakuissa on niiden korkea hinta. [Rukundo 2017: 11]

Järjestelmään valittiin litium-rautafosfaattiakut. Kontin rajallisen tilan vuoksi ja akkujen korkean energiatheyden ansiosta litium-rautafosfaattiakut ovat järjestelmään sopivin vaihtoehto. Mikäli järjestelmään halutaan vaihtaa akusto AGM-akuiksi, tulee varmistaa erityisesti akkujen kapasiteetin riittävyys. Riittävän kapasiteetin varmistamiseksi, AGM-akkuja joudutaan mahdollisesti hankkimaan konttiin useita kappaleita. Tällöin myös akkujen sijoittaminen konttiin tulee suunnitella sopivaksi. Lisäksi järjestelmän invertterin sekä muiden oheislaitteiden sopivuus kyseisiin AGM-akkuihin tulee varmistaa.

3.1 Akusto


Järjestelmään valitaan Battery Box Pro 10.0 (kuva 13). Akusto on LifePO₄-akuista koottu yksikkö. Yhdessä Battery Box Pro 10.0:n yksikössä on 4 kappaletta B-Plus L 2.5 -moduuleja. Kussakin moduulissa on 2,56 kWh käytettävää kapasiteettia, ja yhteen Battery Box Pro:n kaappiin mahtuu 4 moduulia. Battery Box Pro 10.0 voidaan kytkeä rinnan korkeintaan 8 kappaletta, jolloin kapasiteetiksi saataisiin 81,92 kWh. Tässä opinnäytetyössä suunnitellaan 2 kappaletta Battery Box Pro 10.0:n akustoja kytkettäväksi rinnan. Battery Box Pro 10.0:n akustoa esitellään kuvassa 13. [BYD Battery-Box the battery for all applications: 7.]



Battery-Box Pro 2.5-10.0

Kuva 13. Battery-Box Pro 10.0 [BYD Battery-Box the battery for all applications: 7].

Akusto suositellaan puhdistettavan säännöllisesti. Sen kaapin puhdistuksessa tulee käyttää pehmeää ja kuivaa harjaa. Kuvasta 14 nähdään Battery Box Pro 10.0:n akuston teknisiä tietoja. [BYD Battery-Box Pro User Manual: 10.]



	Battery-Box Pro 2.5	Battery-Box Pro 5.0	Battery-Box Pro 7.5	Battery-Box Pro 10.0	Battery-Box Pro 13.8
Battery module	1 module	B-Plus L 2.5 (2.56 kWh)			GB5SB
Usable Energy [1]	2.56 kWh	5.12 kWh	7.68 kWh	10.24 kWh	13.8 kWh
Max Output Power	2.56 kW	5.12 kW	7.68 kW	10.24 kW	12.8 kW
Peak Output Power	5.12 kW, 30 s	10.24 kW, 30 s	15.36 kW, 30 s	20.48 kW, 30 s	13.3 kW, 60 s
Round-Trip Efficiency		≥95.3 % [1]			≥95.3 % [1]
Nominal Voltage		51.2 V			51.2 V
Operating Voltage Range		43.2~56.4 V			40~59.2 V
Communication		RS485 / CAN			RS485 / CAN
Dimensions (W/H/D)		600 x 883 x 510 mm			650 x 800 x 550 mm
Weight	79 kg	113 kg	146 kg	180 kg	181 kg
Enclosure Protection Rating		IP20			IP20
Warranty		10 years			10 years
Operating temperature [2]		-10 °C to +50 °C			-10 °C to +50 °C
Certification & Safety Standard	TUV (IEC62619) / CE / UN38.3 / Sicherheitsleitfaden Li-Ionen-Hausspeicher				TUV / CE / UN38.3
Scalability		Max. 32 B-Plus 2.5 in parallel / 81.92 kWh			Max. 32 systems in parallel / 441.6 kWh
Compatible Inverters	SMA / GOODWE / SOLAX / Victron / Sungrow / Selectronic, more brands to be announced				

Kuva 14. Battery-Box Pro:n teknisiä tietoja [BYD Battery-Box the battery for all applications: 7].

Yhden akuston käytettävä kapasiteetti on 10,24 kWh. Sen hyötysuhde on maksimissaan 95,3 %. Sen nimellisjännite on 51,2 V ja käyttöjännite on 43,2–56,4 V. Sen mitat ovat leveys 600 mm, korkeus 883 mm ja syvyys 510 mm. Se painaa 180 kg. Sillä on IP20-arvo, jolloin sillä on suojaus yli 12,5 mm:n kappaleita vastaan, mutta ei suojausta vettä vastaan. Akuston käyttölämpötila on –10...+50 °C. Yhden BYD Battery-Box Pro 10.0:n hinta on noin 4 540 euroa. [BYD Battery-Box the battery for all applications: 7; IP-arvot; BYD Battery-Box Pro 10.0.]

Sen purkaussyvyys suositus on korkeintaan 90 % [BYD Battery-Box Pro User Manual: 47]. Tällöin 2 kappaleen Battery Box Pro 10.0:n akuston käytettävä kapasiteetti on

$$10,24kWh * 2 * 0,9 = 18,432kWh.$$

Akuston hyötysuhde on 95,3 %, jolloin hyötysuhteen jälkeen tehoa on jäljellä

$$18,432kWh * 0,953 = 17,566kWh.$$

MPPT-säätimen hyötysuhde on 0,98%. Akustolta saatava teho on MPPT-säätimen jälkeen

$$17,566kWh * 0,98 = 17,215kWh.$$

Invertterin hyötysuhde on 0,95 %. Akustolta kulutuslaitteille kulkeva teho on

$$17,215kWh * 0,95 = 16,354kWh.$$

3.2 Akuston kytkentä

Invertterin jännitealue on 38–66 V. Kytetään kaksi akustoa rinnan, joiden jännite on 43,2–56.4 V. Valitaan rinnankytkentäkaapeleiksi 600 mm:n pitkä kaapeli. Mitoitetaan kaapeli niin, että yksi akusto luovuttaa kapasiteetistaan 90 % 24 tunnissa. Yhden akuston kapasiteetti on 10,24 kWh ja nimellinen jännite on 51,2 V. Akuston kapasiteetista 90 % on [EasySolar 3 kVA & 5 kVA Color Control -paneelilla: 2]

$$10\,240Wh * 0,9 = 9\,216Wh.$$

Akuston virta olisi tällöin

$$\frac{9\,216Wh}{51,2V} = 180Ah.$$

Oletetaan, että akustosta puretaan 180 Ah 24 tunnin aikana. Virran kulku yhdestä akustosta tunnin aikana on

$$\frac{180Ah}{24h} = 15A.$$

Invertteri lataa akut MPPT-säätimellä, jonka maksimilatausvirta on 100 A. Käytetään MPPT-säätimen maksimilatausvirtaa sekä kaavaa 1 kaapeleiden minimipoikkipinta-alan selvittämiseen. Kaapelin poikkipinta-ala 600 mm:n pitkässä kaapelissa täytyy olla vähintään

$$\frac{0,6m * 100A}{16} = 3,75mm^2.$$

Johtimiksi kahden akuston väliin sekä invertterin ja akkujen välille valitaan musta ja punainen MKEM 16 MU -asennusjohto. Sen poikkipinta-ala on 16 mm² ja ulkohalkaisija on 7,3 mm. Johtimen hinta on 2 euroa/m. Sen johdinmateriaali on hienolankaista kirkasta kuparia ja eriste on PVC-muovia. Sen käyttölämpötila on -5...+90°C. Pienin suositeltu taivutussäde on lopullisessa asennuksessa kertataivutuksena 3xD eli 21,9 mm. Mitoitetaan järjestelmään 5 m mustaa johdinta ja 5 m punaista johdinta. Johtimiin liitetään M8-kaapelikengät. Kaapelikengä on kuparia. Sen hinta on noin 1 euroa. Järjestelmän mitoitetaan 8 kaapelikengää. [MKEM 16 MU asennusjohto; MKEM 90 450/750 V (H07V2-K): 2.]

4 Invertteri, MPPT-säädin ja oheislaitteet

Järjestelmään suunnitellaan MPPT-säädin, jotta aurinkopaneelit toimivat optimaalisesti akkujen kanssa. Invertteri muuttaa paneeleilta ja akuilta saatavan tasavirran (DC) kulutuslaitteiden käyttämäksi vaihtovirraksi (AC). Järjestelmään valitaan all-in-one -invertteri, joissa on MPPT-säädin, akkujen laturi sekä invertteri samassa laitteessa. [Hybrid Solar Inverter Comparison Chart.]

Invertteriksi suositellaan laitetta, jonka kapasiteetti on vähintään 20–30 % suurempi kuin aurinkopaneelien yhteenlaskettu teho [Invertterin valintaopas (auto, vene, mökki...) 2012]. Aurinkopaneelien yhteenlaskettu teho on

$$300W * 9kpl = 2700W.$$

Invertterin tulee olla kapasiteetiltaan vähintään 2 700 W.

4.1 Invertteri

Järjestelmään valitaan Victron Energy EasySolar 48/5000/70-100 -invertteri (kuva 15). Aurinkopaneeleita voi liittää malliin maksimissaan 5 800 W. Laitteessa on Color Control Gx, josta voi seurata laitteen toimintaa ja säätää sen asetuksia. Tämä laite priorisoi akkujen latauksen ja mahdollistaa järjestelmän etähallinnan internetin kautta. [EasySolar 3 kVA & 5 kVA Color Control -paneelilla: 2.]



EasySolar 5 kVA

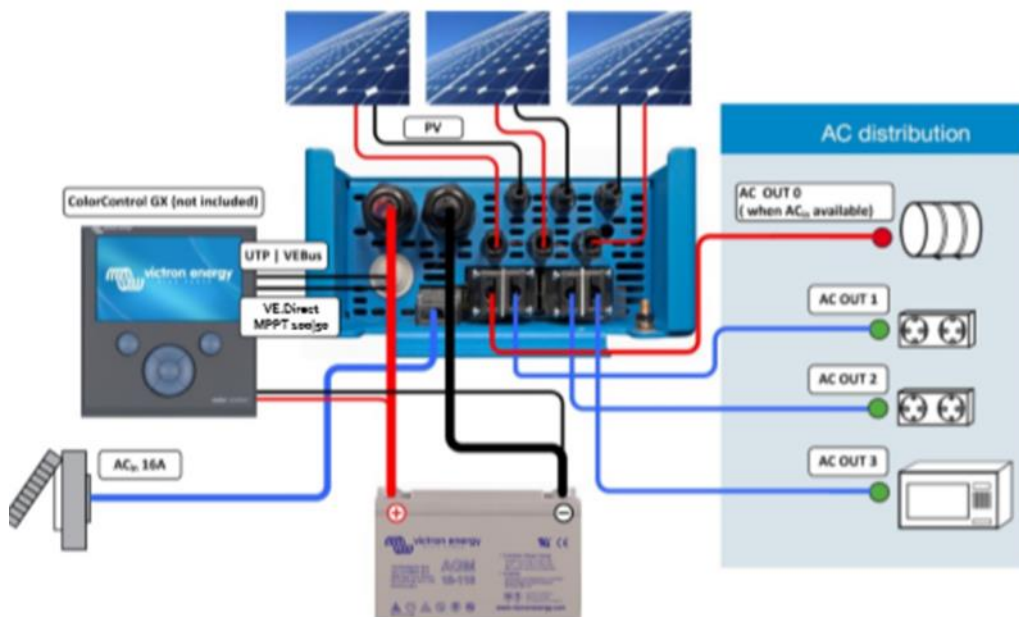
Kuva 15. Victron EasySolar 3 kVA -invertteri [EasySolar 3 kVA & 5 kVA Color Control -paneelilla: 2].

Invertteri toimii puhtaalla siniaallolla. Siinä on sisäänrakennettu 100 A:n MPPT-säädin. Invertterin hyötysuhde on 95 % ja sen nollakuormateho on 35 W. Invertterin AC-puolen jännite on 230 V. Sen mitat ovat korkeus 877 mm, leveys 328 mm ja syvyys 241 mm. Invertteri painaa 48 kg. Kuvassa 16 on esitetty laitteen teknisiä tietoja. [EasySolar 3 kVA & 5 kVA Color Control -paneelilla: 2.]

EasySolar	EasySolar 24/3000/70-50 MPPT150/70	EasySolar 48/3000/35-50 MPPT150/70	EasySolar 48/5000/70-100 MPPT150/100
INVERTTERI/LATURI			
Siirtokytkin	50A	50A	100A
INVERTTERI			
Tulojännitealue	19 – 33V	38 – 66V	38 – 66V
'Heavy duty' lähtö AC 2	16 A		
Lähtö AC 1a, 1b, 1c, 1d	Lähtöjännite: 230VAC ± 2% Taajuus: 50 Hz ± 0,1% (1)		
Jatkuva lähtöteho @ 25°C (3)	3000VA / 2400W	3000VA / 2400W	5000VA / 4000W
Jatkuva lähtöteho @ 40°C	2200W	2200W	3700W
Jatkuva lähtöteho @ 65°C	1700W	1700W	3000W
Huipputeho	6000W	6000W	10000W
Maksimi hyötysuhde	94%	95%	95%
Nollakuormateho	20W	25W	35W
Nollakuormateho hakutilassa	10W	12W	15W
LATURI			
AC Input	Tulojännitealue: 187-265 VAC Tulotaajuus: 45 – 65 Hz Tehokerroin: 1		
Latausjännite 'absorptio'	28,8V	57,6V	57,6V
Latausjännite 'kellutus'	27,6V	55,2V	55,2V
Varastointitila	26,4V	52,8V	52,8V
Latausvirta	70A	35A	70A
Akun lämpötila-anturi	kyllä		
Ohjelmoitava rele (5)	kyllä		
Suojaustoiminnot (2)	a – g		
AURINKOPANEELIN LATAUSSÄÄDIN			
Malli	MPPT 150/70-MC4	MPPT 150/70-MC4	MPPT 150/100-MC4
Maksimi lähtövirta (4)	70A	70A	100A
Maksimi aurinkopaneeliteho	2000W	4000W	5800W
Maksimi aurinkopaneelin avoin jännite	150V		
Maksimi hyötysuhde	98%		
Itsekulutus	10mA		
Latausjännite 'absorptio', oletusasetus	28,8V	57,6V	57,6V
Latausjännite 'kellutus', oletusasetus	27,6V	55,2V	55,2V
Latausalgoritmi	monivaiheinen adaptiivinen		
Lämpötilakompensointi	-16 mV / °C	-32 mV / °C	-64 mV / °C
Suojaus	a – g		

Kuva 16. Victron EasySolar -invertterin teknisiä tietoja [EasySolar 3 kVA & 5 kVA Color Control -paneelilla: 2].

Invertterillä on IP21-arvo, eli ulkokäytössä sitä täytyy pitää sateelta suojassa. Se on tipuveesitiivis, eli sopiva suojaus on esimerkiksi katoksen alla. Invertterissä on vikavirtasuojain sekä AC-lähdöissä kaksi kappaletta 10 A:n sulakesuojausta ja kaksi kappaletta 16 A:n sulakesuojausta. Invertterin hinta on noin 3 240 euroa. Invertterin liitäntöjä on havainnollistettu kuvassa 17. [EasySolar 3000VA; EasySolar 3 kVA & 5 kVA Color Control -paneelilla: 2; IP-arvot; Victron EasySolar Invertteri-laturi 48V/5000W/ 100A MPPT aurinkopaneelisäätimellä.]



Kuva 17. Invertterin liitännät [EasySolar 12V and 24V, 1600VA: 1].

Invertterissä on neljä kappaletta M8-pultteja akkujen kaapeleille ja kolme kappaletta MC4-liittimiä aurinkopaneelien kaapeleille. Invertterin AC-puolen liittimet ovat 13 mm²:n ruuviliittimiä. Invertteri ei tarvitse erityistä huoltoa. Sen liitännät tulee tarkastaa kerran vuodessa. Se tulee pitää puhtaana ja välttää kosteutta, öljyä, nokea sekä höyryä. [EasySolar 3 kVA & 5 kVA Color Control -paneelilla: 2; Käyttöohje EasySolar 2017: 29.]

4.2 Kulutuslaitteiden kytkentä

Tämän työn järjestelmässä suunnitellaan puhdasvesipumppu ja sulanapitokaapeli liitettäväksi toiseen 10 A:n lähtöön jakorasiaan kautta. Raakavesipumppu liitetään toiseen 10 A:n lähtöön. Käänteisosmoosilaitte sekä vedenpehmentin liitetään invertterin 16 A:n lähtöihin.

Käänteisosmoosilaitteen, vedenpehmentimen, raakavesipumpun, puhdasvesipumpun ja sulanapitokaapelin virrat ovat 1,5 A, 0,13 A, 0,33 A, 0,14 A ja 0,19 A. Invertteriltä kulutuslaitteille valitaan kaapeli, jonka maksimivirrankulun sietokyky on vähintään 1,5 A. Kaa-

pelit mitoitetaan kattamaan vähintään kontin koko pituus eli noin 6 m. Mitoitetaan kaapeleiden pituuksiksi 10 m. Kaapeleiden poikkipinta-ala lasketaan kaavalla 1. Kulutuslaitteiden ja invertterin välillä kulkevien kaapeleiden poikkipinta-ala tulee olla vähintään

$$\frac{10m * 1,5A}{16} = 0,9375mm^2.$$

Kulutuslaitteiden kaapeleiksi valitaan asennuskaapeli MMJ 3x2,5 S Draka S-0406753. Kaapelin sisäisten johdotusten poikkipinta-alat ovat 2,5 mm². Kaapeli sopii pinta- ja uppoasennukseen sisä- ja ulkotiloissa. Se ei sovellu maa-asennukseen. Siinä on PE- ja nollajohdin. Se on yksilankainen kuparijohdin ja sillä on PVC-muovieristys. Johtimen käyttölämpötila on -15...+70 °C. Sen halkaisija on 10 mm ja sen pienin taivutussäde on lopullisessa asennuksessa 30 mm. Kaapelin hinta on noin 1 euro/m. Sitä myydään 50 m:n pakkauksissa. Suunnitellaan siis järjestelmään 50 m kaapelia. [Asennuskaapeli MMJ 3x2,5 S Draka 100 m; Muovivaippainen asennuskaapeli MMJ 300/500 V.]

5 Ryhmäkeskus ja jakorasia

Järjestelmän DC-puolelle valitaan pinta-asennukseen suunniteltu UTU Pointer -ryhmäkeskus 3412 (kuva 18). Keskuksessa on 12 kappaletta johdonsuojakatkaisijoita ja yksi vikavirtasuojakytkin neljällä navalla. Maadoituksen N/PE-liittimet ja johdonsuojakatkaisijat ovat jousiliittimiä. Ryhmäkeskuksen hinta on noin 180 euroa. [Ale! UTU Pointer Ryhmäkeskus 3412 pinta-asennukseen.]



Kuva 18. Ryhmäkeskus [Ale! UTU Pointer Ryhmäkeskus 3412 pinta-asennukseen].

Ryhmäkeskuksen paino on 3,44 kg. Sen mitat ovat leveys 383 mm, syvyys 264 mm, ja korkeus 122 mm. Ryhmäkeskukseen sopiva ovi tulee tilata erikseen. Ovi on UTU GD213J ja sen hinta on noin 20 euroa. [Ale! UTU Pointer Ryhmäkeskus 3412 pinta-asennukseen; Ale! Utu Keskuksen Ovi Valkoinen GD213J.]

AC-puolelle asennetaan jakorasia, jotta kaikki kulutuslaitteet saadaan yhdistettyä invertterin AC-puolelle. Jakorasiaksi järjestelmään valitaan Henselin jakorasia liittimillä. Jakorasiassa on valmiina liittimet, tiivis kansi, ja se on tehty polypropyleenistä. Sillä on IP66-arvo, joka tarkoittaa, että se on pölytiivis ja voimakkaalta vesisuihkulta suojattu. Jakorasiain hinta on noin 5 euroa. [Jakorasia, liittimillä IK07,93X93X62 MM; IP-arvot.]

6 Esisuodattimet ja liittimet

Järjestelmään sopivat suodattimet riippuvat veden laadusta. Ennen suodattimien valintaa, olisi hyvä tehdä vesianalyysi kohteen vedestä. Tässä opinnäytetyössä valitaan järjestelmään alustava esisuodatin ja sen liittännät. Nämä tulee vaihtaa sopivampiin, kun tiedetään kohteen vedenlaatu.

Esisuodatin poistaa kiintoaineet vedestä. Sen mikroluku kertoo miten pieniä hiukkasia se suodattaa. Kuva 19 havainnollistaa partikkelien kokoluokkaa mikrometreissä. [Suodatinpatruunat; Esisuodattimet].

Suodattimen nominiaalihiheys (seulakoko)	Partikkelin kokoluokka											
	0,1 µm	0,2 µm	0,45 µm	1 µm	3 µm	5 µm	10 µm	20 µm	30 µm	50 µm	100 µm	
0,1 µm	95%	95%	98%	99%	99%	99%						
0,2 µm	93%	95%	97%	98%	98%	99%						
0,45 µm	82%	88%	96%	97%	98%	99%	99%					
1 µm	80%	82%	94%	96%	97%	98%	99%	99%				
3 µm				86%	96%	97%	98%	98%	99%			
5 µm					90%	96%	97%	98%	99%	99%		
10 µm							97%	98%	98%	99%	99%	
20 µm							91%	97%	98%	99%	99%	
30 µm								97%	97%	98%	99%	
50 µm									96%	97%	98%	
100 µm										95%	97%	
	Teoreettinen partikkeleiden puhdistusprosentti										95%	97%

Kuva 19. Partikkelien kokoluokat [Esisuodattimet].

Mikäli tässä työssä suunniteltu esisuodatin ei ole sopiva, voidaan järjestelmään hankkia esim. suodatinkotelo ja siihen valita sopivat suodattimet riippuen kohteen tarpeista. Suodatinkoteloksi voidaan valita yhden kappaleen suodatinkotelo tai esim. kuvassa 20 esitelty kolmen kappaleen XL -suodatinkotelo. [Suodatinesite: 7; Kolmen Aqva XL suodatinkotelon yhdistelmä, teline ja painemittarit.]



Kuva 20. Aqua XL -suodatinkotelo [Kolmen Aqua XL suodatinkotelon yhdistelmä, teline ja painemittarit].

Suodatinkoteloon voidaan valita patruunoita, jotka suodattavat esim. kiintoaineita, rautaa ja mangaania, bakteereita, sädesieniä, homeita, rikkivetyä tai humusta.

6.1 Esisuodattimet

Suodattimiksi järjestelmään valitaan kolmen suodattimen Aqua XL humus -suodatinpaketti. Järjestelmään valittiin XL:n kokoiset suodattimet, koska suurempikokoiset suodattimet täytyy vaihtaa harvemmin. Lisäksi kolmen suodattimen paketti esipuhdistaa vettä tehokkaasti ja näin pidentää RO-kalvojen elinikää. Kuva 21 esittää valittua suodatinpakettia. Suodattimet asennetaan järjestelmään ennen vedenpehmennintä.



Kuva 21. Aqua XL humus -suodatinpaketti [Aqua XL humus - myös haju, maku, lievät rauta ja mangaani].

Suodatinkotelo poistaa vedestä 1 µm:n kiintoaineet, humusta sekä hieman rautaa ja mangaania. Lisäksi se suodattaa pois yleisimmät haju- ja makuhaitat sekä lievästi rikki-vedynhajua. Suodattimessa on painemittarit tulo- ja lähtöpuolella, josta voidaan todeta suodattimien paineenalennuksia. Suodatinyhdistelmän tyypillinen paineenalennus on 0,4–0,8 bar. Sen mitat ovat korkeus 750 mm, leveys 540 mm ja syvyys 220 mm. [Aqua XL humus - myös haju, maku, lievät rauta ja mangaani.]

Suodatinpaketti sisältää yhden XL:n 1 µm:n hienosuodattimen, yhden XL:n humus- ja uraanisuodattimen sekä yhden XL:n yhdistelmäsuodattimen, joka vähentää arseenia, hajuja, makuja ja humusta vedestä. Kuvassa 22 nähdään suodatinpaketin teknisiä tietoja. [Aqua linjasuodatinpaketti (M, L, XL) Asennus- ja käyttöohje: 2.]

	M	L	XL
Koko(mm)	K430 x L370 X S130	K470 x L540 X S220	K720 x L540 X S220
Paino(kg)	3,0	13,0	16,5
Virtaama 3 bar paineella ja 0,1 bar paineen alenemalla	50 Litraa / min	75 litraa / min	75 litraa / min
Kontaktimateriaalit	Polypropeeni (PP)	Polypropeeni (PP)	Polypropeeni (PP)
Maksimi työpaine	6 bar	6 bar	6 bar
Toimintalämpötila-alue	2°C - 45°C	2°C - 45°C	2°C - 45°C
Liitännät	¾" tuuman BSP	1" tuuman BSP	1 tuuman BSP

Kuva 22. Esisuodatinpaketin teknisiä tietoja [Aqva linjasuodatinpaketti (M, L, XL) Asennus- ja käyttöohje: 2].

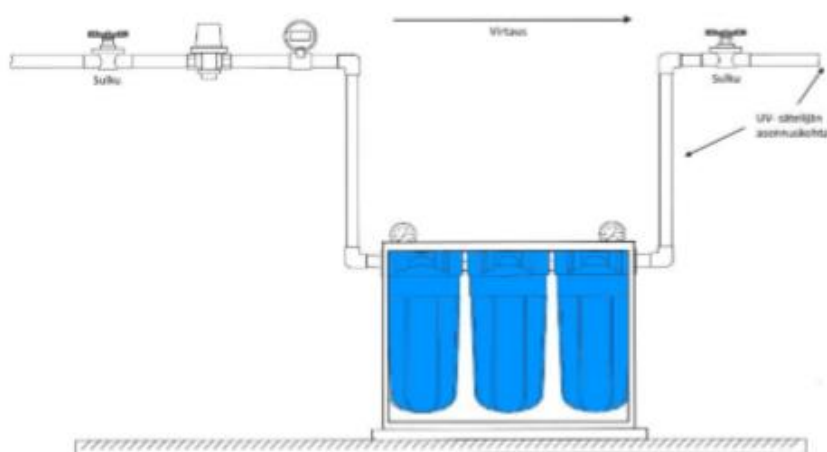
Suodatinta vaihtaessa tulee käyttää ruuvimeisseliä paineenalennusventtiilin avaamiseksi sekä rasvaa tai ruokaöljyä O-renkaan voitelemisessa [Aqva linjasuodatinpaketti (M, L, XL) Asennus- ja käyttöohje: 5].

Suodattimen patruuna tulee vaihtaa, kun paineenalennema nousee yhden baarin. Suodatin ei tarvitse sähköä eikä viemärointiä. Sen käyttölämpötila on 2–45 °C. Suodatinpaketin hinta on noin 470 euroa. Paketti sisältää suodatinkotelon, 2 painemittaria, asennustelineen, kotelon kiristysavaimen sekä yhden XL:n hienosuodatinpatruunan, yhden XL:n humus- ja uraanisuodatinpatruunan ja yhden XL:n yhdistelmäsuodatinpatruunan. Järjestelmään suunnitellaan myös 10 kappaletta vaihtosuodattimia. Vaihtosuodatinpaketin hinta on noin 210 euroa. Se sisältää yhden XL:n hienosuodatinpatruunan, yhden XL:n humus- ja uraanisuodatinpatruunan sekä yhden XL:n yhdistelmäsuodatinpatruunan. [Aqva linjasuodatinpaketti (M, L, XL) Asennus- ja käyttöohje: 2; 1µm hienosuodatin Aqva XL koon koteloon; Aqva XL humus - myös haju, maku, lievät rauta ja mangaani; Aqva Vaihtosuodatinpaketti HB201MKDF2 kokonaisuuteen.]

Suodattimella on 1 tuuman G-tyyppiset kierrelitännät ja sen maksimityöpaine on 6 bar. Suodattimien kierrelitöksien tiivistämisessä tulee käyttää vain teflonteippiä. On suositeltavaa, että suodattimien asennuksen tekee alan ammattilainen. [Aqva linjasuodatinpaketti (M, L, XL) Asennus- ja käyttöohje: 2, 5].

6.2 Esisuodattimien liittimet

Esisuodattimilla on 1 tuuman G-tyyppiset kierrelitännät. Suodattimien liitännät ovat sisäkierteisiä. Esisuodattimen liittimet tulee olla ruostumattomat sekä haponkestävät. Suodattimien asennuseriaatetta linjalle on havainnollistettu kuvassa 23.



Kuva 23. Suodattimien asennus linjaan [Aqva linjasuodatinpaketti (M, L, XL) Asennus- ja käyttöohje: 4].

Ennen suodattimia ja suodattimien jälkeen linjalle tulee sulkuventtiilit. Ennen suodattimia on suositeltavaan asentaa myös vakiopaineventtiili ja näytevesihana. Vakiopaineventtiilillä voidaan varmistaa, ettei raakaveden sisääntulopaine nouse liian suureksi. Tässä opinnäytetyössä suunnitellaan linjalle vakiopaineventtiili painemittarilla. Painemittarin avulla voidaan seurata esisuodattimien paineenalennemaa. Näytevesihanan kautta voidaan ottaa vesianalyysi laitteen toiminnan seuranta varten. Tämä suositellaan tehtävän kerran vuodessa. Linjalle ei suunnitella näytevesihanaa, koska järjestelmän oletetaan toimivan paikallisten voimin, jolloin ylimääräisiä vesianalyyskejä ei voida tehdä. [Aqva vedenpuhdistuslaite M (1035) Asennus- ja käyttöohje: 6.]

Kaikki tässä työssä suunnitellut esisuodattimiin yhdistettävät liittimet ovat G-tyyppisiä. Suodattimien veden sisääntulopuolelle suunnitellaan 1 tuuman ulkokierteillä oleva haponkestävä ja ruostumaton sulkuventtiili, 1 tuuman sisäkierteillä oleva haponkestävä ja

ruostumaton vakiopaineventtiili, vakiopaineventtiiliin sopiva haponkestävä ja ruostumaton painemittari sekä 1 tuuman ulkokierteellä ja sisäkierteellä oleva haponkestävä ja ruostumaton 21 mm:n kartioliitin.

Suodattimien veden ulostulopuolelle asennetaan 1 tuuman ulkokierteellä oleva haponkestävä ja ruostumaton sulkuventtiili sekä 1 tuuman sisäkierteellä oleva haponkestävä ja ruostumaton 21 mm:n kartioliitin.

Haponkestävien ja ruostumattomien liittimien sekä muiden oheislaitteiden hinnoittelut ovat arvioituja hintoja, perustuen internetistä löytyvien muiden saman tyyppisten liittimien hinnoitteluihin. Tarkkoja hintoja ei ollut saatavilla. Haponkestävän ja ruostumattomasta teräksestä valmistetun sulkuventtiilin hinta on noin 30 euroa. Haponkestävän ja ruostumattomasta teräksestä valmistetun kartioliittimen hinta on noin 6 euroa. Haponkestävän ja ruostumattomasta teräksestä valmistetun vakiopaineventtiilin hinta on noin 60 euroa. Haponkestävän ja ruostumattomasta teräksestä valmistetun painemittarin hinta on noin 70 euroa. [Bourdon-kaarellinen painemittari, haponkestävästä teräksestä; China Manufacturer Swagelok Type Acid Resistant Pressure Relief Valve; Shaw Stainless Full Port Threaded Ball Valve 1000 WOG 316 Stainless Steel (1" NPS).]

7 Vedenpehmennin ja liittimet

Käänteisosmoosilaitteen kanssa on hyvä käyttää vedenpehmentintä [Kurakin 2019]. Vedenpehmennin sijoitetaan järjestelmään ennen käänteisosmoosilaitetta. Vedenpehmennin poistaa vedestä kalkkia ja magnesiumioneja. Nämä voivat aiheuttaa haitallisia kerrostumia putkistossa ja johtaa kalliisiin korjauksiin ja käyttökatkoksiin. Vedenpehmentimen valinnassa tulisi tietää veden laatu. Vedenpehmentimiä voidaan kutsua myös nimityksellä monitoimilaite, riippuen siitä mitä aineita laite suodattaa.

Vedenpehmentimet eroavat toisistaan niiden puhdistustehonsa lisäksi siinä mitä ne puhdistavat. Lisäksi vedenpehmentimessä voi olla yksi tai useampi tankki. Useammalla tankilla olevilla vedenpehmentimillä taataan jatkuvatoiminen ja suurempitehoinen vedenpehmentys.

Tässä opinnäytetyössä valitaan alustavasti järjestelmälle vedenpehmennin. Tämä tulee vaihtaa sopivampaan, riippuen kohteen vedenlaadusta. Tässä opinnäytetyössä valittu vedenpehmennin voidaan vaihtoehtoisesti vaihtaa pienempitehoiseen malliin. Saman tyyppisestä vedenpehmentimestä on pienempiä malleja nimillä 835, 1035, 1054, 1252 ja 1465. Näiden pienempien mallien maksimivirtaamat vaihtelevat välillä 600–2400 l/h. [Vedenpehmentimet.]

Lisäksi, riippuen veden laadusta, voidaan vedenpehmentimeksi valita eri aineita puhdistava monitoimilaite. Esim. BWT:llä on ASL-, AHSL- ja AHLU-monitoimilaitteet. ASL-monitoimilaite nähdään kuvassa 24. [Orwa ASL monitoimisuodattimet: 2.]



Kuva 24. Orwa ASL -monitoimisuodatinlaite [Orwa ASL monitoimisuodattimet:1].

ASL-suodatin on tarkoitettu vedenpehmennykseen, mangaanin poistoon sekä raudan poistoon. AHSL-suodatin on tarkoitettu vedenpehmennykseen sekä mangaanin, raudan ja humuksen poistoon. AHLU-suodatin on tarkoitettu radiumin, lyijyn, poloniumin ja uraanin poistoon. Lisäksi on mahdollisuus valita laitteeksi sellainen, joka on erikoitunut tietyn aineen poistoon. Esim. Wetec:iltä löytyy vedenpuhdistuslaitteita, jotka puhdistavat vedestä arseenia, nitraattia ja radonia tai nostavat pH:ta. [Arsenic filter WA30AS; Orwa ASL monitoimisuodattimet: 2.]

7.1 Vedenpehmenin

Vedenpehmentimeksi valitaan Ecosoft FK 1665 Twin -vedenpehmenin (kuva 22). Vedenpehmentimen virrankulutus on 30 W, sen liitännät ovat 1 tuuman NPT (National Pipe Thread) -tyyppisiä kierrelitöntöjä. Se toimii 230 V:n käyttöjännitteellä. Kuvassa 25 nähdään kyseinen vedenpehmenin. [Iron and hardness reduction filter of continuous flow Ecosoft FK 1665 Twin (Ecomix® A).]



Kuva 25. Ecosoft FK 1665 -vedenpehmentin [Iron and hardness reduction filter of continuous flow Ecosoft FK 1665 Twin (Ecomix® A)].

Vedenpehmentimen sisääntuloveden lämpötilan tulee olla 4–30 °C ja paineen tulee olla 2–6 bar. Kuvassa 26 on esitetty kyseisen vedenpehmentimen teknisiä tietoja. Vedenpehmentimen mitat ovat korkeus 1090 mm, leveys 1600 mm ja syvyys 500 mm. Sen kuivapaino on 240 kg. Laite pehmentää vettä ja suodattaa vedestä rautaa 15 mg/l, mangaania 3 mg/l ja ammoniumia 4 mg/l. [Iron and hardness reduction filter of continuous flow Ecosoft FK 1665 Twin (Ecomix® A)].

Parameter	Value
Capacity (nominal), m ³ /h	3.3
Volume of filter media, L	200
Volume capacity, m ³ (for hardness at 5 meq/L)	14
Salt consumption per one regeneration, kg	10.0...16.0
Water consumption per one regeneration (volume of discharge), m ³	1.0
Regeneration duration, min	80...110
Pressure drop in service mode, bar	0.5...1.0
Operating pressure, bar	2...6
Power supply	230 V, 50 Hz
Power consumption, W	30
Diameter of pipeline connections	1"
Net weight, kg	240
System dimensions (height x width x depth), cm	190x160x50

Kuva 26. Ecosoft FK 1665 -vedenpehmentimen teknisiä tietoja [Iron and hardness reduction filter of continuous flow Ecosoft FK 1665 Twin (Ecomix® A)].

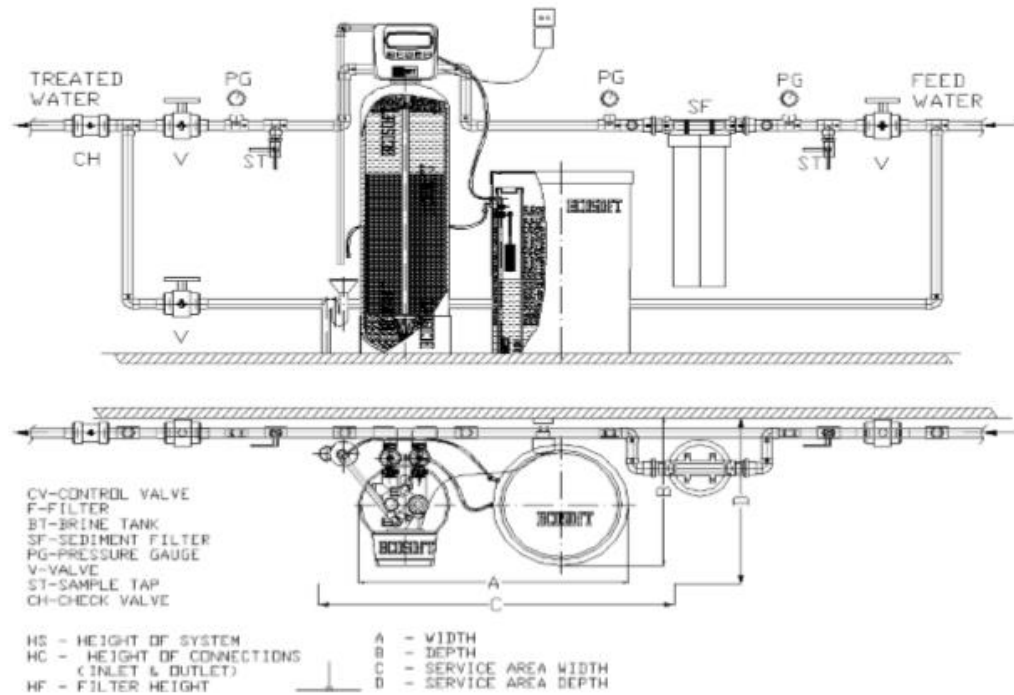
Laitteen suolavesisäiliön tulee aina sisältää suolapellettejä. Suolavesisäiliön suolapellettimäärä tulee tarkastaa säännöllisesti ja tarvittaessa täyttää. Laitteen yhteydet ja liitoskohdat tulee tarkastaa vähintään kerran kolmessa kuukaudessa. Vedenpehmentimen hinta on noin 4 490 euroa. [Instruction manual Ecosoft® media systems:12; Iron and hardness reduction filter of continuous flow Ecosoft FK 1665 Twin (Ecomix® A).]

Vedenpehmentimessä on automaattipuhdistus, joka käynnistyy vedenpehmentimen puhdistustehon heiketessä. Automaattipuhdistus tapahtuu elvytysuolan avulla. Elvytysuolaa kuluu noin 10 kg yhden elvytyskerran aikana. Suunnitellaan konttiin kaksi pussia 25 kg elvytysuolaa. Hinnaltaan yksi pussi on noin 30 euroa. [Iron and hardness reduction filter of continuous flow Ecosoft FK 1665 Twin (Ecomix® A); Regeneration salt, 25 kg bag.]

7.2 Vedenpehmentimen liittimet

Vedenpehmentimen liittännät ovat 1 tuuman NPT-tyyppisiä kierrelitöntöjä. Vedenpehmentimen liittimet tulee olla ruostumattomia sekä haponkestäviä. Liittimien ja muiden oheislaitteiden hinnoittelut ovat arvioituja hintoja, perustuen internetistä löytyvien muiden saman tyyppisten liittimien hinnoitteluihin. Tarkkoja hintoja ei ollut saatavilla. Jotta laitteet

saadaan toimimaan keskenään, järjestelmään suunnitellaan adaptoreita muuttamaan liitäntäyhteydet NPT-tyyppisistä G-tyyppisiksi. Kaikki muut tässä työssä suunnitellut vedenpehmentimeen yhdistettävät liittimet ovat G-tyyppisiä. Vedenpehmentimen esimerkkiliittämistä järjestelmään on esitetty kuvassa 27.



Kuva 27. Vedenpehmentimen asennus linjaan [Aqva vedenpuhdistuslaite M (1035) Asennus- ja käyttöohje: 6].

Vedenpehmentimen veden sisääntulopuolelle asennetaan 1 tuuman NPT-tyypin sisäkierteellä ja 1 tuuman G-tyypin ulkokierteellä oleva haponkestävä ja ruostumaton adapteri, 1 tuuman sisäkierteillä oleva haponkestävä ja ruostumaton sulkuventtiili sekä 1 tuuman ulkokierteellä ja sisäkierteellä oleva haponkestävä ja ruostumaton 21 mm:n kartoliitin.

Vedenpehmentimen veden ulostulopuolelle asennetaan 1 tuuman NPT-tyypin sisäkierteellä ja 1 tuuman G-tyypin ulkokierteellä oleva haponkestävä ja ruostumaton adapteri, 1 tuuman sisäkierteillä oleva haponkestävä ja ruostumaton sulkuventtiili ja 1 tuuman ulkokierteellä ja sisäkierteellä oleva haponkestävä ja ruostumaton 21 mm:n kartoliitin.

Vedenpehmentimen poistoputken lähtöön asennetaan 1 tuuman NPT-tyyppin sisäkier-teellä ja 1 tuuman G-tyyppin ulkokierteellä oleva haponkestävä ja ruostumaton adapteri, 1 tuuman sisäkier-teillä oleva haponkestävä ja ruostumaton letkukara sekä haponkestävä ja ruostumaton letkunkiristäjä.

Haponkestävän ja ruostumattoman adapterin arvioitu hinta on noin 6 euroa. Haponkes-tävän ja ruostumattoman letkunkiristäjän hinta on noin 2 euroa. Haponkestävän ja ruos-tumattomasta teräksestä valmistetun letkukaran hinta on noin 15 euroa. [2 Pack - 316 Stainless Steel 1/4 NPT Female to 1/4 NPT Female Straight Hex Coupler/Coupling for Air, Liquid or Hydraulic Fitting - Industrial Air Tool Hose 1/4 Inch Coupling; Parker 4-2 B2HF-SS 316 Stainless Steel Barb Connector To Male Pipe 1/4" Hose Barb X 1/8" Male NPT; RST Letkun kiristäjä 20- 32 mm.]

8 Käänteisosmoosilaitte ja liittimet

8.1 Käänteisosmoosilaitte

Käänteisosmoosilaitteeksi valitaan W-PureRO500 (kuva 28). Sen jännite on 230 V ja sen teho on 350 W. Laitteen mukana tulee korkeapainepumppu, joka pumppaa maksimissaan 550 l/h. Käänteisosmoosilaitteella on 2 kappaletta RO (Reverse Osmosis) -kalvoja sekä 20 tuuman ja 5 µm:n sedimenttisuodatin. Sen toimintapaine on 7–8 bar ja veden tulopaineen tulee olla 2–6 bar. Käänteisosmoosilaitteen mitat ovat korkeus 1 360 mm, leveys 740 mm ja syvyys 500 mm. Se painaa 50 kg. [W-PureRO500 black edition.]



Kuva 28. W-PureRO500 -käänteisosmoosilaitte [W-PureRO500 black edition].

Käänteisosmoosilaitteen suodatin pitää vaihtaa noin 3–4 kuukauden välein. RO-kalvojen suositeltu vaihtoväli on noin 1 vuosi. Käyttökokemusten perusteella oikein käytettynä RO-kalvot voivat toimia paljon pidempään. Kuvassa 29 on esitetty käänteisosmoosilaitteen teknisiä tietoja. RO-kalvot voidaan myös puhdistaa CIP (Clean-in-Place) -yksiköllä,

mutta kyseisessä laitteessa ei ole sellaista valmiina. CIP-yksikkö puhdistaa laitteen sisäosat, ilman että laitetta tarvitsee purkaa. CIP-yksikkö puhdistaa kalvot, pumppaamalla pesuliukset ja veden niiden läpi. Pesuliuksessa on yleensä suolahappoa (HCl) tai natriumhydroksidia (NaOH). CIP-yksikkö koostuu pesuliuosäiliöstä, syöttöpumpusta, putkistosta, venttileistä, mittareista ja panossuodattimista. [Salo 2019: 21; TACT Talk; Itäsola 2010; Kurakin 2019.]

Specification RO-M 150–1000 LPH

MODEL	RO-M 150	RO-M 300	RO-M 250	RO-M 500	RO-M 750	RO-M 1000
Production of clean water LPH	150	300	250	500	750	1 000
Reduction of salt content, %	Up to 90					
System recovery, %	50 - 85					
Membrane's type	1 x 4 021	2 x 4 021	1 x 4 040	2 x 4 040	3 x 4 040	4 x 4 040
Power supply	220V, 50 Hz					
Dimensions, mm	650 x 500 x 920	740 x 500 x 920	650 x 500 x 1 360	740 x 500 x 1 360	720 x 630 x 1 380	720 x 630 x 1 380
Net weight, kg	39,5	43,5	41,5	48	71	77

Kuva 29. Käänteisosmoosilaitteen tekniset tiedot [M-RO systems 2019].

Tässä opinnäytetyössä suunnitellaan laite toimimaan ilman erillistä CIP-yksikköä. RO-kalvojen suojelemiseksi järjestelmään suunnitellaan vedenpehmentin sekä esisuodatinpaketti, tehokkaan raakaveden esipuhdistuksen takaamiseksi. Lisäksi konttiin laitetaan kaksi ylimääräistä paria RO-kalvoja, jotta toiminta voidaan taata vähintään kolmeksi vuodeksi. RO-kalvoina käytetään FilmTecin 40 tuuman 2 400 GPD TFC (Thin Film Composite) -kalvoja. Yhden kalvon hinta on noin 280 euroa. [Filmtec® TFC 4" X 40" membrane - 2400 GPD.]

Käänteisosmoosilaittepaketin hinta on 4 000 euroa. Pakettiin kuuluu W-PureRO500 -käänteisosmoosilaitte, 300 l:n elintarvikesäiliö ja 20 tuuman 5 µm:n sedimenttisuodatin. Järjestelmään suunnitellaan myös 10 kappaletta 5 µm:n ja 20 tuuman vaihtosuodatinpatruunoita. Yhden suodatinpatruunan hinta on noin 20 euroa. [W-PureRO500 black edition; Suodatinpatruuna 20" 5 mic.]

8.2 Käänteisosmoosilaitteen liittimet

Järjestelmän käänteisosmoosilaitteen liitännät ovat 1 tuuman G-tyyppisiä kierrelitöntöjä. Käänteisosmoosilaitteen sisääntulossa on 1 tuuman yhteys, ulostulossa on $\frac{3}{4}$ tuuman yhteys ja konsentraatin eli jätevedenulostulossa on $\frac{3}{4}$ tuuman yhteys. Kaikki yhteydet ovat ulkokierrelitöntöjä. Käänteisosmoosilaitteen sisääntulon sekä poistoputken liittimien tulee olla ruostumattomat ja haponkestävät. Ruostumattomien ja haponkestävien liittimien hinnoittelut ovat arvioituja hintoja. Ne perustuvat internetistä löytyvien muiden saman tyyppisten liittimien hinnoitteluihin. Tarkkoja hintoja ei ollut saatavilla. [Kierre-teippi; putkikierre; M-RO systems 2019; Oikkonen 2019.]

Kaikki tässä työssä suunnitellut käänteisosmoosilaitteeseen yhdistettävät liittimet ovat G-tyyppisiä. Käänteisosmoosilaitteen veden sisääntulopuolelle asennetaan 1 tuuman sisäkierteillä oleva haponkestävä ja ruostumaton sulkuventtiili sekä 1 tuuman ulkokier-teellä ja sisäkierteillä oleva haponkestävä ja ruostumaton 21 mm:n kartioliitin. Käänteis-osmoosilaitteen veden ulostulopuolelle asennetaan $\frac{3}{4}$ tuuman sisäkierteillä oleva mes-sinkinen sulkuventtiili sekä $\frac{3}{4}$ tuuman ulkokier-teellä ja 22 mm:n putkiliitännällä oleva messinkinen puserrusliitin. Käänteisosmoosilaitteen poistoputken lähtöön asennetaan $\frac{3}{4}$ tuuman sisäkierteillä oleva haponkestävä ja ruostumaton 21 mm:n kartioliitin.

Messinkisen $\frac{3}{4}$ tuuman sisäkierteillä olevan sulkuventtiilin hinta on noin 15 euroa. Mes-sinkisen $\frac{3}{4}$ tuuman ulkokier-teellä ja 22 mm:n putkiliitännällä olevan puserrusliitimen hinta on noin 10 euroa. [Palloventtiili Oras EM 400020 3/4 SK PN25; Puserrusliitin UK 3/4x22 mm EM.]

9 Pumput, säiliö ja oheislaitteet

Pumpun valintaan vaikuttaa kohteen vedenlaatu, järjestelmän sijoitus verrattuna vesilähteeseen ja pumpun vedenlaatuvaatimukset. Ennen pumpun valintaa olisi hyvä tehdä vesianalyysi kohteen vedestä, sekä selvittää mm. veden korkeusero järjestelmään nähden. Pumppu tulee valita niin, että se toimii prosessin kannalta parhaalla mahdollisella hyötysuhteella. Valinnassa käytetään usein pumpun ominaiskäyrää apuna. [Federley 2009: 7.]

Tässä opinnäytetyössä raakavesipumppu valitaan paineen ja kapasiteetin perusteella, koska vaadittavaa nostokorkeutta ei tiedetä. Käänteisosmoosin korkeapainepumppu pumppaa maksimissaan 550 l/h. Suodattimen maksimityöpaine on 6 bar. Vedenpehmentimen työpaine on 2–6 bar. Käänteisosmoosilaitteen sisääntuloveden paineen tulee olla 2–6 bar, jonka jälkeen käänteisosmoosilaitteen oma korkeapainepumppu nostaa vedenpaineen laitteen vaatimaan paineeseen. Vedenpehmentimen paineenalenema on 0,5–1 bar. Esisuodattimien paineenalenema on 0,4–1,8 bar. Raakavesipumpuksi valitaan pumppu, joka toimii laitteiston sallimalla paineella, ja joka huomioi esisuodattimien ja vedenpehmentimen paineenaleneman. Pumpuksi valitaan siis sellainen, jonka paine on 4,8–6 baaria ja kapasiteetti on vähintään 550 l/h. [Federley 2009: 6; M-RO systems 2019; Iron and hardness reduction filter of continuous flow Ecosoft FK 1665 Twin (Ecomix® A); Aqva XL koon hienosuodatuspaketti 1 mikrometrin mekaaninen suodatin ja kotelo.]

9.1 Raakavesipumppu ja liittimet

Raakavesipumpuksi valitaan 28630-sarjan haponkestävä Jabsco FIP -kumisiipipumppu (kuva 30). Kumisiipipumput kestävät hyvin nesteeseen sisältäviä partikkeleita eivätkä ne juumiudu tai hajoa näistä johtuvista haitoista. Pumpun maksimipaine on 5 bar ja maksimivirtaus on 520 l/min. Pumppu kestää veden pehmeitä ja kovia kiintoaineita, joiden halkaisijat ovat korkeintaan 14 mm. Mikäli pumpattavassa nesteessä on suurempia kiintoaineita, tulee ennen pumppua asentaa esim. sihti tai muu kiintoaineita suodattava osa varmistamaan, ettei pumppuun pääse suurempia epäpuhtauksia. Pumppu painaa 18 kg ja sillä on 3 tuuman G-tyyppiset kierrelitännät. Pumpun litännät ovat ulkokierrelitännöjä. Pumpun mitat ovat arviolta pituus 514 mm, leveys 260 mm ja korkeus 230 mm. Se on

valmistettu hapon ja ruosteen kestävästä materiaaleista. [Leppänen 2019; 500 Size Stainless Steel FIP Pedestal Pump; 28540-2101H3 2" S370 'Industrial' Flexible Impeller Motor Pump Unit.]



Kuva 30. Jabsco FIP -kumisiipipumppu [FIP kumisiipipumppu, haponkestävää terästä – asennusjalka/-jalusta. Teollisuuskäyttöön].

Pumppuun valitaan moottori sen mukaan mitä ainetta pumpataan, ja kuinka paljon ainetta pumpataan. Pumpattavan nesteen viskositeetti määrää vahvasti moottorilta vaadittavan tehon. Kyseiseen pumppuun suunnitellaan 1-vaiheinen 230 V:n moottori, jolla on 1450 rpm (revolutions per minute). Tuotto tällä on noin 20 l/min. Kyseisellä moottorilla voi pumpata korkeintaan 500 cP:n (senttipoisei) aineita. Esim. 20 °C:ssa veden viskositeetti on 1,002 cP ja oliiviöljyn viskositeetti on noin 81 cP. Pumpun imukorkeus on 5 m ja käyttölämpötila on 4–70 °C. Kyseisen pumpun tarkkaa hintaa ei ollut saatavilla. Arvio pumpun hinnasta perustuu muihin saman pumpun eri malleihin. Pumpun arvioitu hinta on noin 1 600 euroa. PEX-putki liitetään raakavesipumppuun 3 tuuman G-tyyppisillä sisäkierteillä olevilla haponkestävillä ja ruostumattomilla letkukaroilla ja letkunkiristäjillä. [Leppänen 2019; FIP kumisiipipumppu, haponkestävää terästä – asennusjalka/-jalusta. Teollisuuskäyttöön; Water – Density Viscosity Specific Weight; 28540-2101H3 2" S370 'Industrial' Flexible Impeller Motor Pump Unit.]

Toisena pumppuvaihtoehtona on Ebara RST -keskipakopumppu. Pumpun teho on 1,1 kW ja sen maksimipaine on 7 bar. Sen maksimituotto on 73 000 l/h ja se on itseimevä. Ebran pumput soveltuvat jätevesi-, energia- ja voimalaitossovelluksiin. Kuvassa 31 on esitetty kyseinen pumppu. [Ebara 3M-3LM-sarja; Ebara keskipakopumput.]



Kuva 31. Ebara RST -keskipakopumppu [Ebara 3M-3LM-sarja].

Sen valmistusmateriaali vaihtoehdot ovat AISI 304 ja AISI 316. AISI 304 on valmistettu ruostumattomasta teräksestä. AISI 316 on valmistettu ruostumattomasta teräksestä ja se on haponkestävä. Pumpun hinta on noin 1 140 euroa. Sen liitännät ovat 50 mm ja 32 mm. Tämä pumppuvaihtoehto valittaessa, tulee ennen pumppua asentaa esim. sihti tai muu kiintoaineita suodattava osa varmistamaan, ettei pumppuun pääse suurempia epäpuhtauksia. [Ebara 3M-3LM-sarja; 3 - 3l series: 83.]

9.2 Puhdasvesipumppu ja liittimet

Puhtaanveden ulostulopumpuksi valitaan Flojet-vesipumppu (kuva 32). Pumppu on an-turiohjattu kalvopumppu. Pumpun imukorkeus on 1,8 m ja sen kapasiteetti on 12,5 l/min. Sen mitat ovat pituus 208 mm, leveys 160 mm ja korkeus 95 mm. Pumpun paino on 1,8 kg. Pumpun paine on 2,4 bar ja vesiliitännät ovat ½ tuuman G-tyyppisiä ulkokierrelitän-töjä. Pumpun virta on 0,25 A ja käyttöjännite 230 V. Sen teho on 57,5 W. [Vesipumppu Flo-Jet 230V 12,5 litraa.]



Kuva 32. Flojet-vesipumppu [Vesipumppu Flo-Jet 230V 12,5 litraa].

Pumppuun ei tarvitse hankkia painevaraajaa, koska sen sisäinen elektroniikka varmistaa tasaisen paineen. Se on itsesäätyvä ja sillä on ylikuumenemissuoja. Pumpun suojausmekanismi sulkee sen, mikäli vesijärjestelmässä havaitaan vikaa. Pumpun hinta on noin 340 euroa. [Vesipumppu Flo-Jet 230V 12,5 litraa].

Puhdasvesipumppu liitetään järjestelmän säiliöön ja käänteisosmoosilta tulevaan putkeen. Linjalle asennetaan paineenrajoitusventtiili ennen puhdasvesipumppua. Paineenrajoitusventtiili suojaa ylipaineelta ja paineiskulta.

Kaikki tässä työssä suunnitellut puhdasvesipumppuun yhdistettävät liittimet ovat G-tyyppisiä. Puhdasvesipumpun veden sisääntulopuolelle asennetaan ½ tuuman sisäkierteillä oleva sinkitystä teräksestä valmistettu paineenrajoitusventtiili, ½ tuuman ulkokierteellä ja 22 mm:n putkiliitännällä oleva messingistä valmistettu puserrusliitin. Puhdasvesipumpun ulostulopuolelle asennetaan ½ tuuman sisäkierteillä oleva messingistä valmistettu T-liitin ja siihen liitetään ½ tuuman ulkokierteillä oleva painemittari. Paineenrajoitusventtiilin hinta on noin 40 euroa, T-liittimen hinta on noin 5 euroa ja painemittarin hinta on noin 20 euroa. ½ tuuman ulkokierteellä ja 22 mm:n putkiliitännällä olevan puserrusliittimen hinta on noin 10 euroa [T-yhde ½; Paineenrajoitusventtiili 1/2 VMP 10-180 bar; Puserrusliitin UK 1/2x22 mm EM.]

9.3 Sulanapitokaapeli ja säiliö

Koska raakavesipumpun käyttölämpötila on 4–70 °C, asennetaan ennen raakavesipumppua putken sulanapitokaapelia veden lämmitykseen. Tätä mitoitetaan järjestelmään 5 m. Sulanapitokaapeli toimii 230 V:lla ja sen halkaisija on 5,5 mm. Se soveltuu asennettavaksi putken sisä- tai ulkopuolelle. Sisälle asennettaessa tulee lisäksi asentaa putken läpivientinippa sekä T-liitin asennukseen. 6 m:n sulanapitokaapelin kulutus on 44 W. T-liittimen sekä läpivientinipan tulee olla ruostumattomia sekä haponkestäviä. Sulanapitokaapelin hinta on noin 50 euroa. Haponkestävän ja ruostumattoman läpivientinipan hinta on noin 40 euroa. Haponkestävän ja ruostumattoman T-liittimen hinta on noin 40 euroa. [LK 6 VJ sulanapitokaapeli; RST läpivienti 1"1/2; Parker Stainless Steel 316 Pipe Fitting, Street Tee, 1/4" NPT Female x 1/4" NPT Female x 1/4" NPT Male.]

Tässä opinnäytetyössä suunniteltu käänteisosmoosijärjestelmä voi tuottaa maksimissaan noin 467,5 l/h. Järjestelmä tuottaa puhdasta vettä 24 tunnin aikana

$$467,5l * 24h = 11\ 220l.$$

Käänteisosmoosilaitteen mukana tulee 300 litran elintarvikesäiliö, jossa on ylä- ja alapintakytkimet. Tämä kattaa maksimituotolla hieman yli puolen tunnin veden tuoton. Säiliön halkaisija on 62 cm ja korkeus on 110 cm. Tässä opinnäytetyössä ei suunnitella kontille toista säiliötä, kontin rajallisen tilan vuoksi. Mikäli suuremmalle säiliölle on tarvetta, säiliö pitää hankkia paikallisten voimin. Jos järjestelmään liitetään suurempi säiliö, tulee käänteisosmoosilaitteeseen ja suurempaan säiliöön asentaa ylä- ja alapintakytkimet. [Kurakin 2019]

10 Putkisto

Putkikoon määrittäminen voidaan laskea virtausnopeuden avulla. Putkikoon halkaisijan voi laskea kaavalla 2

$$d = \sqrt{\frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot v}} \quad (2)$$

jossa d on putken sisähalkaisija (m), Q on suurin putkistossa kulkeva tilavuusvirta (m^3/s) ja v on putkiston nesteen virtausnopeus (m/s) [Piipponen2013: 24].

Koska virtausnopeutta ei usein tiedetä etukäteen, käytetään ohjeellista veden virtausnopeuden arvoa. Ohjeellinen veden virtausnopeus on pumpun imuputken virtausnopeus 0,5–1,5 m/s tai pumpun paineputken virtausnopeus 1,5–3 m/s. Veden tilavuusvirran arvona käytetään käänteisosmoosilaitteen suurinta tilavuusvirtaa. Käänteisosmoosin suurin raakaveden tilavuusvirta on 9,8167 l/min eli 0,0001636 m^3/s . Arvolla 1 m/s putken sisähalkaisijaksi saadaan [Piipponen 2013: 24–25.]

$$d = \sqrt{\frac{0,0001636 \cdot 4}{\pi \cdot 1}} = 0,0081\text{m}.$$

Arvolla 0,5 m/s putken sisähalkaisijaksi saadaan

$$d = \sqrt{\frac{0,0001636 \cdot 4}{\pi \cdot 0,5}} = 0,016\text{m}.$$

Vesiputken halkaisijan valintaan vaikuttaa myös putkiston pituus. Alle 10 m:n pitkälle putkistolle suositellaan halkaisijaltaan 20 mm:n putkia. Valitaan näiden tietojen perusteella järjestelmään noin 20 mm:n halkaisijan putkisto. [Mitkä ovat putkien mitat. Vesiputkien halkaisija: miten valita ja laskea.]

Järjestelmään valitaan ruostumatonta ja haponkestävää kierteitettävää teräsputkea. Teräsputkisto tulee raakavesipumpun ja suodattimien väliin, suodattimien ja vedenpeh-

mentimen väliin, vedenpehmentimen ja käänteisosmoosilaitteen väliin sekä käänteisosmoosilaitteen poistoputkeksi. Teräsputken paino on 0,97 kg/m. Teräsputken ulkohalkaisija on 21,3 mm ja sisähalkaisija on 19,3 mm. Teräsputken arvioitu hinta on noin 20 euroa/m. Teräsputkea mitoitetaan järjestelmään 1 m. [Teräsputki hitsattu Ø 21,3 x 2,0 mm HST 1.4432 hehkutettu peitattu pituus 6 m.]

Raakaveden sisääntuloputkeksi, puhtasvesipumpun ja säiliön väliin sekä vedenpehmentimen poistoputkeksi valitaan PEX-käyttöputki suojaputkella (kuva 33). Putki on suunniteltu käytettäväksi rakennusten kylmä- ja lämminvesijohtona. Sen maksimipaine on 10 bar. [Käyttövesiputki 22x3,0-34/29 suojaputkessa 50m PN10 Uponor Combi Pipe.]



Kuva 33. PEX-käyttöputki [Käyttövesiputki 22x3,0-34/29 suojaputkessa 50m PN10 Uponor Combi Pipe].

PEX-putken hinta on noin 8 euroa/m. Sen ulkohalkaisija on 22 mm ja sisähalkaisija on 19 mm. PEX-putkien kerrostumien muodostumisriski sekä painehäviöt ovat vähäiset. PEX-putkilla ei ole sakkaantumista tai korroosiovaurioita. Ne sietävät korkeita ja matalia pH-arvoja ja niillä on erittäin hyvä kemikaalinkestävyys. PEX-putkea mitoitetaan järjestelmään 15 m. [Käyttövesiputki 22x3,0-34/29 suojaputkessa 50m PN10 Uponor Combi Pipe; Uponor PEX-putket ja niiden ominaisuudet: 4–6.]

Käänteisosmoosilaitteen ja puhtasvesipumpun väliin valitaan kupariputkisto, jonka ulkohalkaisija on 22 mm ja sisähalkaisija on 20 mm (kuva 34). Putki on kovaa putkea. Sen suurin sallittu käyttöpainne on 54 bar. [Kupariputki Cupori 110 Premium 22x3000.]

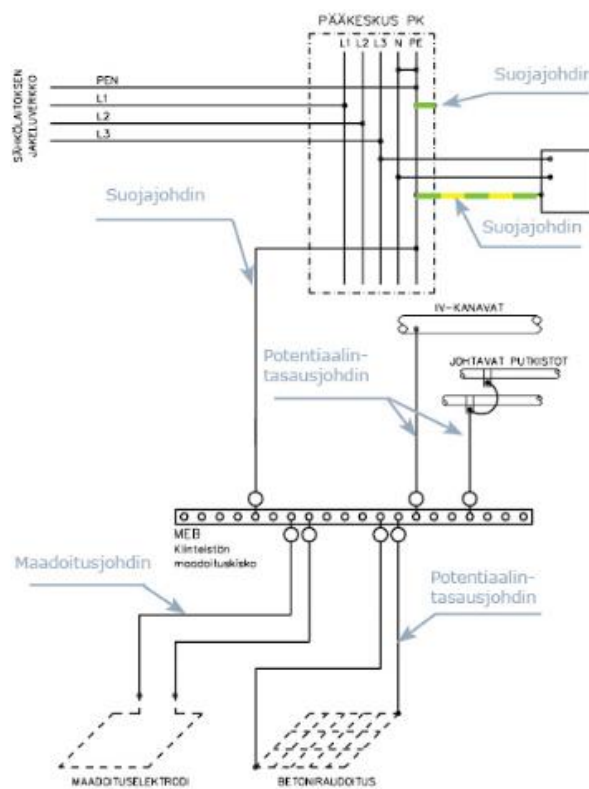


Kuva 34. Kupariputki [Kupariputki Cupori 110 Premium 22x3000].

Putken hinta on noin 20 euroa/m ja se painaa 0,59 kg/m. Mitoitetaan tätä järjestelmän 1 m. [Kupariputki Cupori 110 Premium 22x3000.]

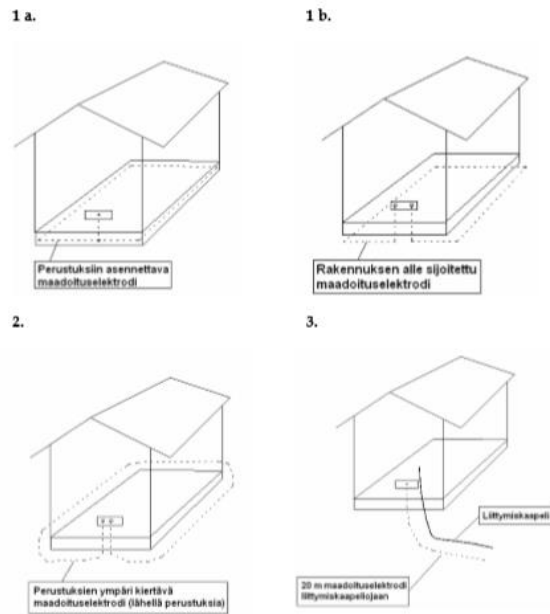
11 Maadoitus ja potentiaalintasaus

Järjestelmän maadoittamisella suojaudutaan sähköiskuilta ja muilta häiriöiltä. Potentiaalintasauksen tarkoituksena on estää vaarallisten jännite-erojen syntyminen johtavien osien välille. Näitä osia ovat mm. metalliset kotelot, johtavat putkistot ja rakennusten metalliset rungot. Maadoituksen mahdollista toteuttamista on esitetty kuvassa 35. [Vihavainen 2011: 19; Maadoitus.]



Kuva 35. Maadoitusesimerkki [Harsia 2009].

Kontin ja järjestelmän maadoitus pitää suunnitella kohteen mukaan. Maadoituselektrodi tulee valita maaperän ominaisuuksien perusteella. Maadoituselektrodin asennuksesta on esitetty vaihtoehtoja kuvassa 36. [Vihavainen 2011: 29.]



Kuva 36. Maadoituselektrodin asennusvaihtoehtoja [Maadoituselektrodin toteutus (SFS 6000-5-54) 2016: 2].

Maadoituselektrodin pitää olla vähintään 16 mm²:n kupariköyttä tai -lankaa tai 90 mm²:n kuumasinkittyä terästä. 16 mm²:n kupariköyden hinta on noin 2 euroa/m. Mitoitetaan kupariköyttä järjestelmään 50 m. [Harsia 2009; CU16 kuparijohdin 25 m.]

Maadoitusjohdin yhdistää maadoituselektrodin ja maadoituskiskon toisiinsa. Maahan asennetun maadoitusjohtimen poikkipinta-alan mitoitus on havainnollistettu kuvassa 37. [Harsia 2009.]

Maadoitusjohdin	Minimipoikkipinta mm ² suojattuna mekaaniselta vahingoittumiselta	Minimipoikkipinta mm ² suojaamatta mekaaniselta vahingoittumiselta
Suojattu korroosiolta	2,5 (Cu) / 10 (Fe)	16 (Cu) / 16 (Fe)
Suojaamatta korroosiolta	16 (Cu) / 50 (Fe)	16 (Cu) / 50 (Fe)

Kuva 37. Maahan asennettujen maadoitusjohtimien poikkipinta-alat [Harsia 2009].

Potentiaalintasaus- ja maadoitusjohtimiksi valitaan 16 mm²:n kuparista kytkentälankaa. Langan käyttölämpötila on –40...+70 C°. Sen kuori on PVC (polyvinyylikloridi) -muovia ja sisus on puhdasta kuparia. Kytkentälankaa myydään 50 m:n keloissa noin 95 euron hintaan. [4520016/50 - Kytkentälanka 16 mm² Musta PK=50 M, Lapp.]

Suojajohdin on sähköiskulta suojaava johdin. Sillä suojataan jännitteelle alttiit osat. Kuvassa 38 on esitetty suojajohtimen poikkipinta-alan mitoitus. Kuvan 38 mitoitusosuudet edellyttävät, että suojajohtimen materiaali on samaa kuin vaihejohtimen. [Harsia 2009.]

Äärijohtimen poikkipinta A_L [mm ²]	Suojajohtimen poikkipinta A_{PE} [mm ²]
$A_L < 16 \text{ mm}^2$	$A_{PE} = A_L$
$16 \text{ mm}^2 < A_L < 35 \text{ mm}^2$	16 mm ²
$A_L > 35 \text{ mm}^2$	$A_{PE} = 1/2 * A_L$

Kuva 38. Suojajohtimien mitoitus [Harsia 2009].

Järjestelmän suojajohtimeksi valitaan 16 mm²:n poikkipinta-alainen Draka Eca - MK 16 KEVI (Kelta-Vihreä) R100, 90C -asennusjohto. Suojajohdin on keltavihreä hienosäikeinen johdin, jonka johdinmateriaali on kupari ja kuorimateriaali on PVC-muovi. Johtimen käyttölämpötila on –40...+90 °C. Johdinta myydään 100 m:n paketeissa. Yhden paketin hinta on noin 480 euroa. [Asennusjohto Draka, Eca - MK 16 KEVI R100, 90C.]

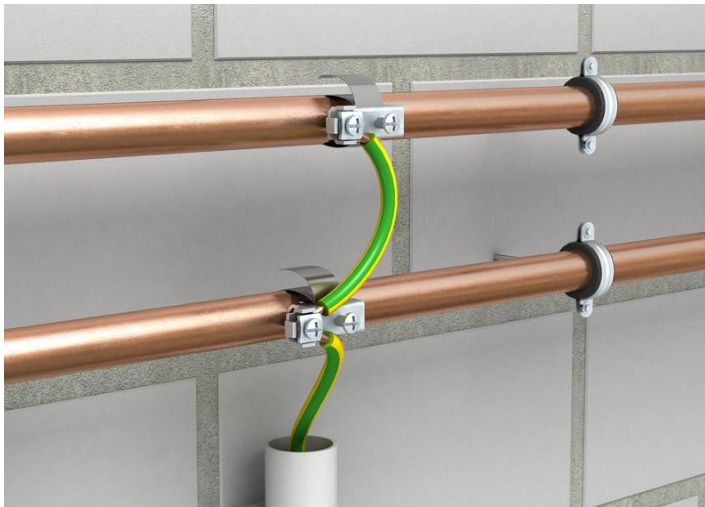
Päämaadoituskisko on maadoitusten ja potentiaalintasauskoontipiste. Päämaadoituskiskoon asennetaan järjestelmän maadoitusjohtimet, pääpotentiaalintasausjohtimet sekä toiminnalliset maadoitusjohtimet. Kuparisen potentiaalintasausjohtimen on oltava vähintään 6 mm² poikkipinta-alaltaan, alumiinisen vähintään 16 mm² ja teräksisen vähintään 5 mm². Kisko asennetaan usein suurimman keskuksen läheisyyteen. Jokainen kiskoon yhdistetty johdin on voitava irrottaa erikseen. Maadoituskiskoksi valitaan potentiaalintasauskisko AM 4 (kuva 39). Tähän sopii 8 kappaletta 4–50 mm²:n ja 2 kappaletta 70 mm²:n johtimia. Sen runko on tinattua kuparia, ruuvit ovat sinkittyä terästä ja korotusosat ovat kestumuovia, joka kestää pintavirran. [Vihavainen 2011: 39–40; Harsia 2009; Potentiaalintasauskisko AM 4.]



Kuva 39. Maadoituskisko [Potentialintasauskisko AM 4].

Maadoituskiskon hinta on noin 35 euroa. Maadoituskiskoja tarvitaan kaksi kappaletta järjestelmään. [Potentialintasauskisko AM 4.]

Maadoitusjohtimet liitetään järjestelmän putkistoon pannoilla. Maadoitusjohtimen liittämistä putkeen maadoituspannalla on havainnollistettu kuvassa 40.



Kuva 40. Putkiston maadoitusesimerkki [Maadoitusliitin TBS - 927 1, maadoituspanna Ø17-48mm - OBO Bettermann].

Kuvassa 41 on esitetty järjestelmään valittu maadoituspanna. Maadoituspanna mahdollistaa maadoitusjohtimien liittämisen putkistoon ilman hitsausta. [Vihavainen 2011: 77].



Kuva 41. Maadoituspanta [Maadoituspanta 927/1 3/8-1 ½].

Valitun maadoituspannan halkaisija on 17–48 mm. Sen hinta on noin 6 euroa [Maadoituspanta 927/1 3/8-1 ½]. Maadoituspantoja suunnitellaan järjestelmään 5 kappaletta.

12 Kontti ja laitteiston mitoitus konttiin

Kontti on standardikokoinen 20 jalan merikontti. Sen ulkomitat ovat pituus 6 050 mm, leveys 2 440 mm ja korkeus 2 590 mm. Sen sisämitat ovat pituus 5 898 mm, leveys 2 340 mm ja korkeus 2 370 mm. Kontti painaa 2 300 kg. [20' DC merikontti (uusi).]

Kontin kustannuksista erikoisvarusteilla kysyttiin useilta merikonttimyyjiltä. Sähköposti-kyselyihin ei saatu vastauksia. Tästä johtuen kontin kustannusarvio pohjautuu vakiovarustetun teräskontin ja erikoisvarustetun teräskontin hintoihin.

Uuden 20 jalan merikontin hinta ilman erikoisvarusteluja on noin 2 910 euroa. Samanlainen käytetty kontti on noin 1 590 euroa. Teräskontin vakiovarusteisiin kuuluu ilmanvaihtotenttiilit, pariovet kontin päädyssä ja vanerilattia. Murtosuojauksella ja sähköistyksellä varustetun uuden kontin hinta on noin 3 370 euroa. [20' DC uusi merikontti; Konttien vuokraus; Teräskontti.]

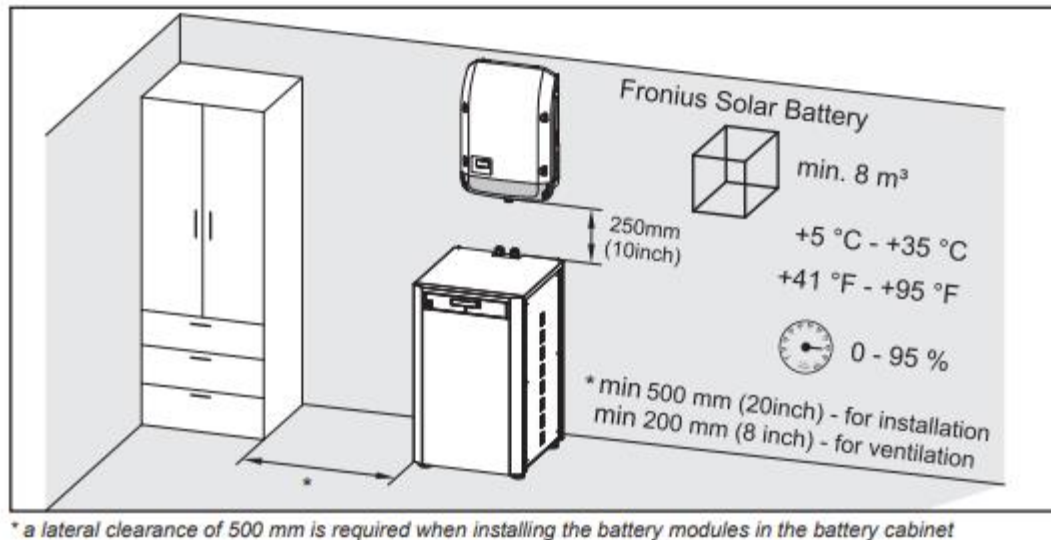
Tässä opinnäytetyössä arvioidaan kontin hinnaksi 3 000 euroa. Kontin erikoisvarusteeksi suunnitellaan koneellinen ilmanvaihto ja molemmista päädyistä avautuvat ovet. Lisäksi kontin lattialle voidaan asentaa erillinen ritilälattia, jotta vuototilanteessa neste ei leviä muille kontin laitteistolle.

12.1 Akut

Akustot suunnitellaan kontin toiselle seinälle. Ne mitoitetaan ryhmäkeskuksen sekä invertterin läheisyyteen. Yhden akuston mitat ovat leveys 600 mm, korkeus 883 mm ja syvyys 510 mm. Kaksi akustoa vie siis kontin seinältä yhteensä

$$600\text{mm} * 2 = 1200\text{mm}.$$

Koska Battery Box Pro 10.0:n manuaalissa ei ole mainintaa akkujen väliin jätettävästä tilasta, käytetään toisen akun manuaalissa suositeltuja välitiloja. Nämä nähdään kuvassa 42.



Kuva 42. Fronius Solar Battery -akun suositeltu sijoitus [Fronius Energy Package: 10].

Lisätään siis 500 mm vapaata tilaa akkujen molemmin puolin asennusta varten. Tällöin akut ja vapaat tilat vievät yhteensä

$$1200\text{mm} + 500\text{mm} * 3 = 2700\text{mm}.$$

Kontin sisäseinän pituus on 5 898 mm. Vapaata tilaa kontin tällä seinällä on jäljellä

$$5898\text{mm} - 2700\text{mm} = 3198\text{mm}.$$

12.2 Invertteri ja ryhmäkeskus

Invertteri ja ryhmäkeskus suunnitellaan akkujen viereen, samalle seinälle asennettavaksi. Invertterin viereen mitoitetaan ryhmäkeskus. Victron EasySolar 48/3000:n käyttöohjetta ei ollut saatavilla. Käytetään mitoituksessa Victron EasySolar 1600 -invertterin käyttöohjetta. Käyttöohjeessa neuvotaan, että invertterin ympärillä tulee olla vähintään 100 mm vapaata tilaa jäähdytystä varten. [Käyttöohje EasySolar 2017: 12.]

Invertterin leveys on 328 mm ja ryhmäkeskuksen leveys on 383 mm. Niiden yhteisleveys on

$$328\text{mm} + 383\text{mm} = 711\text{mm}.$$

Näiden väliin sekä laitteiden toiselle puolelle suunnitellaan 150 mm vapaata tilaa jäähdytykselle. Invertteri, ryhmäkeskus ja niiden ympärillä olevalle vapaalle tilalle varataan siis kontin seinältä

$$711\text{mm} + 150\text{mm} * 2 = 1011\text{mm}$$

Kontin tällä seinällä on vapaata tilaa jäljellä 3 198 mm. Invertterin ja ryhmäkeskuksen jälkeen vapaata tilaa on

$$3198\text{mm} - 1011\text{mm} = 2187\text{mm}.$$

12.3 Aurinkopaneelit

Paneelit kuljetetaan invertterin, ryhmäkeskuksen ja akuston kanssa samalla seinällä. Aurinkopaneelit suunnitellaan nippuun konttiin Sonja Salon [2019] työn mallin 3 mukaisesti. Käytön aikana ne otetaan ulos ja levitetään maatasoon. Paneelien kanssa kuljetetaan niiden kiinnitystelineet. Yhden telineen korkeus on 2 100 mm ja se sijoitetaan konttiin kontin korkeussuunnassa. Kontin korkeus on 2 370 mm. Aurinkopaneelien leveys on 992 mm. Se sijoitetaan konttiin kontin pituussuunnassa.

Yhden aurinkopaneelin syvyys on 35 mm. Yhdeksän aurinkopaneelin syvyys on yhteensä

$$35\text{mm} * 9 = 315\text{mm}$$

Tähän lisätään aurinkopaneelien telineet. Oletetaan, että aurinkopaneelit suunnitellaan asennettavaksi suoraan maahan. Jos telineinä käytetään tässä työssä esiteltyjä alumiinikiskoja, telineiden yhteissyvyudeksi tulee

$$30\text{mm} * 9 = 270\text{mm}.$$

Paneelien ja telineiden syvyys yhteensä on

$$315\text{mm} + 270\text{mm} = 585\text{mm}.$$

Paneelien ja telineiden syvyys tulee konttiin sen leveyssuunnassa.

12.4 Käänteisosmoosilaitte, vedenpehmentin, esisuodattimet, pumput ja säiliö

Mitoitetaan käänteisosmoosilaitte, vedenpehmentin, esisuodattimet, raakavesipumppu, puhdasvesipumppu ja säiliö kontin toiselle seinälle. Käänteisosmoosilaitteen leveys on 740 mm, vedenpehmentimen leveys on 1 600 mm, suodattimien leveys on noin 540 mm, raakavesipumpun leveys on 260 mm, puhdasvesipumpun leveys on 160 mm ja säiliön halkaisija on 620 mm. Näiden yhteisleveys on

$$740\text{mm} + 1600\text{mm} + 540\text{mm} + 260\text{mm} + 160\text{mm} + 620\text{mm} = 3920\text{ mm}.$$

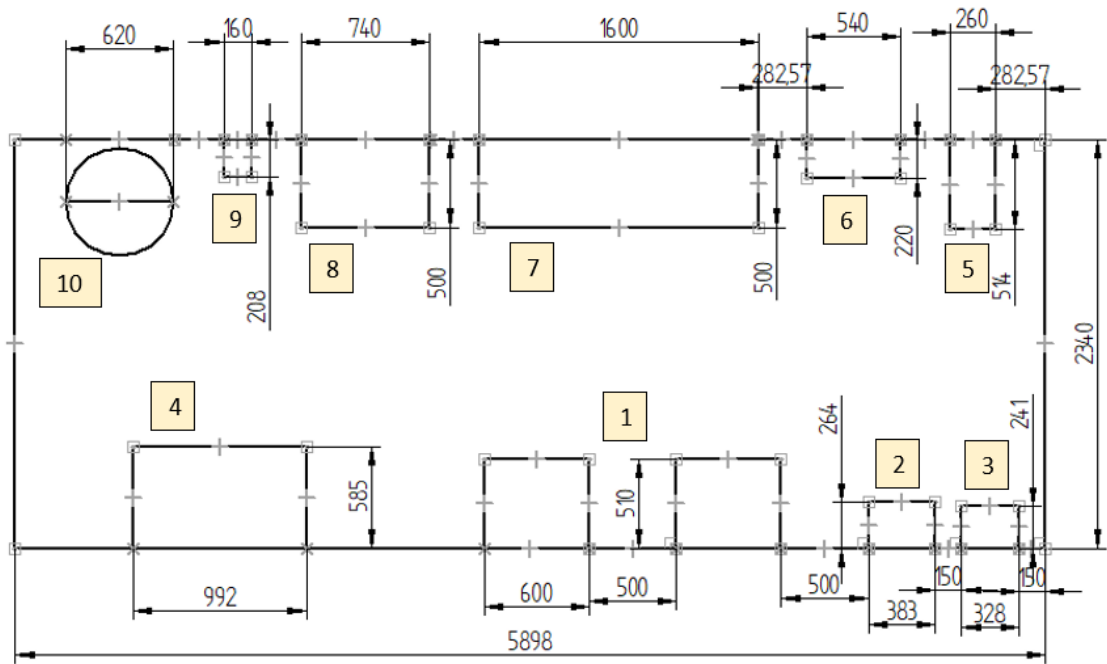
Kontin kokonaispituus on 5 898 mm. Ylimääräistä tilaa laitteiden ympärillä jää kontin seinälle

$$5898\text{mm} - 3920\text{mm} = 1978\text{mm}.$$

Jos jokaisen laitteen väliin mitoitetaan saman verran tilaa, jää laitteiden ympärille vapaata tilaa

$$\frac{1978\text{mm}}{7} = 282,571\text{mm}.$$

Koko laitteiston mitoitusta konttiin on esitetty kuvassa 43. Kuva on kontin pohjakuva ja sen mitat ovat millimetreissä.



Kuva 43. Laitteiston mitoitus konttiin.

Kuvassa laitteisto on numeroitu. Numero 1 on akut, 2 on ryhmäkeskus, 3 on invertteri, 4 on aurinkopaneelit, 5 on raakavesipumppu, 6 on esisuodattimet, 7 on vedenpehennin, 8 on käänteisosmoosilaitte, 9 on puhdasvesipumppu ja 10 on säiliö. Kontin kaikki laitteiston osat mahtuvat konttiin sen korkeussuunnassa.

13 Paineistetun jäteveden hyödyntäminen

Tässä opinnäytetyössä ei suunnitella paineistetun veden hyödyntämistä kokonaisuudessaan. Paineistetun veden hyödyntämiselle esitellään ehdotus sekä selvennetään ehdotukseen tarvittavaa laitteistoa. Mikäli halutaan käytännössä toteuttaa ehdotelma, tulee ehdotetun laitteiston toimivuus järjestelmässä sekä keskenään varmistaa sekä selvittää laitteistoon tarvittava lisälaitteisto.

Paineistetun jäteveden hyödyntämisessä voidaan käyttää Pelton-turbiinia. Pelton-turbiini soveltuu pienille virtaamille ja suurille korkeuseroille. Pelton-turbiiniin tulee valita juoksupyörä, generaattori, tuloputki, johtosuutin, poistokanavaputki sekä sulkuventtiilit. Turbiinin osia esitellään kuvassa 44. [What is a Pelton Turbine?; 2 Sähkön kulutus ja tuotanto: 3.]

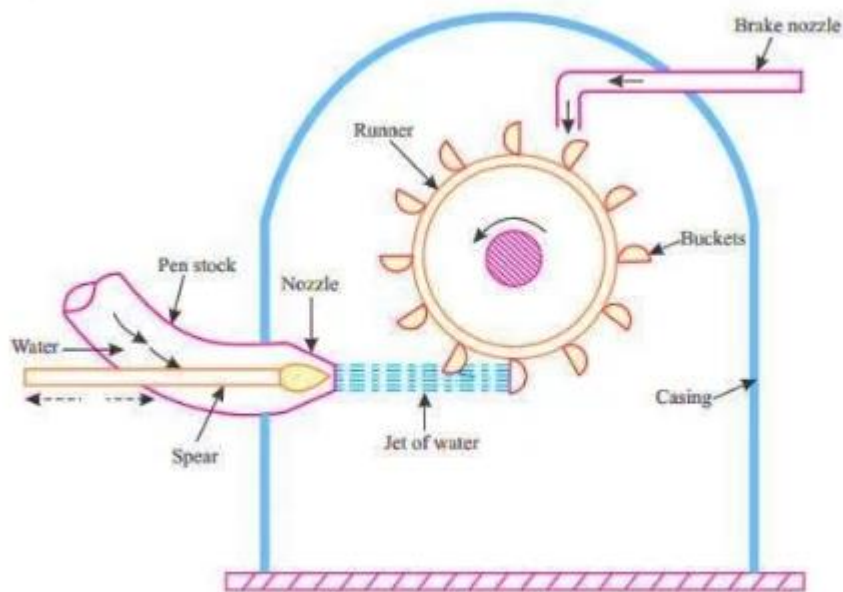
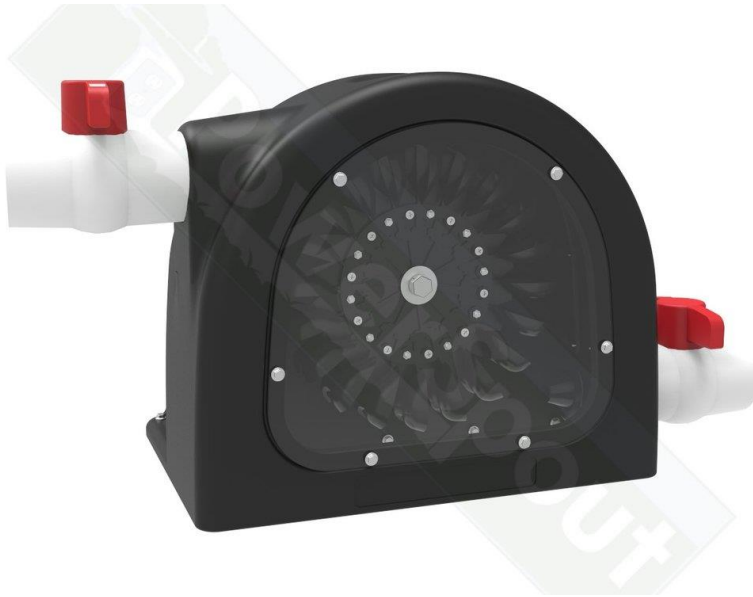


Fig 1: Parts of Pelton Turbine

Kuva 44. Pelton-turbiinin laitteisto [What is a Pelton Turbine?].

Lisäksi juoksupyörällä olisi hyvä olla kotelo, jotta veden virtaama saadaan kohdistettua oikein ja turbiini olisi turvallinen. Juoksupyöräksi vaihtoehtona on esim. kuvan 45 Powerspout PLT -juoksupyörä.



Kuva 45. Powerspout PLT Pelton -juoksupyörä kotelolla [PowerSpout PLT].

Kyseisen juoksupyörän ulkohalkaisija on 290 mm, juoksupyörällä on 20 kuppia, sen liitännän halkaisija on 12 mm ja se on valmistettu nailonista. Tämän turbiinin kanssa korkeusero tulisi olla 3–130 m ja virtaus välillä 0,05–10 l/s. Sen mitat ovat korkeus 430 mm, leveys 370 mm ja syvyys 400 mm. [PowerSpout PLT.]

Pientuulivoimaloiden ja pienvesivoimaloiden generaattoriksi valitaan usein kestmagneettigeneraattori. Kestomagneettigeneraattori muuttaa liike-energian sähköiseksi energiaksi. Roottori magnetoidaan kestmagneeteilla. Kestomagneetti on magneetti, jossa on pysyvästi magneettiset kaksinapaa. Se sisältää ainetta, joka on magneettista myös silloin, kun se ei ole ulkoisessa magneettikentässä. Kestomagneettigeneraattorilla voidaan hyödyntää myös alhaiset pyörimisnopeudet. Generaattoriksi vaihtoehtona on esim. kuvan 46 generaattori. [Magneettisuuden voi hävittää; Hiltunen 2013: 2.]



Kuva 46. Makemu-vesivoimageraattori [Three-Phase alternator Brushless Permanent Magnet Generator Electric Wind Turbine hydroelectric Dinamo 12V 24V 48V].

Tämä on 3-vaiheinen kestopagneettigeneraattori. Tällä generaattorilla voidaan tuottaa sähköä tuuli- tai vesivoimalla. Siitä saadaan ulos 12 V 60 rpm:llä, 24 V 120 rpm:llä ja 48 V 240 rpm:llä. Generaattori painaa 1 kg. [Three-Phase alternator Brushless Permanent Magnet Generator Electric Wind Turbine hydroelectric Dinamo 12V 24V 48V.]

14 Järjestelmän mittatiedot ja kustannukset

Tässä opinnäytetyössä on suunniteltu järjestelmä tuottamaan vain juomavettä. Ihminen tarvitsee noin 2 litraa juomavettä vuorokaudessa. Järjestelmä tuottaa korkeintaan 11 220 litraa päivässä. Järjestelmä voi siis kattaa maksimissaan 5 610 ihmisen juomaveden tarpeen päivässä.

Järjestelmän kokonaispinta-ala lasketaan kontin pinta-alan ja aurinkopaneelien viemän pinta-alan perusteella. Pelkän merikontin pinta-ala on

$$6,05m * 2,44m = 14,762m^2.$$

Aurinkopaneelien viemä tila lasketaan kolmen aurinkopaneelin yhteisleveyden sekä 9 m:n kaapelin perusteella. Aurinkopaneelien viemä tila on tällöin

$$9m * (3 * 0,992m) = 26,784mm^2.$$

Järjestelmän kokonaispinta-ala on

$$14,762mm^2 * 26,784mm^2 = 395,385mm^2.$$

Tässä opinnäytetyössä suunnitellun laitteiston kustannukset on esitetty liitteessä 1. Kustannuksiin ei ole laskettu mukaan aurinkopaneelien kiinnitystelineitä. Järjestelmän kokonaiskustannus on 33 122 euroa.

Liitteessä 2 on esitetty kontin eri laitteiden massoja ja kontin kokonaismassa. Kokonaismassaan ei ole laskettu mukaan liittimiä, johdotusta, PEX-putkistoa, säiliötä, vaihtosuodatinpatruunoita, ryhmäkeskuksen ovea, jakorasiaa eikä vaihto RO-kalvoja. Järjestelmän kokonaismassa on 3 260,3 kg.

15 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyö oli jatkoa Sonja Salon [2019] opinnäytetyölle. Työn tarkoituksena oli suunnitella aurinkosähköllä toimiva vedenpuhdistusjärjestelmä 20-jalkaiseen merikonttiin. Tavoitteena oli valita laitteisto, mitoittaa se mahtumaan konttiin sekä selvittää kontin kustannukset. Järjestelmä pyrittiin suunnittelemaan niin, että sen voi kuljettaa minne päin maapalloa tahansa. Tarvittaessa käytettiin Sonja Salon [2019] työssä esitettyjä päiväntasaajan arvoja järjestelmän mitoituksen mahdollistamiseksi.

Opinnäytetyö täyttää sille asetetut tavoitteet. Työ selventää tarvittavaa laitteistoa ja niiden huoltovaatimuksia merikonttiin rakennetussa aurinkosähköllä toimivassa vedenpuhdistusjärjestelmässä. Työ mahdollistaa sen pohjalta vedenpuhdistusjärjestelmän osien tarkemman suunnittelun ja rakentamisen. Työn tuloksena syntyi mitoitettu, aurinkosähköllä toimiva, merikonttiin pakattu vedenpuhdistusjärjestelmä. Konttiin suunniteltiin akusto, aurinkopaneelit, invertteri ja MPPT-säädin, käänteisosmoosilaite, pumput, letkut, suodattimet, säiliö sekä muut oheislaitteet, kuten kaapelit ja liittimet. Laitteiden valinnassa huomioitiin mahdolliset käyttökohteet ja huoltojen vaatimukset. Lisäksi tutustuttiin pintapuolisesti aurinkopaneelien kiinnitystelineisiin sekä paineistetun jäteveden hyödyntämismahdollisuuteen.

Tätä opinnäytetyötä voi hyödyntää seuraavissa opinnäytetyöissä. Jatkona tälle työlle toiset opiskelijat voivat toteuttaa järjestelmän rakentamalla sen käytännössä, suunnittelella aurinkopaneelien kiinnitystelineet tai suunnittelella paineistetun jäteveden hyödyntäminen. Lisäksi voidaan mitoittaa järjestelmä uudelleen, mikäli tiedetään minne päin maailmaa järjestelmä kuljetetaan. Kuljetuskohteen ja sen ominaisuuksien, kuten maaperän ja vedenlaadun, tiedon perusteella voidaan suunnitella järjestelmälle sopivampi aurinkopaneelien kiinnitystelineiden maa-asennus, maadoitus, esisuodattimet, vedenpehmentin tai pumput.

Lähteet

1µm hienosuodatin Aqva XL koon koteloon. Verkkoaineisto. Aqva Finland Oy. <<https://www.aqva.fi/1-m-hienosuodatin-AQVA-XL-koo/ekauppa/pFCPS1M20B/>> Luettu 15.8.2019.

2 Pack - 316 Stainless Steel 1/4 NPT Female to 1/4 NPT Female Straight Hex Coupler/Coupling for Air, Liquid or Hydraulic Fitting - Industrial Air Tool Hose 1/4 Inch Coupling. Verkkoaineisto. Amazon.com. <https://www.amazon.com/Pack-Stainless-Straight-Hydraulic-Industrial/dp/B07SGZJL6C/ref=pd_sbs_60_1/262-1161474-6511215?_encoding=UTF8&pd_rd_i=B07SGZJL6C&pd_rd_r=ec558672-c15d-45ff-aa8a-50e276568e11&pd_rd_w=RoLa7&pd_rd_wg=Se9Fa&pf_rd_p=5873ae95-9063-4a23-9b7e-ea-fa738c2269&pf_rd_r=6XZ4QX7JDMNX9DDYAWH4&psc=1&refRID=6XZ4QX7JDMNX9DDYAWH4> Luettu 12.11.2019.

2 Sähkön kulutus ja tuotanto. Verkkoaineisto. <http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/2sahkon_kulutus_ja_tuotanto.pdf> Luettu 27.11.2019.

20' DC uusi merikontti. Verkkoaineisto. Finncontainers Oy. <<https://www.kontti.fi/uudet-kontit/20-dc-uusi-merikontti-p-3.html>> Luettu 12.9.2019.

20' DC merikontti (uusi). Verkkoaineisto. Scandic Container Oy. <<https://www.scandic-container.fi/kontit/20-dc-dry-cargo-merikontti/>> Luettu 11.9.2019.

28540-2101H3 2" S370 'Industrial' Flexible Impeller Motor Pump Unit. Verkkoaineisto. Xylem Water Solutions UK Ltd. <<https://www.jabscoshop.com/industrial/stainless-steel-and-epoxy-pumps/28540-2101h3-2-s370-industrial-flexible-impeller-motor-pump-unit.htm>> Luettu 10.11.2019.

3 - 3l series. Verkkoaineisto. Ebara Pumps Europe S.p.A. <<http://www.teknopump.fi/images/Esitteet/Keskipakopumput/Tiivisteelliset/Ebara%20teollisuuspumput/Ebara,%203-3L%20series.pdf>> Luettu 12.11.2019.

300W aurinkopaneeli. Verkkoaineisto. NordSolar. <<https://www.nordsolar.fi/aurinkopaneelit/300w-aurinkopaneeli>> Luettu 1.5.2019.

4520016/50 - KytKentälanka 16 mm² Musta PK=50 M, Lapp. Verkkoaineisto. Distrelec Group Inc. <<https://www.elfadistrelec.fi/fi/kytkentaelanka-16-mm-musta-pk-50-lapp-4520016-50/p/30049633?track=true>> Luettu 28.9.2019.

500 Size Stainless Steel FIP Pedestal Pump. Verkkoaineisto. ITT Industries. <https://www.oem.fi/ui/product-resources/oem/-_-27886.pdf?att=True&hash=8CC5AAD8CAB7A9D4DFF76FED7DB428F8> Luettu 11.11.2019.

Ale! Utu Keskuksen Ovi Valkoinen GD213J. Verkkoaineisto. M&M Visions Oy. <<https://www.talotarvike.com/utu-keskuksen-ovi-valkoinen-gd213j-p32169>> Luettu 5.7.2019.

Ale! UTU Pointer Ryhmäkeskus 3412 pinta-asennukseen. Verkkoaineisto. M&M Visions Oy. <https://www.talotarvike.com/utu-pointer-ryhmakeskus-3412-pinta-asennukseen-p55820?gclid=EALalQobChMIsJSRz7Hd5AIViOmyCh2UHgMCEAYYASABEg-LeW_D_BwE> Luettu 5.7.2019.

Amerisolar PERC aurinkopaneeli 300W, yksikide. Verkkoaineisto. Sun Solar Oy. <<https://kauppa.sunsolar.fi/shop/aurinkopaneelit/amerisolar-perc-aurinkopaneeli-300w-yksikide/>> Luettu 1.7.2019.

Aqva linjasuodatinpaketti (M, L, XL) Asennus- ja käyttöohje. Verkkoaineisto. Aqva Finland Oy. <https://www.aqva.fi/files/products/MAR/f/fk1035+/AQVA_Linjasuodatinpaketti_Kayttoohje.pdf> Luettu 13.8.2019.

Aqva Vaihtosuodatinpaketti HB201MKDF2 kokonaisuuteen. Verkkoaineisto. Aqva Finland Oy. <<https://www.aqva.fi/AQVA-Vaihtosuodatinpaketti/ekauppa/pHB201MKDF2V/>> Luettu 16.11.2019.

Aqva vedenpuhdistuslaite M (1035) Asennus- ja käyttöohje. Verkkoaineisto. Aqva Finland Oy. <https://www.aqva.fi/files/products/MAR/f/fk-1035-cab-ce/FK-1035-CAB-CE_kayttoohje.pdf> 20.8.2019.

Aqva XL humus - myös haju, maku, lievät rauta ja mangaani. Verkkoaineisto. Aqva Finland Oy. <<https://www.aqva.fi/AQVA-XL-HUMUS-mynos-hajuma/ekauppa/pHB201MKDF2/>> Luettu 16.11.2019.

Aqva XL koon hienosuodatuspaketti 1 mikrometrin mekaaninen suodatin ja kotelo. Verkkoaineisto. Aqva Finland Oy. <<https://www.aqva.fi/AQVA-XL-koon-hienosuodatuspake/ekauppa/pAQ20BBSP1/>> Luettu 15.7.2019.

Arsenic filter WA30AS. Verkkoaineisto. Wetec Finland Oy. <<https://www.wetec.fi/tuotteet.html?id=12/91>> Luettu 12.11.2019.

AS-6M30-295W. Verkkoaineisto. Worldwide Energy and Manufacturing (Nantong) Co., Ltd. <<http://www.weamerisolar.com/d/file/english/product/pro1/2019/09-05/4123013bf1b63bf2bccb13e262f704db.pdf>> Luettu 12.6.2019.

Asennusjohto Draka, Eca - MK 16 KEVI R100, 90C. Verkkoaineisto. SloLO Oy. <<https://verkkokauppa.slo.fi/fi/asennusjohto-draka-eca-mk-16-kevi-r100-90c-0402206>> Luettu 28.9.2019.

Asennuskaapeli MMJ 3x2,5 S Draka 100 m. Verkkoaineisto. Taloon Yhtiöt Oy. <<https://www.taloon.com/asennuskaapeli-mmj-3x2-5-s-draka/S-0406723/dp>> Luettu 15.11.2019.

Asennusohje FBE-aurinkosähköjärjestelmät Harjakattoasennukset. Verkkoaineisto. Flinkenberg Oy Ab. <<https://www.sahkonumerot.fi/8006458/doc/installationinstruction/>> Luettu 5.5.2019.

Aurinkoenergia ja aurinkosähkö Suomessa. 2019. Verkkoaineisto. LUT University. <https://www.lut.fi/uutiset/-/asset_publisher/h33vOeufOQWn/content/aurinkoenergia-ja-aurinkosahko-suomessa> Luettu 6.5.2019.

Aurinkopaneelien asennus- ja käyttöohje. 2016. Verkkoaineisto. Hanwha Q Cells. <https://kauppa.scanofficegroup.fi/WebRoot/vilkasfi02/Shops/2015081104/599E/9653/E546/58A5/C3F0/0A28/1011/A84F/Hanwha_aurinkokeraaimet_Asennus-ja_kaeyttoehje_FI_draft.pdf> Luettu 28.5.2019.

Aurinkopaneelien asentaminen. 2016. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/aurinkopaneelien_asentaminen> Luettu 5.5.2019.

Aurinkopaneelin MC4 liitinsarja IP67. Verkkoaineisto. ThermoSunEco Oy. <https://www.thermosun.fi/epages/thermosun.sf/fi_FI/?ObjectPath=/Shops/Kuvaus/Products/111052> Luettu 1.8.2019.

Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus, asennus ja huolto. Verkkoaineisto. Nivos Oy. <<https://www.nivos.fi/aurinkosahkojarjestelman-mitoitus-asennus-ja-huolto>> Luettu 20.4.2019.

Bourdon-kaarellinen painemittari, haponkestävästä teräksestä. Verkkoaineisto. WIKA Finland Oy. <https://www.wika.fi/232_50_233_50_fi_fi.WIKA?ProductGroup=73095&294=1215> Luettu 13.11.2019.

BYD Battery-Box Pro 10.0. Verkkoaineisto. Europe-SolarStore.com. <<https://www.europe-solarstore.com/byd-battery-box-pro-10-0.html>> Luettu 27.11.2019.

BYD Battery-Box Pro User Manual. Verkkoaineisto. BYD Company Limited. <https://solar-distribution.baywa-re.com.au/fileadmin/Solar_Distribution_AU/04_Products/03_Media/BYD/User_Manual__Battery-Box_Pro_2.5_10.0.pdf> Luettu 13.11.2019.

BYD Battery-Box the battery for all applications. Verkkoaineisto. BYD Company Limited. <https://krannich-solar.com/fileadmin/content/data_sheets/storage_systems/db_sb_byd_b-box_brochure_en.pdf> Luettu 12.11.2019.

China Manufacturer Swagelok Type Acid Resistant Pressure Relief Valve. Verkkoaineisto. Alibaba.com. <https://www.alibaba.com/product-detail/China-Manufacturer-Swagelok-Type-Acid-Resistant_60525025729.html?spm=a2700.7724857.normal-List.199.46ac56a0sM4IX1>

CU16 kuparijohdin 25 m. Verkkoaineisto. Finnparttia Oy. <<https://www.finnparttia.fi/CU16>> Luettu 21.8.2019.

EasySolar 12V and 24V, 1600VA. Verkkoaineisto. Victron Energy B.V. <<https://www.victronenergy.no/upload/documents/Datasheet-EasySolar-1600VA-EN.pdf>> Luettu 16.11.2019.

EasySolar 3 kVA & 5 kVA Color Control -paneelilla. Verkkoaineisto. Victron Energy B.V. <<https://www.victronenergy.fi/upload/documents/Datasheet-EasySolar-with-Color-Control-FI.pdf>> Luettu 14.7.2019.

EasySolar 3000VA. Verkkoaineisto. NordSolar. <<https://www.nordsolar.fi/invertterilaturit-veneeseen/easysolar-3000va>> Luettu 14.6.2019.

Ebara 3M-3LM-sarja. Verkkoaineisto. YTM-Industrial Oy. <<http://www.ytmshop.fi/pumput/keskipakopumput/ebara-keskipakopumput-230vac-400vac/282/ebara-3m-3lm-sarja>> Luettu 12.11.2019.

Ebara keskipakopumput. Verkkoaineisto. YTM-Industrial Oy. <<https://www.ytm.fi/tuotteet/prosessiteknikka/pumput/ebara-keskipakopumput/>> Luettu 12.11.2019.

Ege solar PV1-F twin cables. Verkkoaineisto. EgekalboGEKALBO. <<https://electrotori.mycashflow.fi/files/AJMY%20%281%29.pdf>> Luettu 1.8.2019.

Esisuodattimet. Verkkoaineisto. Aqva Finland Oy. <<https://www.aqva.fi/Esisuodattimet/ekauppa/gw318A1/>> Luettu 14.8.2019

Federley, Jaana. 2009. Energiatehokas pumppausjärjestelmä. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/files/2419/Energiatehokas_pumppaus_jrjestelm_.pdf> Luettu 10.8.2019.

Filmtec® TFC 4" X 40" membrane - 2400 GPD. Verkkoaineisto. G.A. Murdock, Inc. <<https://www.gamurdock.com/filmtec-tfc-4-x-40-membrane-2400-gpd-tw304040>> Luettu 16.8.2019.

FIP kumisiipipumppu, haponkestävää terästä – asennusjalka/-jalusta. Teollisuuskäyttöön. Verkkoaineisto. OEM Finland Oy. <<https://www.oem.fi/tuotteet/pumppu/kumisiipipumput/fip-kumisiipipumppu--haponkestävää-terästä---asennusjalka--jalusta--teollisuuskäyttöön--116111#tab-6>> Luettu 20.11.2019.

Fronius Energy Package. 2019. Verkkoaineisto. Fronius international GMBH. <<https://www.fronius.com/~/downloads/Solar%20Energy/Installation%20Instructions/42%2C0426%2C0201%2CEN.pdf>> Luettu 8.8.2019.

Harsia, Pirkko. 2009. Mitoitus. Verkkoaineisto. Entso. <<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojak-sot/0705016/1204792797383/1211459003700/1211459027717/1211459067789.html>> Luettu 23.8.2019.

Hiltunen, Antti. 2013. Verkkoaineisto. Tampereen Ammattikorkeakoulu. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/58095/Hiltunen_Antti.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Luettu 27.11.2019.

Hybrid Solar Inverter Comparison Chart. Verkkoaineisto. Clean Energy Reviews. <<https://www.cleanenergyreviews.info/hybrid-all-in-one-solar-inverter-review-mpp>> Päivitetty maaliskuussa 2019. Luettu 13.7.2019.

Installation Manual. Verkkoaineisto. Worldwide Energy and Manufacturing USA, Co., Ltd. <<https://www.weamerisolar.eu/wp-content/uploads/2012/11/Installation-Manual.pdf>> Luettu 12.6.2019.

Instruction manual Ecosoft® media systems. Verkkoaineisto. Ecosoft Water Systems GmbH. <https://ecosoft.com/upload/iblock/6d8/manual_ecosoft_filter.pdf> Luettu 11.6.2019.

Invertterin valintaopas (auto, vene, mökki...). 2012. Verkkoaineisto. Oy Nymix Ab. <<https://nymixoy.wordpress.com/2012/05/10/invertterin-valintaopas-auto-vene-mokki/>> Luettu 13.7.2019.

IP-arvot. Verkkoaineisto. Taloon Yhtiöt Oy. <<https://www.taloon.com/ip-arvot/10213/dg>> Luettu 14.6.2019.

Iron and hardness reduction filter of continuous flow Ecosoft FK 1665 Twin (Ecomix® A). Verkkoaineisto. Ecosoft Water Systems GmbH. <<https://ecosoft.com/ecosoft-ecomix-fk-1665ce-twin-filter-for-iron-and-hardness-reduction/>> Luettu 13.6.2019.

Itäsola, Tapio. 2010. CIP -Säiliöpesujen Optimointi. Verkkoaineisto. Turun ammattikorkeakoulu. <<https://www.theseus.fi/handle/10024/15583>> Luettu 14.11.2019.

Jakorasia, liittimillä IK07,93X93X62 MM. Verkkoaineisto. FSM Oy. <<https://www.fsm.fi/Jakorasia-liittimill-auml-IK/ekauppa/pDK0202G/>> Luettu 27.11.2019.

Kolmen Aqva XL suodatinkotelon yhdistelmä, teline ja painemittarit. Verkkoaineisto. Aqva Finland Oy. <<https://www.aqva.fi/Kolmen-AQVA-XL-Suodatinkotelon/ekauppa/pHHBB20B/>> Luettu 16.11.2019.

Konttien vuokraus. Verkkoaineisto. Scandic Container Oy. <<https://www.scandiccontainer.fi/kontit/kategoria/konttien-vuokraus/>> Luettu 12.9.2019.

Kupariputki Cupori 110 Premium 22x3000. Verkkoaineisto. Taloon Yhtiöt Oy. <https://www.taloon.com/kupariputki-cupori-110-22x3000/LVI-1581020/dp?refSrc=LVI-1581014&nosto=nosto_0000_katsoimyos> Luettu 29.8.2019.

Kurakin, Pavel. 2019. Myyntipäällikkö. Westaqua-Invest OÜ. Sähköpostikeskustelu. 30.8.2019.

Käyttöohje EasySolar. 2017. Verkkoaineisto. Victron Energy B.V. <<https://www.victron-energy.fi/upload/documents/Manual-EasySolar-1600-FI.pdf>> Luettu 17.6.2019.

Käyttövesiputki 22x3,0-34/29 suojaputkessa 50m PN10 Uponor Combi Pipe. Verkkoaineisto. Taloon Yhtiöt Oy. <<https://www.taloon.com/kayttovesiputki-22x3-0-34-29-suojaputkessa-50m-pn10-uponor-combi-pipe/LVI-2012339/dp?openGroup=18313>> Luettu 29.8.2019.

Laiho, Eetu. 2018. Aurinkoenergiaratkaisun optimointi. Verkkoaineisto. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/151448/Laiho_Eetu.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Luettu 20.5.2019.

Leppänen, Hannes. 2019. Tuotantopäällikkö. OEM Finland Oy. Sähköpostikeskustelu. 6.11.2019.

LK 6 VJ sulanapitokaapeli. Verkkoaineisto. Fegime. <https://www.finnparttia.fi/epages/finnparttia.sf/fi_FI/?ObjectPath=/Shops/2014102905/Products/LK6VJ> Luettu 14.11.2019.

M-RO systems. 2019. Wetec Finland Oy. PDF-tiedosto. Luettu 19.8.2019.

Maadoitus. Verkkoaineisto. STEK ry. <<https://stek.fi/perustietoa-sahkosta/maadoitus/>> Luettu 27.8.2019.

Maadoituselektrodin toteutus (SFS 6000-5-54). 2016. Verkkoaineisto. Kymenlaakson Sähköverkko Oy. <https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiC0c7AtNTkAhUixaYK-HYv8B2UQFjAAegQIABAC&url=https%3A%2F%2Fwww.ksoy.fi%2Fen%2Fcontent%2Fdownload%2F1520%2F18701%2Ffile%2FMaadoituksenn%2Btoteutus%2Bohje.pdf&usg=AOvVaw2W4Ofd_xA564KitDz9I2rz> Luettu 20.8.2019.

Maadoitusliitin TBS - 927 1, maadoituspanta Ø17-48mm - OBO Bettermann. Verkkoaineisto. STK-Tietopalvelut Oy. <<http://sahkonumerot.fi/1932561>> Luettu 23.8.2019.

Maadoituspanta 927/1 3/8-1 ½. Verkkoaineisto. Taloon Yhtiöt Oy. <<https://www.taloon.com/maadoituspanta-927-1-3-8-1-1-2/S-1932561/dp>> Luettu 10.7.2019.

Magneettisuuden voi hävittää. Verkkoaineisto. Bonnier Publications International AS. <<https://tieku.fi/fysiikka/fysiikan-ilmiot/magneettisuuden-voi-havittaa>> Luettu 26.11.2019.

Metropolia Ammattikorkeakoulu - Osaamista ja oivallusta tulevaisuuden tekemiseen. Verkkoaineisto. Metropolian Ammattikorkeakoulu. <<https://www.metropolia.fi/tietoa-metropoliasta/>> Luettu 7.5.2019.

Mikä on aurinkopaneelien hinta ja kuinka paljon sähköä ne tuottavat. Urakkamaailma. Verkkoaineisto. <<https://www.urakkamaailma.fi/aurinkopaneeli>> Luettu 3.5.2019.

Mitkä ovat putkien mitat. Vesiputkien halkaisija: miten valita ja laskea. Verkkoaineisto. nealstroy.ru. <<https://nealstroy.ru/fi/what-are-the-dimensions-of-the-pipes-diameter-of-water-pipes-how-to-choose-and-calculate/>> Luettu 13.8.2019.

MKEM 16 MU asennusjohto. Verkkoaineisto. Finnparttia Oy. <https://www.finnparttia.fi/epages/finnparttia.sf/fi_FI/?ObjectPath=/Shops/2014102905/Products/MKEM16MU> Luettu 12.7.2019.

MKEM 90 450/750 V (H07V2-K). 30.10.2017. Verkkoaineisto. Prysimia Group. <https://fi.prysmiangroup.com/sites/default/files/business_markets/markets/downloads/datasheets/cpr%20MKEM%2090%20750V%20301017.pdf> Luettu 18.11.2019.

Muovivaippainen asennuskaapeli MMJ 300/500 V. 15.1.2009. Verkkoaineisto. Draka NK Cables Oy. <<https://www.netrauta.fi/attachments/products/slo/S-0406753/0456784.pdf>> Luettu 13.11.2019.

National Pipe Taper vs. National Pipe Taper Fuel. Verkkoaineisto. Gage Crib Worldwide, Inc. <<https://www.ring-plug-thread-gages.com/ti-NPT-vs-NPTF.htm>> 10.9.2019.

NPT-liittimet (putkikierre). Verkkoaineisto. Road Machine Oy. <<https://www.road-machine.fi/tuote-osasto/aeroflow-liittimet/npt-liittimet-putkikierre/>> Luettu 13.7.2019.

Oikkanen, Jouni. 2019. Wetec Finland Oy. Sähköpostikeskustelu. 19.11.2019.

Orwa ASL monitoimisuodattimet. Verkkoaineisto. BWT Separtec Oy. <https://www.bwt-water.fi/shopdocuments/Records/Documents/Download/BWT-ASL_fi.pdf> Luettu 17.11.2019.

Paineenrajoitusventtiili 1/2 VMP 10-180 BARbar. Verkkoaineisto. Isojoen Konehalli Oy. <<https://www.ikh.fi/fi/paineenrajoitusventtiili-1-2-vmp-10-180-bar-h80710-180>> Luettu 13.11.2019.

Palloventtiili Oras EM 400020 3/4 SK PN25. Verkkoaineisto. Maalämpötukku. <<https://www.maalampotukku.fi/product/553/palloventtiili-oras-em-400020-34-sk-pn25>> Luettu 28.11.2019.

Parker 4-2 B2HF-SS 316 Stainless Steel Barb Connector To Male Pipe 1/4" Hose Barb X 1/8" Male NPT. Verkkoaineisto. Amazon.com. <https://www.amazon.com/Parker-4-2-B2HF-SS-Stainless-Connector/dp/B000FMUINM/ref=sr_1_6?keywords=316+steel+connector&qid=1574565759&sr=8-6> Luettu 19.11.2019.

Parker Stainless Steel 316 Pipe Fitting, Street Tee, 1/4" NPT Female x 1/4" NPT Female x 1/4" NPT Male. Verkkoaineisto. Amazon.com. <https://www.amazon.com/Parker-Stainless-Fitting-Street-Female/dp/B000FMUXGY/ref=sr_1_3?keywords=316+t&qid=1574898249&sr=8-3> Luettu 25.11.2019.

PERC cell technology explained. 2018. Verkkoaineisto. aleo solar 2018. <<https://www.aleo-solar.com/perc-cell-technology-explained/>> Luettu 1.7.2019.

Piipponen, Antti. 2013. Pumppausprosessin suunnittelu koulutuskäyttöön. Verkkoaineisto. Oulun Seudun ammattikorkeakoulu. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/58081/Piipponen_Antti.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Luettu 29.8.2019.

Potentiaalintasauskisko AM 4. Verkkoaineisto. Taloon Yhtiöt Oy. <https://www.taloon.com/potentiaalintasauskisko-am-4/S-1913095/dp?utm_source=google&utm_term=&utm_campaign=&utm_medium=cpc&utm_content=s|pcrid|353760054460|pkw||pmt||pdv|c|&gclid=EAlaIQob-ChMI8r_HubDq5AIVGomyCh3N-gSWEAQYAyABEgJUBPD_BwE> Luettu 4.9.2019

PowerSpout PLT. Verkkoaineisto. PowerSpout. <<https://www.powerspout.com/collections/pelton-plt/products/powerspout-plt>> Luettu 23.11.2019.

Punkkinen, Teppo. 2017. Aurinkopaneelien maateline. Verkkoaineisto. Saimaan ammattikorkeakoulu. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/138579/Punkkinen_Teppo.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Luettu 13.6.2019.

Puserrusliitin UK 1/2x22 mm EM. Verkkoaineisto. Taloon Yhtiöt Oy. <<https://www.taloon.com/puserrusliitin-uk-1-2x22mm-em/LVI-1551118/dp>> 23.8.2019.

Ratkaisu aurinko-paneelien kiinnittämiseen. Verkkoaineisto. Orima-Tuote Oy. <<http://www.orima.fi/fi/kattoturvatuotteet/aurinkopaneelikiinnikkeet/>> Luettu 3.5.2019.

Regeneration salt, 25 kg bag. Verkkoaineisto. Aqva Finland Oy. <<https://www.aqva.fi/Elvytyssuola-monitoimilaitteet/ekauppa/pRESALT/>> Luettu 14.6.2019.

RST Letkun kiristäjä 20- 32 mm. Verkkoaineisto. Marnela Oy. <<https://www.marnela.com/product/3211-11119/RST%2520Letkun%2520kirist%25C3%25A4j%25C3%25A4%252020-%252032%2520mm>> Luettu 27.11.2019.

RST läpivienti 1"1/2. Verkkoaineisto. Marnela Oy. <<https://www.marnela.com/product/32042185/RST%2520I%25C3%25A4pivienti%25201%25221%25202>> Luettu 14.11.2019.

Rukundo, Roger. 2017. Litiumakkujen lataus, purku ja lämpötilakäyttäytyminen. Verkkoaineisto. Turun ammattikorkeakoulu. <<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/132184/Roger%20Rukundo%20Opinnaytetyon.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Luettu 24.6.2019.

Salo, Sonja. 2019. Merikonttiin rakennetut aurinkoenergia- ja käänteisosmoosijärjestelmät. Verkkoaineisto. Metropolian ammattikorkeakoulu. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/160195/Salo_Sonja.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Luettu 1.4.2019.

Saviranta, Pertti. 2016. Millaisen aurinkopaneelin valitsen. Verkkoaineisto. SolarSynergia. <<https://www.solarsynergia.com/single-post/2016/10/17/Millaisen-aurinkopaneelin-valitsen>> Luettu 3.7.2019

Schletter alumiinikisko 30x30x2100. Verkkoaineisto. Roaming Oy. <https://www.aurinkopaneelikauppa.fi/epages/aurinkopaneelikauppa.sf/fi_FI?ObjectPath=/Shops/20120903-11092-142553-1/Products/03S05> Luettu 3.5.2019.

Schletter aurinkopaneelin keskikiinnike 30-40mm 2019. Verkkoaineisto. Roaming Oy. <https://www.aurinkopaneelikauppa.fi/epages/aurinkopaneelikauppa.sf/fi_FI?ObjectPath=/Shops/20120903-11092-142553-1/Products/03S0611> Luettu 3.5.2019.

Shaw Stainless Full Port Threaded Ball Valve 1000 WOG 316 Stainless Steel (1" NPS). Verkkoaineisto. Amazon.com. <https://www.amazon.com/Shaw-Stainless-Threaded-Valve-Steel/dp/B07PFLTXHY/ref=sr_1_17_sspa?keywords=316%2Bsteel&qid=1574565605&sr=8-17-spons&spLa=ZW5jcnlwdGVkUXVhbGlmaWVyPUEzSDFSS0xSWjZHMI-BUJmVuY3J5cHRIZEIkPUEw-Mjl4NDYyMzhSV1hHVjhXSFE1SCZlbnNyeXB0ZWRBZEIk-PUEwNDAwMjgzV1VaWVlKMk5GVk5TJndpZGdldE5hbWU9c3BfbXRmJmFjdGlvbj1jbGJja1JIZGlyZWNOJmRvTm90TG9nQ2xpY2s9dHJ1ZQ&th=1> Luettu 19.11.2019

Suodatinesite. Verkkoaineisto. Oy WatMan Ab. <<https://pumpulohja.fi/files/documents/WATMAN-SUODATINESITE.pdf>> Luettu 16.11.2019.

Suodatinpatruuna 20" 5 mic. Verkkoaineisto. Aqua Nova Oy. <<https://www.aquanova.fi/kauppa/vedenkasittely/suodatinpatruunat/suodatinpatruuna-5-mic-20.html>> Luettu 17.6.2019.

Suodatinpatruunat. Verkkoaineisto. Jalovesi Oy. <<https://www.jalovesi.fi/tuotteet/suodatinpatruunat/67>> Luettu 13.8.2019.

Syystarjous! Aurinkopaneeli 300W yksikide PERC. Verkkoaineisto. ThermoSunEco Oy. <<https://www.thermosun.fi/SolarXon-260-monikidepaneeli>> Luettu 26.4.2019.

TACT Talk. 5.7.2017. Verkkoaineisto. Sani-Matic, Inc. <<https://sanimatic.com/cip-cleaning/>> Luettu 18.11.2019.

Teknistä tietoa FAQ – kysymyksiä ja vastauksia. Verkkoaineisto. Exide technologies Oy. <https://exide.fi/wp-content/plugins/pdfjs-viewer-shortcode/pdfjs/web/viewer.php?file=https://exide.fi/wp-content/uploads/sites/15/2014/11/Exide_FAQ.pdf&download=true&print=true&openfile=false> Luettu 22.5.2019.

Teräskontti. Verkkoaineisto. Suomen Vuokrakontti Oy. <<https://www.vuokrakontti.fi/tuotteet/teraskontti-20#!/laske>> Luettu 12.9.2019

Teräsputki hitsattu Ø 21,3 x 2,0 mm HST 1.4432 hehkutettu peitattu pituus 6 m. Verkkoaineisto. Taloon Yhtiöt Oy. <<https://www.taloon.com/terasputki-hitsattu-21-3-x-2-0-mm-hst-1.4432-hehkutettu-peitattu-pituus-6-m/LVI-1101017/dp?openGroup=6546>> Luettu 11.11.2019.

Three-Phase alternator Brushless Permanent Magnet Generator Electric Wind Turbine hydroelectric Dinamo 12V 24V 48V. Verkkoaineisto. Amazon.com. <https://www.amazon.com/Three-Phase-alternator-Brushless-Permanent-hydroelectric/dp/B07KD68LKX/ref=pd_sbs_86_12?_encoding=UTF8&pd_rd_i=B07KD68LKX&pd_rd_r=141693fe-1f19-4bff-add8-373560236c4a&pd_rd_w=ITF4s&pd_rd_wg=rQIDf&pf_rd_p=5873ae95-9063-4a23-9b7e-ea-fa738c2269&pf_rd_r=34KKCN2AT57NSK3MJXDF&psc=1&refRID=34KKCN2AT57NSK3MJXDF> Luettu 26.11.2019.

Tietoa aurinkopaneeleista. Verkkoaineisto. Akkupojat Oy. <http://www.akkupojat.fi/Ohjeet/Tietoa_aurinkopaneeleista/3058600.html> Luettu 5.7.2019

T-yhde ½. Verkkoaineisto. Puuilo Oy. <https://www.puuilo.fi/T-YHDE-1/2?gclid=EAlal-QobChMlq_GnlvXV5QIVR6gYCh1g6gLJEAQYAiABEgL4qfD_BwE;%20https://www.lvi-tarvikkeet.net/epages/lvi-tarvikkeet.sf/fi_FI/?ObjectPath=/Shops/2014112605/Products/00237> Luettu 13.11.2019.

Uponor PEX-putket ja niiden ominaisuudet. Verkkoaineisto. Uponor Suomi Oy. <<https://lvinystedt.fi/assets/files/pdf/uponor-pex-putket.pdf>> Luettu 13.8.2019

Usein kysyttyä aurinkopaneeleista. Verkkoaineisto. Vattenfall. <<https://www.vattenfall.fi/asiakaspalvelu/usein-kysytyja-kysymyksia/usein-kysytyya-aurinkopaneeleista/#kaytto>> Luettu 13.4.2019.

Usein kysyttyä. Verkkoaineisto. EuroSolar Oy. <<https://www.eurosolar.fi/usein-kysytyya/usein-kysytyya>> Luettu 13.6.2019.

Water – Density Viscosity Specific Weight. 26.11.2019. Verkkoaineisto. Engineers Edga LLC. <https://www.engineersedge.com/physics/water__density_viscosity_specific_weight_13146.htm> Luettu 9.11.2019

Vedenpehmentimet. Verkkoaineisto. Filterit Oy. <<https://filterit.fi/tuote-osasto/vedenpehmentimet/>> Luettu 16.7.2019.

Vesipumppu Flo-Jet 230V 12,5 litraa. Verkkoaineisto. Makkosen Pumppu ja Paneli. <<http://www.pumppujapaneli.fi/nettikauppa/vesipumppu/item=vesipumppu-flo-jet-230>> Luettu 10.8.2019.

What is a Pelton Turbine?. Verkkoaineisto. The Constructor - Civil Engineering Home. <<https://theconstructor.org/practical-guide/pelton-turbine-parts-working-design-aspects/2894/>> 27.11.2019.

Victron EasySolar Invertteri-laturi 48V/5000W/ 100A MPPT aurinkopaneelisäätimellä. Verkkoaineisto. Oy Esco Ab. <<https://www.heater.fi/victron-easysolar-invertteri-laturi-24v-5000w-100a-mppt-aurinkopaneelisaaatimella.html>> Luettu 15.11.2019.

Vihavainen, Jussi-Petteri. 2011. Maadoituksen suunnittelu. Verkkoaineisto. Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/26822/Vihavainen_Jussi.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Luettu 10.7.2019.

World sunshine map. World Resources Institute. Verkkoaineisto. <<http://earth.rice.edu/mtp/geo/geosphere/hot/energyfuture/Sunlight.html>>. Luettu 19.11.2018.

W-PureRO500 black edition. Verkkoaineisto. Wetec Finland Oy <<https://www.wetec.fi/tuotteet.html?id=2/76>> Luettu 21.8.2019.

Laitteiston kustannukset

Taulukko 1. Järjestelmän kustannukset

Laite/Tuote	Määrä (kpl, m)	Hinta (€)	Hinta yhteensä (€)
Aurinkopaneelit	9	150	1 350
Aurinkopaneelikaapeli	20	3	60
MC4-liitinpari	3	10	30
Akut	2	4 540	9 080
Akkujen kaapeli, musta	5	2	10
Akkujen kaapeli, punainen	5	2	10
Kaapelikenkä	8	1	8
Invertteri ja MPPT-säädin	1	3 240	3 240
Kulutuslaitteiden kaapelit	50	1	50
Ryhmäkeskus	1	180	180
Ryhmäkeskuksen ovi	1	20	20
Jakorasia	1	5	5
Maadoituskisko	2	35	70
Maadoituspanta	5	6	30
Maadoituselektrodi	50	-	80
Potentiaalintasaus- ja maadoituskaapeli	50	-	95
Suojajohdin	100	-	480
Käänteisosmoosilaitte, säiliö ja suodatin	1	4 000	4 000
Vaihto käänteisosmoosin suodatin	10	20	200
Vaihto RO-kalvo	4	280	1 120
Esisuodattimet	1	470	470
Vaihtosuodatinpatruunat	10	210	2 100
Vedenpehmentin	1	4 490	4 490
Elvytyssuola 25 kg	2	30	60
Puhdasvesipumppu	1	340	340
Raakavesipumppu	1	1 600	1 600
Haponkestävä ja ruostumaton teräsputki	1	20	20
Kupariputki	1	20	20
PEX-putki	15	8	120
Haponkestävä ja ruostumaton sulkuventtiili	5	30	150
Haponkestävä ja ruostumaton kartio-liitin	6	6	36
Haponkestävä ja ruostumaton vakio-paineventtiili	1	60	60
Haponkestävä ja ruostumaton painemittari	1	70	70
Haponkestävä ja ruostumaton adapteri	3	6	18
Haponkestävä ja ruostumaton letkukara	2	13	26
Haponkestävä ja ruostumaton letkunkiristäjä	2	2	4

Haponkestävä ja ruostumaton läpivientinippa	1	40	40
Haponkestävä ja ruostumaton T-liitin	1	40	40
Sinkitty teräs paineenrajoitusventtiili	1	40	40
Messinki sulkuventtiili	1	15	15
Messinki puserrusliitin	2	10	10
Messinki T-liitin	1	5	5
Painemittari	1	20	20
Sulanapitokaapeli	5	50	250
Kontti	1	3 000	3 000
Yhteensä			33 122

Laitteiston massa

Taulukko 1. Järjestelmän massa

Laite	Määrä	Massa (kg)	Massa yhteensä
Aurinkopaneeli	9	19	171
Akku	2	180	360
Invertteri	1	48	48
Ryhmäkeskus	1	3,44	3,44
Käänteisosmoosilaite	1	50	50
Suodatin	1	16,5	16,5
Vedenpehmentin	1	240	240
Kupariputkisto	1	0,59	0,59
Teräsputki	1	0,97	0,97
Elvytyssuolasäkki	2	25	50
Raakavesipumppu	1	18	18
Puhdasvesipumppu	1	1,8	1,8
Kontti	1	2300	2300
Yhteensä			3 260,3