



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Ilkka Penttinen

Aurinkoenergialla toimiva käänteisos- moosijärjestelmä merikontissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinöörityö

31.3.2021

Tekijä Otsikko	Ilkka Penttinen Aurinkoenergialla toimiva vedenpuhdistusjärjestelmä merikontissa
Sivumäärä Aika	42 sivua + 3 liitettä 31.3.2021
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	energia- ja ympäristötekniikka
Ammatillinen pääaine	-
Ohjaajat	lehtori Tomi Hämäläinen
<p>Tämän insinööryön tavoitteena oli tuottaa suunnitelma aurinkoenergialla toimivan vedenpuhdistusjärjestelmän rakentamiseksi. Tilaajan Metropolia Ammattikorkeakoulun kannalta tavoitteena oli saada järjestelmästä valmis kokonaisuus, joka voidaan tulevaisuudessa rakentaa. Tästä johtuen järjestelmän komponentit mitoitettiin ja valittiin niin, että lopputulos olisi toimiva ja mahdollisimman kustannustehokas.</p> <p>Insinööryössä mitoitettiin aurinkosähköjärjestelmä kattamaan käänteisosmoosilaitteen tarvitsema energia. Vedenpuhdistusjärjestelmä suunniteltiin merivesikontin sisälle niin, että kaikki komponentit mahtuivat sinne. Käänteisosmoosilaitteiston ja aurinkosähköjärjestelmän komponentit mitoitettiin niin, että ne kattavat tarvittavan kulutuksen. Lisäksi järjestelmälle suunniteltiin neliöteräsputkesta tehty kehikko merikontin sisälle komponenttien kiinnitystä varten.</p> <p>Valmiina lopputuloksena syntyi kustannustehokas suunnitelma aurinkosähköllä toimivan vedenpuhdistusjärjestelmän rakentamiseksi. Hintaa koko järjestelmälle muodostui 22 679 euroa.</p> <p>Suunnitelmaa voidaan käyttää rakentamaan järjestelmä, jota voidaan käyttää paikoissa, joissa on pulaa puhtaasta vedestä. Käyttökohteessa käänteisosmoosilaitte tuottaa puhtaasta juomavettä sitä tarvitseville ihmisille kriisialueilla.</p>	
Avainsanat	vedenpuhdistus, käänteisosmoosi, aurinkovoima, uusiutuva energia, kustannustehokkuus

Author Title	Ilkka Penttinen Solar-powered Reverse Osmose System in a Sea Container
Number of Pages Date	42 pages + 3 appendices 31 March - 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Energy and Environmental Engineering
Professional Major	-
Instructors	Tomi Hämäläinen, Senior Lecturer
<p>The aim of this engineering thesis was to produce a plan to build a solar-powered water purification system. The goal of the customer, Metropolia University of Applied Sciences, was to have the system ready so that it can be built in the future. As a result, the components of the system were dimensioned and selected so that the end result would be functional and as cost-effective as possible.</p> <p>In the engineering thesis, the photovoltaic system was dimensioned to cover the energy required by the reverse osmosis device. The water purification system was designed inside a seawater container so that all components could fit in there. The components of the reverse osmosis equipment and the photovoltaic system were dimensioned to cover the required consumption. In addition, a frame made of square steel pipe was designed for the system inside the sea container for fixing the components.</p> <p>The completed result was a cost-effective plan to build a photovoltaic water treatment system. The price for the whole system was calculated to be 22,679 euros.</p> <p>The plan can be used to build a system that can be used in places where there is a shortage of clean water. At the site of application, the reverse osmosis device produces clean drinking water for people who need it in crisis areas.</p>	
Keywords	water purification, reverse osmosis, solarpower, renewable energy, cost-efficiency

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Merikonttiin sijoitettu vedenpuhdistusjärjestelmä ja sen komponentit	1
2.1	Käyttötarkoitus tässä järjestelmässä	1
2.2	Järjestelmä vedenpuhdistukseen	2
2.3	Käänteisosmoosikalvot	3
2.4	Pumput	4
2.4.1	Nosto- eli imupumppu	4
2.4.2	Korkeapainepumppu	5
2.5	Suodattimet	6
2.5.1	Esisuodatin	7
2.5.2	Aktiivihiihisiuodatin	8
2.6	Vesisäiliöt	9
2.7	Konsentraatti	10
3	Merikontin aurinkosähköjärjestelmä	11
3.1	Käyttötarkoitus tässä järjestelmässä	11
3.2	Aurinkopaneelit	11
3.3	Invertteri	12
3.4	Akusto	13
3.5	Järjestelmien teknisiä tietoja	14
4	Vertailukohde SolarRO MINI 150	16
4.1	Korkeapainepumppu	18
4.2	Suodatus	18
4.2.1	Esisuodatin	18
4.2.2	Käänteisosmoosikalvot	20
4.2.3	Aktiivihiihisiuodatin	22
4.2.4	UV-desinfiointisuodatin	23
4.3	Vesitankki	24

4.4	Konsentraatti	25
4.5	Lataussäädin	26
4.6	Järjestelmän teknisiä tietoja	28
5	Komponenttien sijoitus ja kiinnitys merikontin sisälle	31
6	Järjestelmän toiminnan takaaminen	36
6.1	Käytössä kuluvat komponentit	36
6.2	Ylläpito ja huolto	36
6.3	Ongelmien ennaltaehkäisy	37
7	Järjestelmän kustannukset	37
7.1	Hankintakustannukset	37
7.2	Käyttökustannukset	38
7.3	Huolto- ja kunnossapitokustannukset	38
8	Yhteenveto	39
	Lähteet	40
	Liitteet	
	Liite 1. Victron Energy EasySolar 48/5000/70-100 invertterisäätimen tekniset tiedot	
	Liite 2. SolarRO MINI 150 tekniset tiedot	
	Liite 3. UV-desinfiointilaitteen tekniset tiedot	

Lyhenteet

AGM	Absorbent Glass Mat. Kehityneempi versio lyijyakusta, jossa akkuneste on imeytetty lasikuitukankaaseen.
Ah	Ampeeritunti. Yhden ampeerin tunnissa kuljettava sähkövaraus.
DC	Direct Current. Tasavirta. Sähkövirta joka on yksisuuntainen.
MPPT	Maximun Power Point Tracking. Säädin jolla saadaan aikaan kaikissa olosuhteissa aurinkopaneeleista maksimaalinen hyöty irti.
pH	potenzH. Määrittää kuinka hapanta tai emäksistä neste on.
PWM	Pulse Wild Modulation. Pulssin leveys modulaatio säädin. Aurinkosähköjärjestelmissä perustarpeisiin käytettävä säädin.
RO	Reverse Osmosis, käänteisosmoosi.
Ruokavirasto	Valtion virasto, jonka tehtävä on tutkia ja valvoa elintarvikkeiden turvallisuus.
SFS	Suomen Standardisoimisliitto Ry. Laatii, vahvistaa, julkaisee ja myy standardeja sekä tiedottaa niistä.
UV	Ultravioletti säteily. Sähkömagneettinen säteily, joka on peräisin esimerkiksi auringosta tai ultraviolettilampusta.
WHO	World Health Organization, Maailman terveysjärjestö. Järjestö, jonka tehtävänä on ihmisten hyvinvoinnin ja terveyden takaaminen.
Wp	Wattipiikki. Aurinkopaneeleiden standardiolosuhteissa tuottama maksimi teho.

1 Johdanto

Joka vuosi miljoonat ihmiset eri puolilla maailmaa kärsivät erilaisten kriisien, kuten sotien, köyhyyden tai kuivuuden aiheuttamasta puhtaan juomaveden puutteesta. Tämän insinööriyön tarkoituksena on mitoitaa ja valita uusiutuvalla energialla toimivan vedenpuhdistusjärjestelmän komponentit, joita käytetään vedenpuhdistusjärjestelmän rakentamiseksi merikonttiin. Merikontti voidaan lähettää kriisialueelle. Käyttövoiman vedenpuhdistusjärjestelmä saa aurinkopaneeleista. Aurinkopaneelit sijoitetaan merikonttiin, kuten myös akusto johon paneelien tuottamaa energiaa varastoidaan. Tämän insinööriyön on tarkoitus saattaa loppuun järjestelmän suunnittelu ja tavoitteena on, että insinööriyön jälkeen itse järjestelmä on mahdollista rakentaa. Insinööriyössä käydään läpi kaikki järjestelmän osat ja komponentit, jotka se toimiakseen vaatii. Lisäksi itse järjestelmän komponenttien mitoituksien lisäksi insinööriyössä tarkastellaan myös järjestelmän huoltamista, sekä sen hankinta-, käyttö- ja huoltokustannuksia. Työn tilaajana toimii Metropolia Ammattikorkeakoulu.

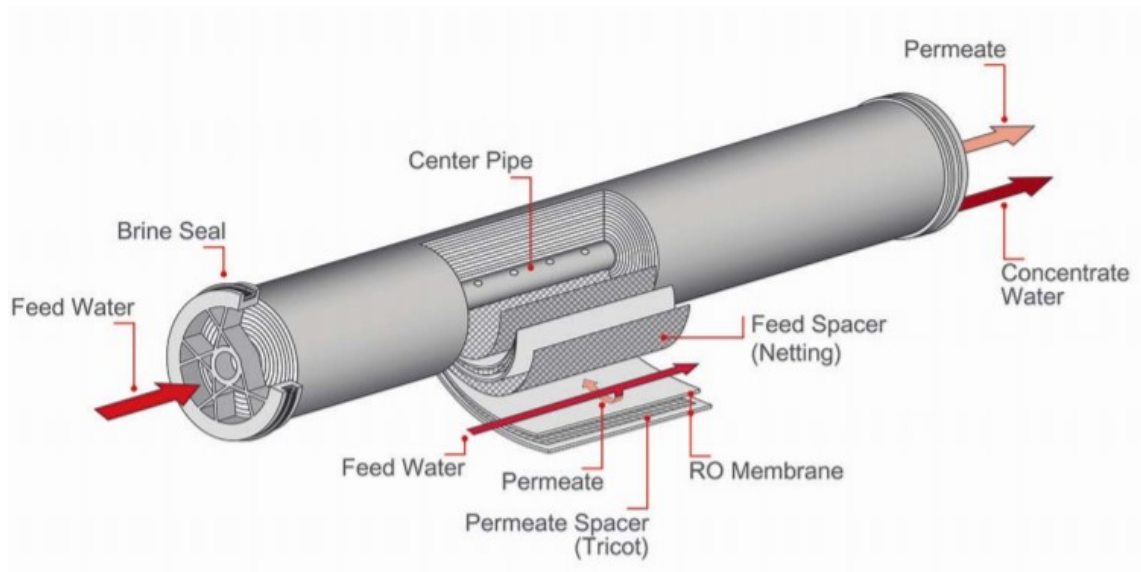
Insinööriyössä suunnitellun järjestelmän pystyy rakentamaan eri valmistajien komponenteista ja osista.

2 Merikonttiin sijoitettu vedenpuhdistusjärjestelmä ja sen komponentit

2.1 Käyttötarkoitus tässä järjestelmässä

Suunniteltava järjestelmä sijoitetaan tavalliseen standardikokoiseen 20 jalan merikonttiin, joka voidaan toimittaa sellaisenaan haluttuun paikkaan. Perillä kohteessa kontin vedenpuhdistusjärjestelmä voidaan ottaa pienellä vaivalla käyttöön. Uuden kontin hinta on 2 910 euroa ja käytetyn noin 1 600 euroa. Tyhjä kontti on painoltaan 2 300 kilogrammaa, ja se on ulkomitoiltaan 6 050 mm pitkä, 2 440 mm leveä ja 2 590 mm korkea. Sisämitoiltaan kontti on 5 898 mm pitkä, 2 340 mm leveä ja 2 370 mm korkea. [Edevbaro 2019: 53.] Tässä suunnitelmassa mitoitetaan vedenpuhdistusjärjestelmä ja aurinkopaneelit kontin sisälle.

Vedenpuhdistusjärjestelmän toiminta perustuu käänteisosmoosiin (RO, Reverse Osmosis). Veden paineen nostolla ja käänteisosmoosikalvolla saadaan erotettua permeaatti rejektistä. Käänteisosmoosikalvolla epäpuhtaudet jäävät toiselle puolelle kalvoa rejektiin, ja puhdas juomavesi toiselle puolelle. Rejektiin jääviä epäpuhtauksia ovat esimerkiksi veden seassa olevat mahdolliset suolat, virukset, bakteerit, kemikaalijäämät ja muut kiintoaineet [Huttula 2018]. Meriveden tarvitsema osmoottinen paine on tyypillisesti noin 29 000 Pascalia [Meriveden osmoottinen paine]. Käänteisosmoosinkalvon toimintaperiaate on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Käänteisosmoosinkalvon toimintaperiaate [Käänteisosmoosikalvon toiminta].

2.2 Järjestelmä vedenpuhdistukseen

Suunniteltava järjestelmä koostuu vedenpuhdistusjärjestelmästä ja käyttövoiman sille antavasta aurinkosähköjärjestelmästä. Vedenpuhdistusjärjestelmä koostuu käänteisosmoosimoduulista, ja järjestelmän muita komponentteja ovat siirto- ja korkeapainepumppu, suodattimet ja vesisäiliöt. Järjestelmään mitoitetaan ja valitaan jokainen komponentti erikseen niin, ettei se ole sidottu vain yhteen valmistajaan. Näin jokainen komponentti voidaan tarvittaessa vaihtaa vastaavaan toisen valmistajan tuotteeseen, kun vain tekniset tiedot, kuten esimerkiksi hydraulinen teho, vastaavat toisiaan. Järjestelmään ei suunnitella erillistä puhdasvesipumppua, sillä veden jakelu toteutetaan painovoimaisesti vesisäiliön alaosasta. Järjestelmän puhtaanveden varastointiin tarkoitetut vesisäiliöt rakennetaan itse. Säiliön alaosassa olevaan G1/2 tuuman ulkokierteiseen asennetaan palloventtiili. Palloventtiilin toiseen päähän voidaan tarvittaessa asentaa letkunippa, johon saadaan kytkettyä letkulla erillinen vesiautomaatti, mikäli puhdasta vettä onkin tarve jakaa pidemmän matkan päähän. Järjestelmän sähkökomponenttien suunnitelmana käytetään aikaisemmassa insinööriyössä laadittua suunnitelmaa. Insinööriyössä suunniteltavaa järjestelmää verrataan valmiiseen markkinoilta löytyvään käänteisosmoosijärjestelmään. Vertailuun valittiin SolarRO MINI 150 -käänteisosmoosijärjestelmä, jonka valmistaja on Solar Water Solutions Oy.

2.3 Käänteisosmoosikalvot

Järjestelmään valitaan käänteisosmoosikalvoiksi kaksi kappaletta DOW FILMTECIN BW30-4040 -membraaneja (kuva 2). Membraani on polyamidia oleva ohutkalvokomposiittia, joka kestää maksimissaan 45 °C:n käyttölämpötilan. Membraanin kestävä maksimi paine on 41 baaria, ja sisään syötettävä tilavuusvirta maksimissaan 3,6 m³/h. Käänteisosmoosikalvossa aiheutuu enintään 1 baarin painehäviö. Jatkuvässä käytössä membraani pystyy käsittelemän nestettä jonka pH on 2–11. [DOW FILMTEC -käänteisosmoosikalvot]. Kalvot suunnitellaan järjestelmään niin että toinen on jatkuvassa käytössä, ja toinen varakalvo. Kun käytössä olevan kalvon vaihtaminen tulee ajankohtaiseksi, niin koko prosessia ei tarvitse katkaista, vaan se ohjataan menemään varalla olleen kalvon kautta. Toinen kalvo mahdollistaa tarvittaessa myös tilavuusvirran kasvattamisen, mikäli korkeapainepumpun tuotto siihen riittää. Valmistajan antamista tiedoista ei löytynyt tarkkaa vaihtoväliä kalvoille, mutta oikein käytettynä vaihtoväli on 3–5 vuotta. Kalvojen kunnon ylläpito vaatii jatkuvaa käyttöä, koska ne eivät saa missään tilanteessa päästä kuivumaan. Kontin vesijärjestelmä tulee siis pitää jatkuvasti täynnä vettä, myös kuljetuksien aikana. Tämä tarkoittaa sitä että vesisäiliöt eivät saa olla tyhjinä. Kalvon halkaisija on 99 mm ja pituus 1 016 mm. Painoa yhdellä kalvolla on 5 kilogrammaa, ja se maksaa noin 260 euroa. Kalvon maksimituotto päivässä on 9,1 m³/d [DOW FILMTEC -käänteisosmoosikalvot].



Kuva 2. Dow Filmtec BW30-2540 -membraani [DOW FILMTEC BW30-4040 -membraani].

2.4 Pumput

Pumppu on nesteen siirtoon tarkoitettu laite. Tässä käyttötarkoituksessa erityistä huomiota tulee kiinnittää pumpattavan veden laatuun, ja näin pumpun valintaan. Tämän insinööriyön toimintaperiaatteen vedenpuhdistusjärjestelmässä voi olla kolme pumppua. Imupumppuna toimiva siirtopumppu, korkeapainepumppu sekä vesiautomaatti vedenjakeluun. Vesiautomaatti jätetään kuitenkin tässä insinööriyössä pois lopullisesta kokonaisuudesta, sillä vettä ei ole tarkoitus jakaa kauemmas vaan se otetaan vesitankista painovoimaisesti.

2.4.1 Nosto- eli imupumppu

Imupumpuksi valikoitui 20 litraa minuutissa tuottava Seaflo-vesipumppu (kuva 3). Vesipumpun sisäänrakennettu painekeytkin käynnistää pumpun automaattisesti kun hana avataan.



Kuva 3. Seaflo-vesipumppu raakaveden siirtoon [Seaflo-vesipumppu].

Pumppu on varsin edullinen sillä se maksaa vain 85 euroa. Hintaan peilattuna sen kapasiteetti on varsin hyvä ja virrankulutus alhainen. Pumpun mukana samaan hintaan tulee sihtisuodatin imupuolella ja kaksi letkuliitintä. Seaflo-vesipumpun tekniset tiedot on esitetty kuvassa 4.

Tekniset tiedot:

Imu-/nostokorkeus: Imu 2,5 / työntö 30 metriä

Kapasiteetti (l/min):20

Mitat (L x S x K): 22,2 x 13,2 x 14,6 cm

Paino: 2,4 kg

Pumpputyyppi: Kalvo

Veden paine: 4,2 bar

Vesiliitäntä: 1/2"

Virrankulutus: 8 A

Paketin koko:

Pituus: 16 cm

Leveys: 28 cm

Korkeus: 14 cm

Paino: 3 kg

Kuva 4. Seaflow-vesipumpun tekniset tiedot [Seaflow-vesipumppu].

Pumppuun asennetaan imupuolella letkun päähän nailonista valmistettu pestävä, ja uudelleenkäytettävä Aquan järivedensuodatin (Kuva 5). Siirtopumpun imuletkun päähän liitetty suodatin upotetaan kokonaan veteen. Suodatin erottelee imettävästä vedestä suuremmat epäpuhtaudet, kuten esimerkiksi hiekan, levän ja kasvillisuuden niin etteivät ne päädy siirtopumppuun vaikuttaen negatiivisesti sen toimintaan. Suodattimen tiheys on 80 mikrometriä, ja se on pituudeltaan 20 senttimetriä. [Aqua-järivedensuodatin]. Suodattimen painehäviö maksimissaan puhtaana on 0,02 baaria. Suositeltu puhdistusväli on maksimissaan 3 kuukautta. Hintaa suodattimella on noin 50 euroa.



Kuva 5. Aqua pestävä järivedensuodatin [Aqua-järivedensuodatin].

2.4.2 Korkeapainepumppu

Korkeapainepumpuksi järjestelmään valitaan alumiinirunkoinen Annovi Reverberin 2 400 W:n ja 230 V:n AR 30 -kalvopumppu (kuva 6). Pumpattavien nesteiden kanssa

kosketuksissa olevat pumpun osat ovat ruostumatonta terästä AISI303/304, joten pumpu sopii myös suolaiselle vedelle [Annovi Reverberi instructions and installation manual]. Pumpu painaa 11 kilogrammaa ja on 252 mm pitkä, 303 mm leveä ja 319 mm korkea. Pumpun imupuolen yhteen halkaisija on 25 mm ja painepuolen 13 mm. Pumpu tuottaa painetta 40 baaria. [Annovi Reverberi AR30 -kalvopumpu.] Valitut käänteisosmoosikalvot kestävät maksimissaan painetta 41 baaria, joten pumpun tuottaman paine ei ole niille liian korkea. Jotta käänteisosmoosiprosessi olisi tehokas, olisi paineen hyvä olla ainakin 35 baaria. Pumpun jälkeen asennetaan kalvojen suojaamiseksi vakiopaineventtiili, joka säädetään 35 baariin. Kalvoista aiheutuu korkeintaan 1 baarin paineen alenema, joten pumpun tuottama paine riittää prosessin tehokkaaseen suorittamiseen. Pumpu tuottaa vettä 35 litraa minuutissa. Hintaa pumpulla on noin 550 euroa.



Kuva 6. Annovi Reverberi AR30 2,35 kW -kalvopumpu [Annovi Reverberi AR30 -kalvopumpu].

2.5 Suodattimet

Suodattimien tehtävä tässä järjestelmässä on suodattaa ja poistaa pumpattavasta lika-vedestä sen sisältämää irtonaista likaa ja kiintoaineita. Suodattimia järjestelmässä siirtopumpun jälkeen on kaksi, esi- ja aktiivihillisuodatin. Yhteensä kaikkien suodattimien painehäviö on maksimissaan 0,92 baaria. Imupumpu tuottaa painetta 4,2 baaria, joten sillä voitetaan suodattimien aiheuttamat painehäviöt varsin kevyesti.

2.5.1 Esisuodatin

Esisuodattimiksi järjestelmään valitaan kolmen suodattimen Aqva XL -humus-suodatinpaketti (kuva 7). Syy XL-kokoisten suodattimien valinnalle oli se, että suurempikokoisten suodattimien vaihtoväli on pidempi [Edevbaro 2019: 25]. Suodattimien erotuskyky kiintoaineiden ja humuksen osalta on 1 µm. Suodatinkokonaisuus parantaa myös veden laatua maun ja haun suhteen poistaen niitä.



Kuva 7. Aqva XL -esisuodatinpaketti [Aqva XL -esisuodatinpaketti].

Pakettiin kuuluu 1 µm:n hienosuodatin, humus- ja uraanisuodatin sekä hajuja ja makuja vähentävä yhdistelmäsuodatin. Aqva XL -esisuodatinpaketin hinta on 215 euroa ja sen tekniset tiedot nähdään kuvassa 8.

Tekniset tiedot

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

Kuva 8. Aqva XL -esisuodattimen tekniset tiedot [Aqva XL -esisuodattimen tekniset tiedot].

2.5.2 Aktiivihiihisuodatin

Aktiivihiihisuodatin poistaa puhdistettavasta vedestä erilaisia hajuja, makuja ja väriä. Aktiivihiihisuodattimella vähentää lisäksi vedestä kemiallisia jäämiä ja raskasmetalleja. Myös erilaiset mahdolliset torjunta-aineet, liuottimet, kloori, rikkivety ja erityisesti maaperästä nouseva haitallinen radon suodattuu aktiivihiihisuodattimella. [Aqua XL -aktiivihiihisuodatin.]

Järjestelmään asennetaan Aqua Finland Oy:n kuituinen Aqua XL -aktiivihiihisuodatin (Kuva 9). Aktiivihiihisuodatin asennetaan esisuodattimen perään. Näin suodattimen ikä pitenee, koska erilaiset likahiukkaset eivät pääse tukkimaan sitä ja heikentämään sen suodatustehoa.

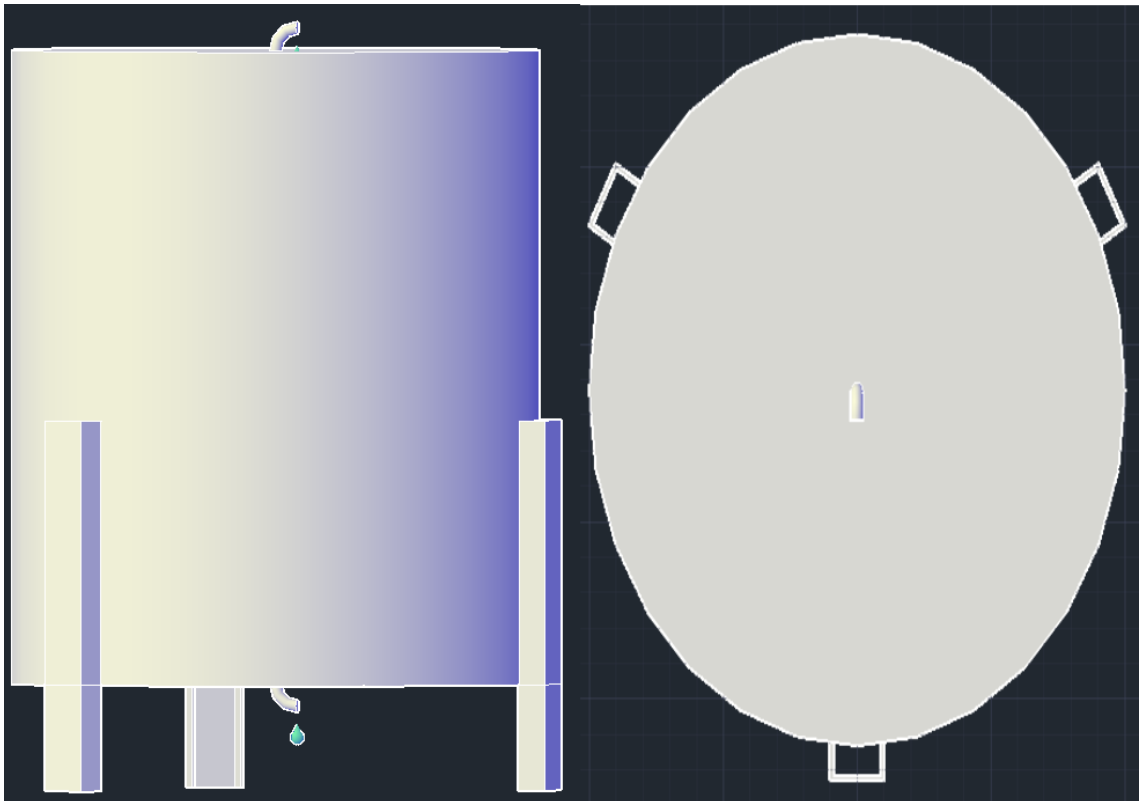


Kuva 9. Aqua XL -aktiivihiihisiuodatin [Aqua XL -aktiivihiihisiuodatin].

Suodatin on 590 mm korkea ja 190 mm leveä. Suodatin paketti sisältää aktiivihiihisiuodattimen, suodatinkotelon, suodatinkotelon kiristysavaimen sekä asennustelineen. Yhteensä paketilla on hintaa 149 euroa. Suodattimen maksimi käyttöpaine on 6 baaria ja paineenalennema vain 0,10 baaria. Käyttöikä suodattimella valmistaja antaa 6 – 12 kuukautta. [Aqua XL -aktiivihiihisiuodatin].

2.6 Vesisäiliöt

Järjestelmään rakennetaan 4 kappaletta säiliöitä puhtaan veden varastointiin, ja ne tehdään itse hitsaamalla. Vesisäiliöt (kuva 10) tehdään 2 mm paksusta levystä, joka on ruostumatonta terästä. Säiliön halkaisija on 1000 mm ja korkeus 1 200 mm. Yhden säiliön tilavuus on noin 935 litraa, eli yhteensä kaikkien säiliöiden kapasiteetti on 3 740 litraa. Säiliöin yläosaan ja pohjaan hitsataan DN15 RST -käyrät. Käyrien toiseen päähän hitsaan G1/2” kierrenippa, johon asennetaan palloventtiili. Säiliöihin hitsataan 3 kappaletta jalkoja U-profiilin RST-kiskoista. Yhden jalan pituus on 70 cm ja ne asennetaan säiliön kylkeen niin, että säiliö nousee 25 cm ylöspäin. Näin akustoa saadaan mahtumaan säiliöiden alle, siltä osin kuin se on sijoittelun osalta tarpeellista.



Kuva 10. RST-säiliö puhtaan veden varastointiin.

2.7 Konsentraatti

Käänteisosmoositekniikassa käsiteltävä tuote eli tässä tapauksessa vesi jaetaan suodattuneeseen puhtaaseen tuotteeseen eli permeaattiin, ja kalvoon pysähtyviin epäpuhtauksiin eli rejektiin. Toteutettavan järjestelmän rejekti johdetaan letkulla päinvastaiseen suuntaan pois päin riittävän kauas vedenottopaikasta, etteivät epäpuhtaudet pääse sekoittumaan uudestaan puhdistettavaan veteen. Korkeapaineista rejektiä voidaan tarvittaessa myös hyödyntää nostamaan puhdistettavan veden painetta jo ennen korkeapainepumppua. Tämän voisi toteuttaa johtamalla sen takaisin prosessiin haarasta, joka on otettu aktiivihillisuodattimen ja korkeapainepumpun välistä. Ratkaisulla korkeapainepumpulle menevän puhdistettavan veden painetta saadaan jo valmiiksi nostettua lähemmäs korkeapainepumpun tuottamaa painetta. Tämä pienentää myös kavitaation riskiä. Aktiivihillisuodattimen jälkeen ennen haaraa on asennettava yksisuuntaventtiili, ettei rejektin paine pääse vaikuttamaan prosessiin päinvastaisesti ja näin rikkomaan aktiivihilli- ja esisuodattimia.

3 Merikontin aurinkosähköjärjestelmä

3.1 Käyttötarkoitus tässä järjestelmässä

Tässä vedenpuhdistusjärjestelmässä aurinkosähkön käyttötarkoitus on ylläpitää käänteisosmoosilaitteiston toimintaa. Päivisin järjestelmään asennetut aurinkopaneelit keräävät auringosta tulevan energian, jolla järjestelmän toiminta pysyy päivisin käynnissä käytön aikana. Ylimääräinen energia varastoidaan erilliseen akustoon. Akustolla ylläpidetään järjestelmän toimintaa öisin ja silloin kuin aurinko ei pääse suoraan paistamaan. Merikontin aurinkosähköjärjestelmä kappaleessa käydään läpi vedenpuhdistusjärjestelmän toiminnan takaavat komponentit ja edellytykset aiemmin suunnitellun ja vertailukohteen osalta. Näitä ovat aurinkopaneelit, invertteri ja akusto. Vertailukohteen osalta invertteri on vaihdettu lataussäätimeen 24 V:n käyttöjännitteen takia.

3.2 Aurinkopaneelit

Toteutettavaan järjestelmään valittiin aurinkopaneeleiksi Amerisolarin AS-6m30-300W yksikideaurinkopaneelit (Kuva 11). Kokonaisuudessaan paneeleita tulee järjestelmään 9 kappaletta. Paneelit kytketään kolmen sarjoihin, ja nämä kolme sarjaa rinnan. [Edevbaro 2019: 2.]

Yksi paneeli painaa 19 kilogrammaa, ja on mitoiltaan 1 640 x 992 x 35 millimetriä. Yhden 24 V:n ja 9,7 A:n paneelin maksimiteho on 300 Wp (wattipiikki). Järjestelmään suunniteltu 9 paneelia on maksimiteholtaan

$$300Wp * 9 = 2700 Wp$$

Yhden aurinkopaneelin hinta on 150 euroa. Järjestelmän paneelit maksavat yhteensä

$$150€ * 9 = 1350 €$$



Kuva 11. Amerisolar 300 Wp yksikidepaneeli [Amerisolar 300 Wp yksikideaurinkopaneeli].

3.3 Invertteri

Invertterin tehtävä on muuttaa aurinkopaneelien tuottama tasasähkö vaihtosähköksi. Invertteriksi aurinkosähköjärjestelmään valitaan all-in-one-invertteri. Valittu invertteri on Victron Energyn EasySolar 48/5000/70-100 -invertterilataussäädin (kuva 12). Valitussa laitteessa on aurinkopaneelien lataussäädin samassa, ja siihen voidaan maksimissaan liittää paneeleita 5 800 W:n edestä.



Kuva 12. Victron Energy EasySolar 48/5000/70-100 All-in-one-invertteri [Victron Energy EasySolar 48/5000/70 all-in-on-invertteri].

Victron Energy EasySolar 48/5000/70-100 -invertterilataus-säätimellä on hintaa 3 500 euroa. Laitteiston tekniset tiedot on esitetty kattavasti liitteessä 1.

3.4 Akusto

Akustolla on tarkoitus taata järjestelmän toiminta silloin kun auringosta saatava energia on vähäisimmillään, käytännössä siis yöaikaan ja pilvisellä säällä. Järjestelmä on suunniteltu päivisin toimimaan aurinkoenergialla jatkuvassa käytössä. Akusto mitoitetaan niin että se kattaa vähintään 24 tunnin yhtäjaksoisen järjestelmän toiminnan. Järjestelmän akustoon valitaan 28 kappaletta kuvan 13 Powerxon DS-185 -lyijyakkuja. Yhden akun kapasiteetti on 150 Ah (ampeiritunti) /10 h, 165 Ah/20h ja 185 Ah/100 h. Yksi akku on mitoiltaan 483 x 179 x 240 millimetriä ja se painaa 45,4 kilogrammaa. [Ahonen 2020: 16]. Akusto sijoitetaan tasaisesti kontin pohjalle.



Kuva 13. Powerxon AGM Deep Cycle akku 12V 185Ah DS-185 [Powerxon AGM Deep Cycle akku 12 V 185 Ah DS-185].

Hintaa yhdellä akulla on 390 euroa, koko järjestelmän akusto kustantaa

$$390\text{€} * 28 = 10920 \text{€}$$

Akut kytketään seitsemään neljän sarjaan, ja sarjat kytketään rinnan. Sarjaan kytkennällä akustolla saavutetaan invertterin vaatima oikea 48 V:n jännite. Vastaavasti seitsemän akkusarjan rinnankytkennällä akuston sähkövaraus saadaan nostettua 1 295 Ah. Järjestelmän yhteiskulutus pumpuilla ja invertterillä on 2600 W. Järjestelmä vaatii virtaa tällöin

$$\frac{2600W}{48V} = 54,17 A$$

Yhtäjaksoisella vuorokautisella käytöllä järjestelmän tarvitsema sähkövaraus on

$$54,17A * 24h = 1300,1 Ah$$

3.5 Järjestelmien teknisiä tietoja

Toteutettavan järjestelmän aurinkopaneeleiden tuottama virta invertterilataus-säätimen jälkeen on

$$\frac{2700W}{48V} * 0,98 * 0,95 = 52,37 A$$

Vedenpuhdistus järjestelmää voidaan käyttää suunnitellulla akustolla yhtäjaksoisesti

$$\frac{1295Ah}{52,73A} = 24,56 h$$

Akuston minimi suositus vähintään 24 tuntia kestävään yhtäjaksoiseen käyttöön toteutuu.

Järjestelmä pystyy tuottamaan puhdistettua vettä noin 380 litraa tunnissa. Järjestelmään suunniteltu 3 740 litran vesivarasto täyttyy siis täysin tyhjästä täyteen noin 10 tunnissa. Vuorokaudessa puhtaanveden tuotto käänteisosmoosikalvoilla on maksimissaan 9 100 litraa. Keskimäärin yhden ihmisen juomaveden tarve vuorokaudessa on 2 litraa, ja yhdessä päivässä järjestelmä kattaa siis noin 4 550 ihmisen juomaveden tarpeen.

4 Vertailukohde SolarRO MINI 150

Tässä insinööriyössä vedenpuhdistusjärjestelmäksi vertailuun valitaan valmis markkinoilta löytyvä ja testattu kokonaisuus. Vertailukohteeksi valikoitui Solar Water Solutions Oy:n SolarRO MINI 150 24 V DC (Direct Current) -käänteisosmoosi vedenpuhdistusjärjestelmä (kuva 14). Vedenpuhdistusjärjestelmä sisältää kaikki tarvittavat komponentit jotka järjestelmä vaatii toimiakseen. Valittu vedenpuhdistusjärjestelmä täyttää myös valmiiksi Ruokaviraston vaatimat laatuvaatimukset erittäin hyvälle juomavedelle. Järjestelmän tuottaman veden laatu on testattu Ruokaviraston akkreditoitussa laboratoriossa noudattaen SFS-EN ISO 17025 -standardin sertifikaattia. SolarRO MINI:llä tuotetun veden laatu täyttää WHO:n (World Health Organization) asettamat kriteerit erinomaiselle juomavedelle. [Valmista puhdas juoma- ja käyttövesi omasta rannasta.] Käänteisosmoosilaitteen mukaan on mahdollista ottaa lisävarustepaketti vedenpuhdistusjärjestelmälle, joka sisältää kaiken tarvittavan koko järjestelmän rakentamiseen. Tässä vertailussa on mukana lisävarustepaketti. SolarRO MINI 150 -käänteisosmoosilaitteen tekniset tiedot on esitetty liitteessä 2. [SolarRO MINI 150 -vedenpuhdistusjärjestelmä].



Kuva 14. SolarRO MINI 150 käänteisosmoosilaitte [SolarRO MINI 150 -vedenpuhdistusjärjestelmä].

Laskemalla yhteen käänteisosmoosilaitteen ja lisävarustepaketin hinnan tulee järjestelmälle hintaa

5 400€ + 1039€ = 6439 €

SolarRO MINI 150 on käänteisosmoosia hyödyntävä vedenpuhdistuslaitteisto, joka kykenee tuottamaan puhdasta juomavettä merivedestä 60 litraa tunnissa ja järvi-, joki- ja kaivovedestä 150 litraa tunnissa. Käänteisosmoosilaitteen energiankulutus on 380 W. Laite on 770 mm pitkä, 450 mm leveä ja 440 mm korkea. Painoa laitteistolla on vain 28 kg. Hintaa laitteistolla on 5 400 euroa. Laitteistoon on saatavilla lisävarustepaketti hintaan 1 039 euroa. Kokonaisuudessaan valmis paketti sisältää SolarRO MINI 150 -käänteisosmoosilaitteen sekä lisävarustepaketin (kuva 15). Lisävarustepakettiin kuuluu 200 l:n vesitankki, huuhdeltava esisuodatin, imupumppu, pintakytkin, 20 m:n jatkojohto, 3-tieventtiili vesitankin tyhjennykseen sekä asennuksiin tarvittavat putket, letkut ja liittimet [SolarRO MINI 150 -vedenpuhdistusjärjestelmä].



Kuva 15. Lisävarustepaketti SolarRO MINI 150 käänteisosmoosilaitteelle [SolarRO MINI 150 -vedenpuhdistusjärjestelmä].

Tässä insinööriyössä mukaan tulevalta vertailukohteelta SolarRO MINI 150 -vedenpuhdistusyksiköltä jätetään erillinen nostopumppu pois, sillä käänteisosmoosilaitteen oma pumppu jaksaa nostaa itsessään vettä 2 metrin korkeuteen asti, joten järkevällä sijoittelulla se itsessään riittää ja erillistä siirtopumppu ei välttämättä tarvita.

4.1 Korkeapainepumppu

Korkeapainepumppu on käänteisosmoosilaitteiston yhteydessä oleva pumppu. Pumpun tehtävä on pumpata sille tulevaa esipuhdistettua vettä käänteisosmoosijärjestelmän ja suodattimien läpi. Suodattimien jälkeen puhdas juomakelpoinen vesi varastoituu vesitankkiin. Vertailukohteen SolarRO MINI 150 -korkeapainepumpun (kuva 16) tyyppi on siipipumppu ja se on teholtaan 300 W, käyttöpaine pumpulla on 8–12 baaria [Valmista puhdas juoma- ja käyttövesi omasta rannasta].



Kuva 16. SolarRO MINI 150 käänteisosmoosilaitteen korkeapainepumppu [SolarRO MINI 150 -vedenpuhdistusjärjestelmä].

4.2 Suodatus

Vertailukohteen järjestelmässä SolarRO MINI 150 -käänteisosmoosilaitteella on neljä eri suodatusta puhdistettavalle vedelle. Nämä suodattimet ovat esisuodatin, käänteisosmoosikalvot, aktiivihilisuodatin ja UV-suodatus.

4.2.1 Esisuodatin

Vertailukohteen esisuodattimia (kuva 17) on SolarRO MINI 150 -vedenpuhdistusjärjestelmissä kolme kappaletta, ja niiden tehtävä on poistaa pumpattavasta vedestä irtonainen lika ja humus ennen käänteisosmoosilaitetta.



Kuva 17. SolarRo MINI 150 käänteisosmoosilaitteen esisuodattimet [Esisuodatin SolarRO MINI 150 -käänteisosmoosilaitteelle].

Esisuodattimia on kolme kappaletta siksi että vedessä oleva irtonainen lika saataisiin suodatettua pois mahdollisimman tehokkaasti, ilman että suodattimet tukkeutuvat. Suodattimet ovat suodatuskooltaan 100-, 50- ja 5 μm . Ensimmäisen suodattimena on 100 μm :n suodatin johon suuremmat irtonaiset partikkelit pumpattavasta vedestä jäävät. Vastaavasti viimeisenä suodattimena ennen käänteisosmoosilaitetta on 5 μm :n suodatin, mihin viimeiset pienet likapartikkelit suodattuvat. Esisuodattimien suositeltu vaihtoväli on 2 – 4 kuukautta riippuen pumpattavan veden likaisuudesta. Yhden esisuodattimen (kuva 18) kappale hinta on 7 euroa. [Esisuodatin SolarRO MINI 150 -käänteisosmoosilaitteelle.] Kaikkiaan jokaisen vaihtaminen yhdellä kerralla kustantaa siis 21 euroa. Järjestelmän mukana tulee varasuodatin paketti jossa on 3 kappaletta esisuodattimia.



Kuva 18. SolarRO MINI 150 käänteisosmoosilaitteen esisuodatin [Esisuodatin SolarRO MINI 150 -käänteisosmoosilaitteelle].

4.2.2 Käänteisosmoosikalvot

SolarRo MINI 150 -vedenpuhdistuslaitteessa on kaksi ULP2521-käänteisosmoosikalvoa eli membraania. Suodatinkalvot sijaitsevat suodatinkoteloissa (kuva 19) laitteen yläosassa. Kotelot ovat materiaaliltaan haponkestävää SS 316L- terästä. Materiaali sopii vaihteleviin käyttötarkoituksiin erittäin hyvin poikkeuksellisen hyvän korroosionkestävyytensä ansiosta esimerkiksi erilaisia happoja, kuten rikki-, suola-, muurahais-, etikka- ja viinihappoja vastaan. Materiaali kestää lisäksi hyvin myös emäksisten kloridien ja happosulfaattien aiheuttamaa korroosiota. [Austenitic Stainless Steel SS316L.] Edellä luetellut korroosiosuojat huomioiden materiaali kestää siis erinomaisesti mahdolliset ulkopuoliset korroosion aiheuttajat.



Kuva 19. SolarRO MINI 150 käänteisosmoosikalvojen suojakotelot [Huttula 2018].

Itse käänteisosmoosikalvot koteloiden sisällä ovat puoliläpäiseviä, ja niissä olevien pienten aukkojen suuruus on vain 0,1 nanometriä. Suodattimissa olevien erittäin pienten aukkojen ansiosta vain puhtaat vesimolekyylit pääsevät niistä läpi siinä missä kaikki epäpuhtaudet jäävät toiselle puolelle. Membraanin (kuva 20) paras käyttöikä saavutetaan oikeinkäytettynä niin, että käyttö olisi mahdollisimman jatkuvaa. Suodatinkalvoja ei saa missään nimessä päästää kuivumaan. Oikein käytettyinä membraanien käyttöikä on 3 – 5 vuotta [Käänteisosmoosikalvot SolarRO MINI 150 -vedenpuhdistusjärjestelmään].



Kuva 20. ULP-2521 käänteisosmoosikalvo eli membraani [Ultra Low Pressure 2521 -membrane].

Laitteen mukana tulevassa varasuodatinpaketissa tulee kaksi kappaletta membraaneja ensimmäistä vaihtoa varten. Uuden käänteisosmoosikalvon hankintahinta jatkoa ajatellen on 130 – 180 euroa kappale. Membraaneja vaihdettaessa on siis syytä olla tarkkavainen mistä ne hankkii sillä näin voidaan tehdä säästöjä jopa 100 euron edestä.

4.2.3 Aktiivihiihisuodatin

SolarRO MINI 150 -käänteisosmoosivedenpuhdistuslaitteessa on yksi kappale aktiivihiihisuodattimia veden jälkisuodatukseen. Aktiivihiihisuodattimen tehtävä on parantaa jälkisuodatuksena veden makua ja hajua [Aktiivihiihisuodatin SolarRO MINI 150 -käänteisosmoosilaitteelle]. Suodatinpatruuna sijaitsee sille tarkoitettussa kotelossa (kuva 21) käänteisosmoosikalvojen koteloiden perässä.



Kuva 21. SolarRO MINI 150 käänteisosmoosilaitteen aktiivihiihisuodattimen suojakotelo [Aktiivihiihisuodatin SolarRO MINI 150 -käänteisosmoosilaitteelle].

800 mg:n aktiivihiihisuodattimen erotuskyky on 5 µm. Suodatinpatruunan (kuva 22) kappale hinta on 9 euroa. Aktiivihiihisuodattimia tulee laitteen mukana tulevassa lisävarustepaketissa yksi kappale ylimääräisenä ensimmäistä vaihtoa varten. [SolarRO MINI 150 -vedenpuhdistusjärjestelmä.] Puhtaan juomaveden valmistuksessa aktiivihiihisuodattimen vaihtoväliksi suositellaan tässä tapauksessa 3 kuukautta tai enintään 20 000 m³ suodatettua vettä [Aktiivihiihisuodattimen vaihtoväli].



Kuva 22. SolarRO MINI 150 käänteisosmoosilaitteen aktiivihillisuodatin [Aktiivihillisuodatin SolarRO MINI 150 -käänteisosmoosilaitteelle].

4.2.4 UV-desinfiointisuodatin

SolarRO MINI 150 -vedenpuhdistusjärjestelmässä viimeisenä jälkisuodattimena ennen puhtasvesitankkia on ultravioletti-desinfiointilaitte. UV-desinfiointilaitteen (kuva 23) tehtävänä on antaa viimeinen silaus juomavedelle, että se on maultaan mahdollisimman hyvää ja puhdasta. UV-suodatus on hyvä, tehokas ja luonnollinen puhdistusmenetelmä ilman ylimääräisiä lisättyjä kemikaaleja. Suodatukseen käytettävän UV-lampun käyttöaika on 10 000 tuntia, viimeistään tämän jälkeen lamppu on syytä vaihtaa, jotta tehokas jälkisuodatus pystytään takaamaan. (UV-desinfiointilaitte SolarRO MINI 150 -käänteisosmoosilaitteeseen.) Uuden UV-lampun hinta on noin 50 – 55 euroa. UV-desinfiointilaitteen tekniset tiedot on esitetty liitteessä 3.



Kuva 23. SolarRO MINI 150 käänteisosmoosilaitteen UV-desinfiointilaite [Huttula 2018].

4.3 Vesitankki

SolarRO MINI 150 -laitteessa prosessin jälkeen puhdas juomakelpoinen juomavesi varastoidaan 200 litran puhtasvesitankkiin (kuva 24). Tankissa on kaksi kappaletta tehdasasennettuja 1/2":n sisäkierräläpivienninjä säiliön täyttöä ja tyhjennystä varten. Säiliön täyttö tapahtuu yläpuolisesta läpiviennistä. Liitäntään voidaan käyttää esimerkiksi 1/2" x 12 mm ulkokerreletkunippaa. Liittimen kierrepää tiivistetään joko kierreteipillä tai hampulla ja kitillä. 12 mm:n päähän kiinni tuleva letku kiristetään paikoilleen letkunkiristimellä. Säiliön tyhjennys ja puhtaan juomavedenotto tapahtuu alemmasta läpiviennistä. Alapuolen lähtöön liitetään 1/2":n pallolaskuhana, jonka kierrepää tiivistetään teipillä tai hampulla ja kitillä. Pallolaskuhanan kahvan avaamalla juomaveden ottaminen saadaan toteutettua yksinkertaisesti painovoimaa hyödyntäen. Pallolaskuhanan päähän voidaan halutessa kiinnittää pätkä muoviletkua letkukiristimellä. Näin vedenottamista esimerkiksi kanistereihin saadaan helpotettua, kun vesi pystytään suoraan suuntaamaan letkulla säiliöön. Näin vettä valuu hukkaan mahdollisimman vähän. Säiliön sijoittelussa tulee ottaa huomioon, että se on riittävän korkealla, jotta vedenotto olisi mahdollisimman vaivatonta

painovoimaa hyödyntäen, ja että esimerkiksi erilaiset kanisterit ja ämpärit saadaan täytettyä. Säiliön sisällä on pintakytkin, joka valvoo säiliön veden pintaa. Vedenpinnan laskeutumisesta riittävän alas antaa pintakytkin pumppaus käskyn käänteisosmoosilaitteen korkeapainepumpulle. Tämän jälkeen säiliö alkaa jälleen täyttyä puhtaasta juomavedestä siihen asti kunnes vedenpinta saavuttaa pintakytkimen ylärajan. Kun yläraja saavutetaan antaa kytkin sammutuskäskyn pumpulle, jonka jälkeen järjestelmä sammuu.



Kuva 24. 200 litran säiliö puhtaan juomaveden varastointiin [SolarRO MINI 150 -vedenpuhdistusjärjestelmä].

4.4 Konsentraatti

SolarRO MINI 150 -vedenpuhdistuslaitteessa on oma poistonsa konsentraatille (kuva 25), johon liitetyllä muoviletkulla ja letkunkiristimellä jäännöskonsentraatti voidaan johtaa haluttuun paikkaan. Konsentraatti voidaan johtaa letkulla kauemmaksi esimerkiksi suoraan maahan tai sille varattuun erilliseen säiliöön tai vastaavaan.



Kuva 25. Konsentraatin poisto SolarRO MINI 150 käänteisosmoosilaitteelta [Huttula 2018].

4.5 Lataussäädin

Lataussäädin säätää aurinkopaneelien tuottamaa latausvirtaa sekä -jännitettä. Lataussäätimen tehtävä on muuntaa aurinkopaneelilta tuleva virta akuille sopivaksi niin etteivät ne yllätaudu. Lataussäädin myös estää akkujen jännitteen syväpurkaukset ja vuorovirrat takaisin aurinkopaneeliin päin. Lataussäädin valitaan järjestelmään aurinkopaneelien tuottaman maksimivirran ja akkujen jännitteen perusteella. Säätimen virta tulee mitoittaa ampeereissa vähintään aurinkopaneelien maksimivirtaa vastaavaksi [Aurinkosähkö.fi 2019].

Lataussäätimeksi vertailukohteen järjestelmään valitaan Peak Powerin MPPT (Maximum Power Point Tracking) 20 A -lataussäädin (kuva 26). Lataussäädin sopii kaikille akkutyypeille, ja siinä on lämpötilakompensoitu lataus ylikuumentumisen suojaamiseksi. Maksimi paneeliteho säätimelle 24 V:n akkujärjestelmässä on 520 W [Lataussäädin Peak Power MPPT 20 A]. Järjestelmän paneelien maksimiteho on 500 W, joten säädin on riittävä tähän käyttötarkoitukseen. Peak Power säätää automaattisesti virran ja jännitteen suhdetta niin, että se on akuille sopiva, näin aurinkopaneelista saadaan koko ajan maksimaalinen tuotto irti ja akkujen latausjännite on optimaalinen.



Kuva 26. Peak Power MPPT 20 A lataussäädin [Lataussäädin Peak Power MPPT 20 A].

Lataussäätimen hyötysuhde on erinomainen, jopa 98 %. MPPT-tekniikan erityinen vahvuus on sen toiminta pilvisellä ilmalla, jolloin valon määrä voi vaihdella suuresti ja nopealla aikavälillä. Nopean tekniikan ansiosta tällöin hyötysuhde verrattuna tavalliseen PWM (Pulse Wide Modulation) -säätimeen voi olla jopa 30 % parempi. Hintaa säätimellä on kokonaisuudessaan 155 euroa [Lataussäädin Peak Power MPPT 20 A]. Peak Power MPPT 20 A -lataussäätimen tekniset tiedot on esitetty kuvassa 27.

Tekniset tiedot:

Latausvirta: 20 A
Mitat (K x L x P): 172 x 139 x 44 mm
Paino: 0,6 kg

Paketin koko:

Pituus: 25 cm
Leveys: 7 cm
Korkeus: 17 cm
Paino: 1 kg

Kuva 27. Peak Power MPPT 20 A -lataussäätimen tekniset tiedot [Lataussäädin Peak Power MPPT 20 A].

4.6 Järjestelmän teknisiä tietoja

Vertailukohteen SolarRO MINI 150 -vedenpuhdistuslaitteen energiankulutus kokonaisuudessaan on 380 W. 24 V:n järjestelmässä sen vaatima virta on

$$\frac{380W}{24V} = 15,83 A$$

Vertailukohteen aurinkopaneeleiden tuottama virta lataussäätimen hyötysuhteen huomioimisen jälkeen on

$$\frac{500W}{24V} * 0,98 = 20,42 A$$

Minimisuosituskustolla (250 Ah) vertailukohteen järjestelmää voidaan käyttää yhtäjaksoisesti

$$\frac{290Ah}{15,83A} = 15,79 h$$

Tässä insinööriyössä järjestelmä mitoitettiin toimimaan päivätasaajan olosuhteissa, jossa aurinko paistaa keskimäärin 8 tuntia vuorokaudessa. Järjestelmää ei välttämättä tarvitse mitoittaa toimimaan 24 tuntia vuorokaudessa pelkällä akustolla, sillä järjestelmän käyttö ei ole yhtäjaksoista vuorokauden ympäri. Se on kuitenkin suotavaa mahdollisten pidempien auringottomien jaksojen varalta. Vertailukohteeseen suositellun akuston osalta huomataan ettei sitä ole mitoitettu kattamaan vuorokautista yhtäjaksoista tuotantoa.

SolarRO MINI 150 -käänteisosmoosilaitte tuottaa järvi- ja jokivedestä puhdasta juomavettä 150 litraa tunnissa. Tällöin 200 litran vesisäiliön täytyminen kestää

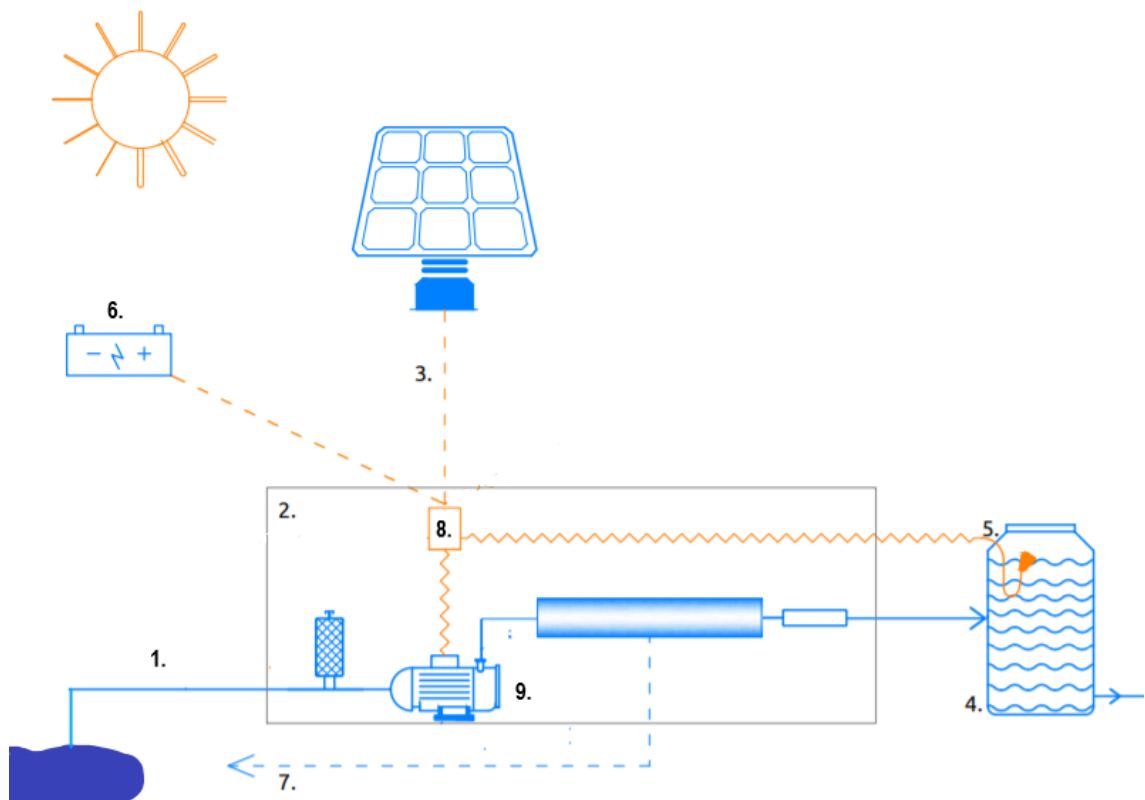
$$\frac{200l}{150l/h} = 1,33h$$

Merivedestä puhtaan juomaveden tuotto on 60 litraa tunnissa, ja silloin säiliön täytyminen kestää

$$\frac{200l}{60l/h} = 3,33h$$

Makeasta vedestä järjestelmän tuotto vuorokaudessa on 3600 litraa, mikä kattaa maksimissaan 1 800 ihmisen vuorokauden juomatarpeen. Vastaavasti merivedestä tuotto vuorokaudessa on 1 440 litraa, mikä kattaa 720 ihmisen päivittäisen juomaveden tarpeen.

Vertailukohteen pakettivalmis vedenpuhdistusjärjestelmä nähdään kokonaisuudessaan kuvassa 28.



Kuva 28. SolaroRO MINI 150 vedenpuhdistusjärjestelmä.

Vedenpinnan laskiessa riittävän alas vesisäiliössä (4) antaa pintakytkin (5) käskyn säätimille (8). Säädin antaa käynnistyskomennon korkeapainepumpulle (9). Pumppu alkaa imeä puhdistettavaa vettä imuletkulla (1) käänteisosmoosilaitteeseen (2). Vesi tulee ensin esisuodattimien läpi, jonka jälkeen pumppu pumppaa sen käänteisosmoosikalvojen ja jälkisuodatuksen läpi aina vesisäiliöön asti. Kun vedenpinta vesisäiliössä on riittävän korkealla, niin katkaisee pintakytkin prosessin. Käänteisosmoosiprosessissa syntyvät

konsentraatit poistuvat poistoletkua (7) pitkin prosessista ulos. Laitteisto saa käyttövoimansa aurinkopaneeleista (3) ja akusta (6)

5 Komponenttien sijoitus ja kiinnitys merikontin sisälle

Komponenttien sijoituksella konttiin tuleva kuorma pyritään jakamaan painonsa puolesta konttiin mahdollisimman tasaisesti, jottei siitä aiheutuisi mahdollisia ongelmia kuljetuksen aikana väärän painopisteen takia. Kiinnityksellä taas pidetään huolta siitä, ettei kontissa oleva sisältö pääse liikkumaan kuljetuksen aikana, ja näin aiheuttamaan laitteistoihin vaurioita. Komponenttien sijoittelu osalta kaikki komponentit tullaan sijoittamaan kontin alaosaan. Näin järjestelmän massa saadaan keskitettyä alas, eivätkä esimerkiksi ylös sijoitetut painavat komponentit näin aiheuta konttiin epätasapainoa kuljetuksen aikana. Myös yksittäiset komponentit pyritään sijoittamaan mahdollisuuksien mukaan kontin alaosaan siten, että painojakauma olisi mahdollisimman tasainen. Tässä insinööriyössä suunnitellun järjestelmän laitteiston massa on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Suunnitellun järjestelmä kokonaismassa.

Komponentti	Määrä (kpl)	Massa/kpl (kg)	Kokonaismassa (kg)
Käänteisosmoosikalvo	2	5	10
Vesisäiliö (tyhjä)	4	40	160
Korkeapainepumppu	1	9,3	9,3
Siirtopumppu	1	2,4	2,4
Aurinkopaneeli	9	19	42
Invertteri	1	48	48
Esisuodatin	1	16,5	16,5
Aktiivihiihisiuodatin	1	4	4
Akusto	28	45,4	1271,2
Kehikko	1	293	293
Yhteensä			1856,4

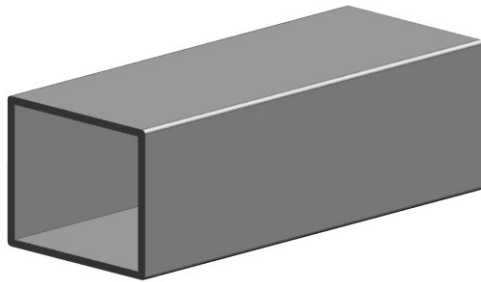
Vertailukohteen järjestelmän kokonaismassa on 155,1 kg. Toteutettavan järjestelmän kokonaismassa on siis noin kaksitoista kertaa enemmän kuin vertailukohteen komponenttien massa

$$1856,4\text{kg} - 155,1\text{kg} = 1701,3\text{kg}$$

Hyvin pienestä kokonaismassasta johtuen (155,1 kg) vertailukohteen laitteiston sijoitella konttiin ei olisi merkittävää merkitystä kontin painopisteen kannalta.

Merikonttiin sijoitettavalle laitteistolle ei tulla tekemään minkäänlaisia kiinteitä asennuksia kontin sisälle. Merikonttiin sisälle suunnitellaan neliöteräsputkesta tehty kehikko, johon järjestelmän komponentit kiinnitetään pulteilla ja muttereilla. Kuljetuksen ajaksi kehikko tuetaan kontin sisällä niin ettei se pääse liikkumaan.

Kontin sisään tuleva kehikko rakennetaan 40 x 40 x 1,5 x 2 000 mm olevasta neliöteräsputkesta (kuva 29). Kyseiselle neliöputkikoolle löytyy valmiita liitososia esimerkiksi kulmiin jne. joten kehikon kasaaminen on melko vaivatonta. Liitososissa on valmiina liitoksia varten halkaisijaltaan 10 mm:n reiät, joten kehikon osat liitetään toisiinsa kiinni M10 x 50 mm:n pulteilla ja M10:n muttereilla. Vaihtoehtoisesti liitokset voidaan tehdä myös hitsaamalla ajan säästämiseksi.



Kuva 29. Neliöteräsputki 40 x 40 x 1,5 x 2 000 mm [Neliöteräsputki 40 x 40 x 1,5 mm].

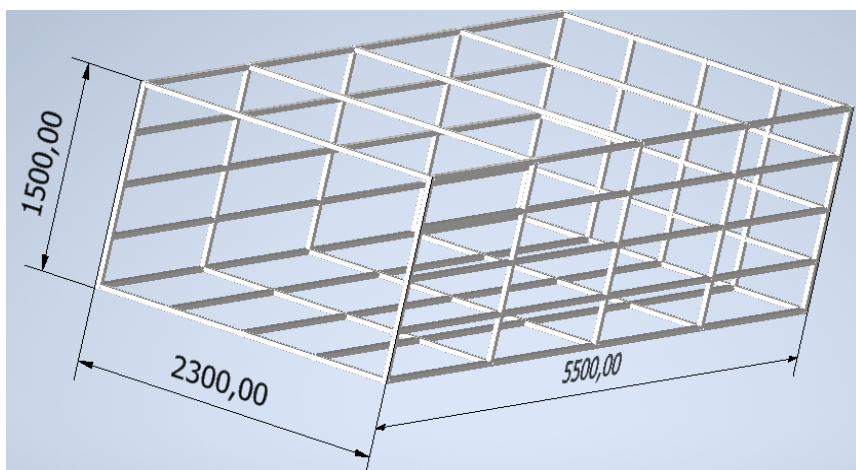
Yksi kahden metrin neliöputki kustantaa 19,80 euroa [Neliöteräsputki 40 x 40 x 1,5 mm]. Yhteensä kehikkoon menee neliöputkea noin 121 metriä, eli 61 kappaletta. Nämä kustantavat kokonaisuudessaan noin 1 208 euroa.

Neliöputket liitetään toisiinsa erilaisilla neliöputken kulma- ja haaroitusosilla. Kehikon rakentamiseen tarvitaan neljää erilaista osaa. Nämä osat ovat 3- ja 4-suuntainen nurkka-pala, 4-haarainen kulmapala ja 3-haarainen kulmapala (kuva 30).



Kuva 30. Neliöputken eri haaroitusosat kehkion rakentamiseen [Kulmapala 3-haarainen, Kulmapala 4-haarainen, Nurkkapala 3-suuntainen, Nurkkapala 4-suuntainen].

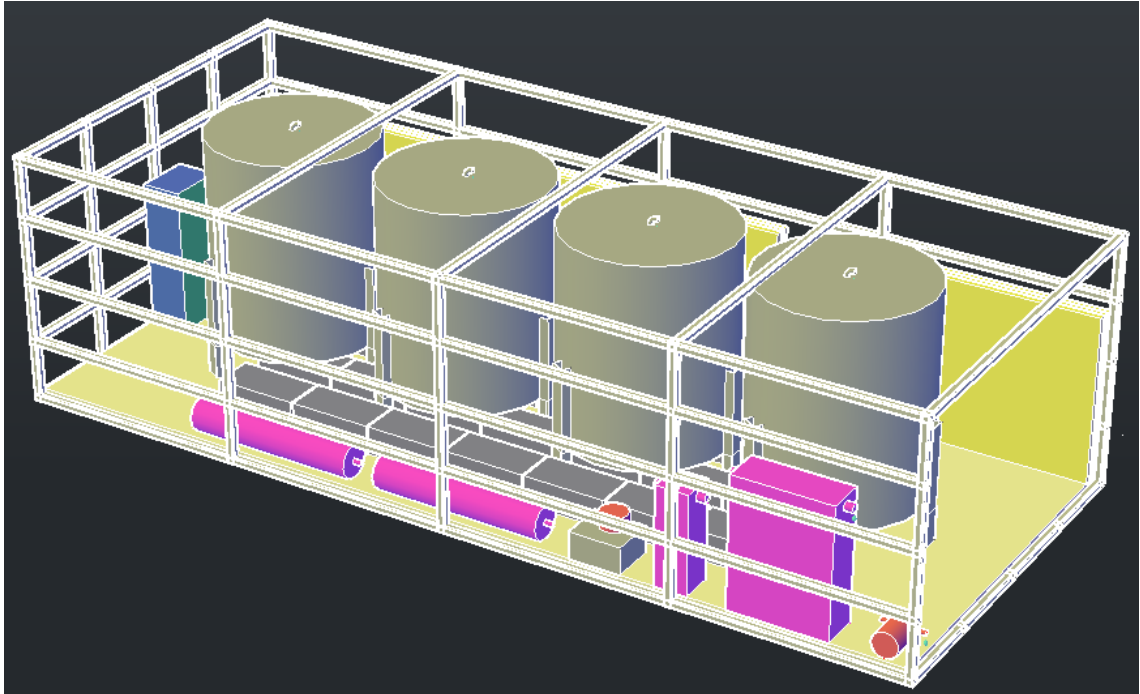
Kappalehintaa 3- ja 4-haaraisella kulmapalalla on 9,80 euroa. Kummallakin nurkkapalalla puolestaan hintaa on 13,50 euroa kappale. Konttiin tulevaan kehkioon (Kuva 31) tulee 3-haaraisia kulmapaloja 9 kappaletta, 4-haaraisia kulmapaloja 39 kappaletta, 3-haaraisia nurkkapaloja 8 kappaletta ja 4-haaraisia nurkkapaloja 18 kappaletta. Yhteensä kehkion osat maksavat 821,4 euroa.



Kuva 31. Merikontin sisälle tuleva kehkio komponenttien kiinnitystä varten.

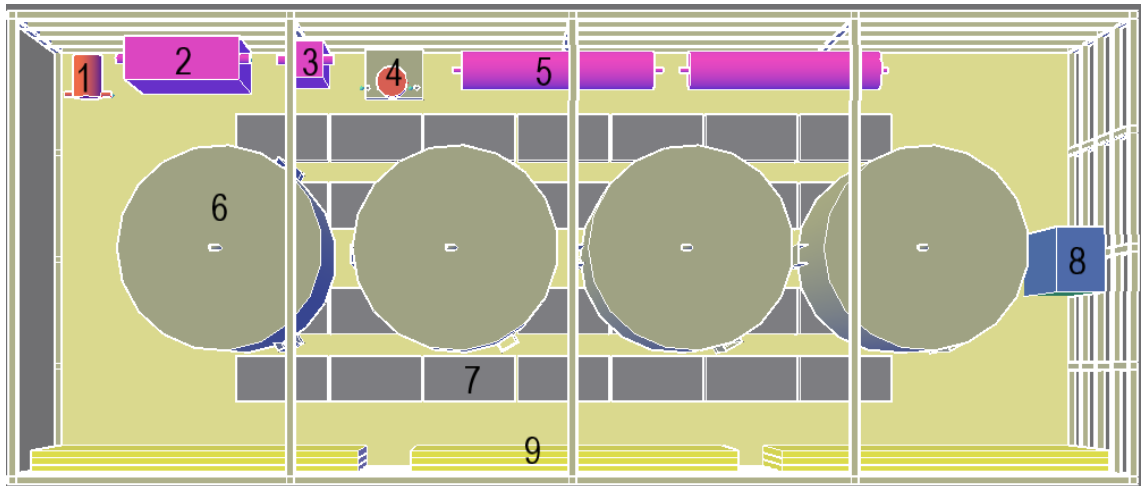
Järjestelmän komponentit sijoitetaan kehkioon kuvan 33 mukaisesti. Kehkion pohjalle tehdään lattiataso esimerkiksi 21 mm:n vanerista. Kaikki komponentit tulevat lattiatasoa

vasten, jolloin ne ovat tasaisella alustalla. Komponentit kiinnitetään kehikkoon esimerkiksi pultein ja mutterein. Tarpeen vaatiessa myös lattiatason vaneriin pystytään tekemään kiinnityksiä, mikäli siihen asennetaan esimerkiksi erillisiä kiinnityskoukkuja.



Kuva 32. Komponenttien sijoitus kehikon sisälle.

Kaikki vedenpuhdistusjärjestelmän komponentit mahtuvat kehikon sisälle leveys, syvyys ja korkeus suunnassa. Kuvasta 34 nähdään kehikko ja komponentit ylhäältäpäin, sekä mikä komponentti sijaitsee missäkin.



Kuva 33. Vedenpuhdistusjärjestelmän komponentit kehikon sisällä.

Komponentit kontissa:

1. siirtopumppu
2. esisuodattimet
3. aktiivihiilisuodatin
4. korkeapainepumppu
5. käänteisosmoosikalvot
6. vesisäiliöt
7. akusto
8. invertteri
9. aurinkopaneelit.

Kaikki komponentit kiinnitetään pulteilla ja muttereilla kehikkoon. Aurinkopaneelit sijoitetaan tasaisesti nojaamaan kehikon toiseen laitaan kyljelleen, ja sidotaan siihen.

6 Järjestelmän toiminnan takaaminen

Järjestelmän toiminnan takaamisella pyritään miettimään järjestelmään kohdistuvaa rasitusta ja kuluvia komponentteja ennakkoon ja näin varmistamaan sekä takaamaan sen moitteeton toiminta ilman turhia ja äkkinäisiä katkoksia.

6.1 Käytössä kuluvat komponentit

Käytössä kuluvia komponentteja järjestelmässä ovat käänteisosmoosikalvot, suodattimet ja pumput. Järjestelmän liitokset kannattaa myös tarkistaa säännöllisesti. Korkea-paine- ja raakavesipumpun toimintaa kannattaa aika ajoin kuunnella epätavallisen äänen vuoksi, syitä epätavallisille äänille voivat olla esimerkiksi kavitaatio tai pumpun siipipyörän kuluminen. Epätavallisia ääniä voivat olla esimerkiksi pumpun pitämä liian kova melu, tai siipipyörästä kuuluva sirinä.

6.2 Ylläpito ja huolto

Järjestelmälle voisi yrittää tehdä ja laatia jonkinlaisen huoltokirjan, josta löytyisi apua yleisimpiin ongelmiin, sekä näkisi mitä on tehty ja milloin. Ennalta tiedossa olevissa huoltotoimenpiteissä, kuten suodattimien ja käänteisosmoosikalvojen vaihdossa tiedetään niiden vaihtovälit. Näin niiden vaihtaminen ja huoltosuunnitelmat pystytään suunnittelemaan ennakkoon, kun niiden vaihtopäivät on kirjattu huoltokirjaan. Huoltokirjaan merkitään myös kaikki toimenpiteet, jota järjestelmälle on tehty. Näitä ovat esimerkiksi kaikki tavanomaisesta poikkeava, kuten vuodot ja epätavalliset äänet. Järjestelmän käyttötuntien määrä kokonaisuudessaan kirjataan myös ylös huoltokirjaan.

6.3 Ongelmien ennaltaehkäisy

Laitteiston ongelmien ennaltaehkäisemisen kannalta tärkeimmässä roolissa on vedenpuhdistuslaitteen suodattimien ja käänteisosmoosikalvojen oikea aikainen vaihtaminen, silloin kun niiden vaihtoaika on ajankohtainen. Lisäksi käyttökohteesta riippuen järjestelmän sijoittamista tulee miettiä tarkasti, jotta se on luonnonvoimilta ja muulta ulkopuoliselta kulutukselta suojassa. Tarpeen vaatiessa komponentit tulee suojata jotenkin, jotta niiden toiminta ja jatkuva käyttö voidaan taata.

7 Järjestelmän kustannukset

Tässä insinööriyössä tarkastellaan suunnitellun järjestelmän kokonaiskustannuksia, ja vertaillaan niitä karsittuun vertailukohteen järjestelmään.

7.1 Hankintakustannukset

Tämän insinööriyön hankintakustannukset nähdään taulukosta 2.

Taulukko 2. Koko laitteiston hankintakustannukset.

Komponentti	Määrä (kpl)	Hinta/kpl (€)	Hinta yhteensä (€)
Käänteisosmoosikalvo	2	260	520
Siirtopumppu	1	85	85
Järvisuodatin	1	50	50
Korkeapainepumppu	1	550	550
Esisuodatin	1	215	215
Aktiivihiiლისuodatin	1	149	149
Aurinkopaneelit	9	150	1350
Inverteri	1	3500	3500
Akku	28	390	10920
Kontti	1	2910	2910
Yhteensä			20249

Vertailukohteen SolarRO MINI 150 -järjestelmän kokonaiskustannukset ovat 11 059 euroa. Vertailukohteeksi otettu laitteisto on toteutettavaa kokonaisuutta edullisempi

$$20249\text{€} - 11059\text{€} = 9190\text{€}$$

Hintaero suunnitellun järjestelmän ja vertailukohteen välillä johtuu siitä että järjestelmät ovat kokoluokaltaan ja kapasiteeteiltaan täysin eri luokkaa. Esimerkiksi siinä missä vertailukohde pystyy maksimissaan tuottamaan juomakelpoista vettä 150 litraa tunnissa, suunniteltu järjestelmä tuottaa samassa ajassa puhdasta vettä 380 litraa eli yli kaksinkertaisen määrän. Lisäksi suunnitellun järjestelmän akusto mitoitettiin riittämään vähintään 24 tunnin ajaksi, kun taas vertailukohteen akusta riittää vain 15 tunniksi.

7.2 Käyttökustannukset

Vedenpuhdistusjärjestelmä ei aiheuta käytönaikaisia kustannuksia, sillä sen käyttämä energia tulee puhtaasti uusiutuvasta energiasta, eli aurinkovoimasta.

7.3 Huolto- ja kunnossapitokustannukset

Huolto- ja kunnossapitokustannuksia järjestelmälle aiheutuu ainoastaan käänteisosmoosikalvoista, esi- ja aktiivihiihliisuodattimista, sillä aurinkopaneelit ja akku ovat huoltovapaita. Myös ensimmäisenä suodattimena toimiva järvisuodatin on puhdistettavaa mallia, eikä sitä näin tarvitse vaihtaa. Taulukosta 3 nähdään suunnitellun vedenpuhdistusjärjestelmän käänteisosmoosikalvojen ja kaikkien suodattimien vaihdosta aiheutuva kustannus.

Taulukko 3. Järjestelmän huolto- ja kunnossapitokustannukset.

Suodatin	Määrä (kpl)	Hinta/kpl (€)	Hinta yhteensä (€)
Membraani	2	260	520
Esisuodatin	1	215	215
Aktiivihiihliisuodatin	1	149	149
Yhteensä			884

8 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli jatkaa samasta aiheesta aiemmin tehtyjä insinööritöitä ja lopputuloksena saada aikaan käyttövalmis kokonaisuus vedenpuhdistusjärjestelmästä. Työssä suunniteltiin järjestelmä osittain uusiksi, ja komponenttien kiinnitykselle merikonttiin suunniteltiin neliöputkesta kehikko. Lisäksi toteutettavan järjestelmän rinnalle otettiin vertailuun yhteen valmistajaan sidottu vedenpuhdistusjärjestelmä. Toteutettava vedenpuhdistusjärjestelmä uusittiin niin, että se on teknisesti mahdollista toteuttaa. Kokonaisuudessa pyrittiin kiinnittämään huomiota myös kustannustehokkuuteen, jotta kaikki ylimääräinen jäisi pois, ja näin saataisiin kokonaisuudesta edullisempi. Hintaa toteutettavalle järjestelmällä tuli 20 249 euroa.

Tämän insinööriyön tavoitteena oli saada aikaan koko vedenkäsittely- ja aurinkosähkölaitteistojen komponenteista selkeä kokonaisuus. Työn tavoitteet saavutettiin, ja lopputuloksena on suunnitelma järjestelmän rakentamiseksi. Tämän insinööriyön suunnitelman ansiosta järjestelmää voidaan lähteä fyysisesti toteuttamaan.

Insinööriyössä jäi selvittämättä aikaisemmin mietitty ulosvetomekanismi aurinkopaneelleille. Työn aikana kuitenkin huomattiin, että aurinkopaneelit pystytään sijoittamaan järkevästi ilman ylimääräisiä mekaanisia järjestelmiä, eikä näin erilliselle ulosvetomekanismille ollut tarvetta.

Valmiilla järjestelmällä pystytään tulevaisuudessa sen käyttökohteessa tarjoamaan apua lukuisille ihmisille, jotka kärsivät puhtaan juomaveden puutteesta.

Lähteet

Ahonen, Hanna. 2020. Aurinkoenergialla toimiva, merikonttiin sijoitettu vedenpuhdistusjärjestelmä. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Aktiivihiihisiuodattimen vaihtoväli. Verkkoaineisto. Pumppulohja. <https://www.pumppulohja.fi/files/documents/cintropur_vedenpuhdistus_vedensuodatus.pdf>. Luettu 30.10.2020.

Aktiivihiihisiuodatin SolarRO MINI 150 -käänteisosmoosilaitteelle. Verkkoaineisto. Solar Water Solutions Oy. <<https://solarwatersolutions.fi/fi/shop/aktiivihiihisiuodatin-5/>>. Luettu 30.10.2020.

Amerisolar 300 Wp -yksikideaurinkopaneeli. Verkkoaineisto. Sun Solar Oy. <<https://kauppa.sunsolar.fi/shop/aurinkopaneelit/amerisolar-perc-aurinkopaneeli-300yksikide/>>. Luettu 17.12.2020.

Annovi Reverberi AR30 -kalvopumppu. Verkkoaineisto. SGN Tekniikka Oy. <https://www.sgntekniikka.fi/wp-content/uploads/2015/02/AR_keskipaineiset_pumput.pdf>. Luettu 13.2.2021.

Annovi Reverberi instructions and installation manual. Verkkoaineisto. Annovi Reverberi. <https://static.annovireverberi.it/uploads/documents/30_91415_AR30_AR40.pdf?5e37b2b01613216046798>. Luettu 13.2.2021.

Aurinkosähkö perusteet. 2009. Verkkoaineisto. Aurinkosähkö.fi. <<http://www.huolto-data.com/aurinko/perusteet.html>>. Luettu 3.11.2020.

Austenitic Stainless Steel SS316L. Verkkoaineisto. Hebei Metals Industrial Limited <<http://www.metalspiping.com/ss316-ss316l.html>>. Luettu 28.10.2020.

Aqua järvivedensuodatin. Verkkoaineisto. Ahlsell Oy. <<https://www.ahlsell.fi/34/lv/suodattimet--uima-allasvarusteet/talousveden-suodattimet/patruunasuodattimet-ja-tarvikkeet-noramaa/3614808/#>>. Luettu 14.2.2021.

Aqua XL -aktiivihiihisiuodatin. Verkkoaineisto. Aqua Finland Oy. <<https://www.aqva.fi/AQVA-XL-suodatinpaketti-aktii/ekauppa/pAQ1XL-CF/>>. Luettu 14.2.2021.

Aqva XL -esisuodatinpaketti. Verkkoaineisto. Aqva Finland Oy. <<https://www.aqva.fi/Kolmen-AQVA-XL-Suodatinkotelon/ekauppa/pHHBB20B/>>. Luettu 17.12.2020.

Aqva XL -esisuodattimen tekniset tiedot. Verkkoaineisto. Aqva Finland Oy. <<https://www.aqva.fi/ckeditor/plugins/fileman/Uploads/Ohjeet/kaytto/Linjasuodatinpaketti.pdf>>. Luettu 17.12.2020.

DOW FILMTEC BW30-4040 -membraani. Verkkoaineisto. Pure Aqua Inc. <<https://pureaqua.com/dow-filmtec-bw30-4040-membrane/>>. Luettu 10.2.2021.

DOW FILMTEC -käänteisosmoosikalvot. Verkkoaineisto. Pure Aqua Inc. <<https://pureaqua.com/dow-filmtec-bw30-4040-membrane/>>. Luettu 10.2.2021.

Edevbaro, Nicole. 2019. Merikonttiin mitoitettu vedenpuhdistusjärjestelmä. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Esisuodatin SolarRO MINI 150 -käänteisosmoosilaitteelle. Verkkoaineisto. Solar Water Solutions Oy. <<https://solarwatersolutions.fi/fi/shop/esisuodatin-10-5mic/>>. Luettu 28.10.2020.

Huttula, Juho. 2018. Puhdistuslaitteet toimivat aurinkoenergialla: Juomavettä merivedestä. Verkkoaineisto. Rakennusmaailma. <<https://rakennusmaailma.fi/puhdistuslaitteet-toimivat-aurinkoenergialla/>>. 21.3.2018. Luettu 13.10.2020.

Konsentraatti käänteisosmoosissa. Verkkoaineisto. Strongflow Oy. <<https://strongflow.fi/kaanteisosmoosi>>. Luettu 2.11.2020.

Kulmapala 3-haarainen. Verkkoaineisto. Isojoen Konehalli Oy. <<https://www.ikh.fi/fi/kulmapala-3-haarainen-35x35x2mm-tek002>>. Luettu 22.12.2020.

Kulmapala 4-haarainen. Verkkoaineisto. Isojoen Konehalli Oy. <<https://www.ikh.fi/fi/kulmapala-4-haarainen-35x35x2mm-tek003>>. Luettu 22.12.2020.

Käänteisosmoosikalvon toiminta. Verkkoaineisto. LANXESS Deutschland GmbH. <<https://water.ma/media/documentation-en/Principles%20of%20Reverse%20Osmosis%20Membrane%20Separation.pdf>>. Luettu 23.3.2021.

Käänteisosmoosikalvot SolarRO MINI 150 -vedenpuhdistusjärjestelmään. Verkkoaineisto. Solar Water Solutions Oy. <<https://solarwatersolutions.fi/fi/kysymykset/>>. Luettu 28.10.2020.

Lataussäädin Peak Power MPPT 20 A. Verkkoaineisto. Sunwind Oy. <<https://www.sunwind.fi/product/show/?id=1769&Latauss%C3%A4%C3%A4din-PeakPower-MPPT-20>>. Luettu 4.11.2020.

Meriveden osmoottinen paine. Verkkoaineisto. Mr.LVI. <<https://vesikauppa.com/index.php/merivedestae-juomavettae>>. Luettu 16.3.2021.

Neliöteräsputki 40 x 40 x 1,5 x 2 000 mm. Verkkoaineisto. Isojoen Konehalli Oy. <https://www.ikh.fi/PDFs/product41420_3149.pdf>. Luettu 22.12.2020.

Nurkkapala 3-suuntainen. Verkkoaineisto. Isojoen Konehalli Oy. <<https://www.ikh.fi/fi/nurkkapala-3-suuntainen-35x35x2-tek004>>. Luettu 22.12.2020.

Nurkkapala 4-suuntainen. Verkkoaineisto. Ahlsell Oy. <<https://www.ahlsell.fi/34/kiinnitystarvikkeet-ja-kannakointi/kannakointi-ja-tiivistystarvikkeet/telinejarjestelmat/a-collection/7008708/>>. Luettu 22.12.2020.

Powerxon AGM Deep Cycle akku 12 V 185 Ah DS-185. Verkkoaineisto. Lapin Akkumaailma Oy. <<https://www.lapinakkumaailma.fi/product/1765/powerxon-agm-deep-cycle-akku-12v-185ah-ds-185>>. Luettu 17.12.2020.

Puskala, Hemmo. 2018. Voimalaitoksen käänteisosmoosi-järjestelmän käyttöönoton valmistelu. Insinööriyö. Jyväskylän Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Seaflow-vesipumppu. Verkkoaineisto. Sunwind Oy. <<https://www.sunwind.fi/product/show/?id=1838&Vesipumppu-Seaflo-20-litraa>>. Luettu 17.12.2020.

SolarRO MINI 150 -vedenpuhdistusjärjestelmä. Verkkoaineisto. Solar Water Solutions Oy. <<https://solarwatersolutions.fi/fi/shop/solarro-150/>>. Luettu 16.10.2020.

Sunwind 290 Ah AGM-akku. Verkkoaineisto. Sunwind Oy. <<https://www.sunwind.fi/product/show/?id=1303&AGM-akku-Sunwind-290-Ah>>. Luettu 11.11.2020.

Ultra Low Pressure 2521 -membrane. Verkkoaineisto. Hunan Keensen Technology Co Ltd. <<http://www.keensen.com/Products/ULP2521.html>>. Luettu 28.10.2020.

UV-desinfiointilaitte SolarRO MINI 150 -käänteisosmoosilaitteeseen. Verkkoaineisto. Purion GmbH. <<https://www.purion.eu/areas/water/themes/drinking-water/purion-400/>>. Luettu 2.11.2020.

Valmista puhdas juoma- ja käyttövesi omasta rannasta. Verkkoaineisto. Solar Water Solutions Oy. <<https://solarwatersolutions.fi/wp-content/uploads/2019/02/SolarRO-MINI-150-Suomi.pdf>>. Luettu 16.10.2020.

Victron Energy Easysolar 48/5000/70 all-in-one-invertteri. Verkkoaineisto. SolarShop Oy. <http://www.solarpower.fi/index.php?route=product/product&product_id=224>. Luettu 17.12.2020.

Victron Energy EasySolar 48/5000/70-100 invertterisäätimen tekniset tiedot

EasySolar	EasySolar 24/3000/70-50 MPPT150/70	EasySolar 48/5000/70-100 MPPT150/100
INVERTTERI/LATURI		
Siirtokytkin	50A	100A
INVERTTERI		
Tulojännitealue	19 – 33V	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	5000VA / 4000W
Jatkuva lähtöteho @ 40°C	2200W	3700W
Jatkuva lähtöteho @ 65°C	1700W	3000W
Huipputeho	6000W	10000W
Maksimi hyötysuhde	94%	95%
Nollakuormateho	20W	35W
Nollakuormateho hakutilassa	10W	15W
LATURI		
AC Input	Tulojännitealue: 187-265 VAC Tulotaajuus: 45 – 65 Hz Tehokerroin: 1	
Latausjännite 'absorptio'	28,8V	57,6V
Latausjännite 'kellutus'	27,6V	55,2V
Varastointitila	26,4V	52,8V
Latausvirta	70A	70A
Akun lämpötila-anturi	kyllä	
Ohjelmoitava rele (5)	kyllä	
Suojaustoiminnot (2)	a - g	
AURINKOPANEELIN LATAUSSÄÄDIN		
Malli	MPPT 150/70-MC4	MPPT 150/100-MC4
Maksimi lähtövirta (4)	70A	100A
Maksimi aurinkopaneeliteho	2000W	5800W
Maksimi aurinkopaneelin avoin jännite	150V	
Maksimi hyötysuhde	98%	
Itsekulutus	10mA	
Latausjännite 'absorptio', oletusasetus	28,8V	57,6V
Latausjännite 'kellutus', oletusasetus	27,6V	55,2V
Latausalgoritmi	monivaiheinen adaptiivinen	
Lämpötilakompensointi	-16 mV / °C	-64 mV / °C
Suojaus	a - g	
YLEISET OMINAISUUDET		
Käyttölämpötila-alue	-40 ... +65°C (tuulettimella tehostettu jäähdytys)	
Ilmankosteus (ei kondensoiva):	maks. 95%	
KOTELO		
Materiaali & Väri	alumiini (sininen RAL 5012)	
Suojausluokka	IP 21	
Akkuliitäntä	4 kpl M8-pultteja (2 pos. ja 2 neg. napaan)	
Aurinkopaneelin liitäntä	2 kpl MC4 PV-liittimiä.	3 kpl MC4 PV-liittimiä
230 V AC-liitäntä	Ruuvi liittimet 13 mm ² (6 AWG)	
Paino	28kg	48kg
Mitat (kxlxs)	810 x 258 x 218	877 x 328 x 241
STANDARDIT		
Turvallisuus	EN 60335-1, EN 60335-2-29, EN 62109-1	
Emissiot / Immuneiteetti	EN 55014-1, EN 55014-2, EN 61000-3-3, EN 61000-6-3, EN 61000-6-2, EN 61000-6-1	

Kuva 1. Victron Energy EasySolar 48/5000/70-100 invertterisäätimen tekniset tiedot [SolarShop Oy].

SolarRO MINI 150 tekniset tiedot**TEKNISET TIEDOT**

Testattu juomaveden tuotto (17 °C)	150 L/t — 60 L/t
Raakavesi	Järvi/ Joki Itämeri
TDS mg/L	<500 mg/L — <6.000 mg/L
Suolanpoisto	99 %
Moottori	0,37kW/230 VAC tai 300W/24 VDC
Pumppu	Siipipumppu
Käyttöpaine	9–12 bar
Suodatinkalvon kotelo	2 x 2521, 316L
Suodatinkalvo	2 x 2521
RO putkitus	SS 316L (haponkestävä teräs)
Esisuodattimet	3 x 10" (5µm, 50µm ,100µm suodatin)
Esisuodattimien kotelot	3 x 10" PVC
Juomaveden jälkikäsittely	1 x 5" 5um 800mg aktiivihiili, ultravioletti
Ultravioletti käyttöikä (tuntia)	9000
Juomaveden laatu	pH 6.5–8.5, 100% desinfiointi
Aurinkopaneeli suositus	4 x 250 Wp tai 6 x 140 Wp /17V
Laitteen mitat	L =77 cm, B = 45 cm, H = 44 cm
Paino	28 Kg
Takuu	2 vuotta (takuuajkaan eivät sisälly vaihdettavat suodattimet)

Kuva 1. SolarRO MINI 150 käänteisosmoosilaitteen tekniset tiedot [Solar Water Solutions Oy].

UV-desinfiointilaitteen tekniset tiedot**Tekniset tiedot**

valmistaja	PURION GmbH
tyyppi	PURION® 400
virtausnopeus	300 l / h juomavettä
UVC-läpäisy	90% T1 cm
veden lämpötila	2 ° C - 40 ° C
reaktori	ruostumaton teräs 1.4571
laipat	R 1/2 "ulkokierre
tiiviste	FPM
mitat (P x Ø)	237 x 42
etäisyyslaipat	172 mm
paino	1,9 kg
lamppujen käyttöikä	10.000 tuntia
lamppujen lukumäärä	1
annos	400 J / m ²
lämpötila max.	40 ° C
enint. työpaine	10 bar
suojajärjestelmä	IP 65
sähköliitäntä (valinnainen)	230 V / 50 Hz tai 110-240 V 50/60 Hz 12 V DC tai 24 V DC
kokonaisvoima	11 W
ylivirtasuojaja	10 A

Kuva 1. UV-desinfiointilaitteen tekniset tiedot [Purion GmbH].