

Ville Kekkonen

SUORASÄHKÖ- JA
HYBRIDIJÄRJESTELMÄN
VERTAILU LOMA-ASUNNOSSA

Opinnäytetyö
Sähkötekniikan koulutusohjelma


Huhtikuu 2012




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU <small>Mikkeli University of Applied Sciences</small>	Opinnäytetyön päivämäärä 15.4.2012		
Tekijä(t) Ville Kekkonen	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Sähkötekniikan koulutusohjelma		
Nimeke Suorasähkö- ja hybridijärjestelmän vertailu loma-asunnossa.			
Tiivistelmä Opinnäytetyössä tutustuttiin kahteen hyvin erilaiseen loma-asunnon sähköistysratkaisuun. Kohteena oli Puumalan aluevesillä Vekarasalon saarella sijaitseva kesäpaikka, joka on yksityishenkilön omistuksessa. Työn tilaaja halusi selvityksen siitä, minkälaisia sähköjärjestelmiä loma-asunnolle on mahdollista hankkia ja kuinka suuriksi hankintakustannukset nousevat. Lähempään tarkasteluun valittiin kaksi hyvin erilaista sähköjärjestelmää. Ensimmäinen oli suorasähköjärjestelmä eli sähköliittymän ostaminen paikalliselta sähköyhtiöltä. Toinen järjestelmä oli niin sanottu hybridijärjestelmä, jossa aurinko- ja tuulienergiaa hyödynnetään rinnakkain ja varavoimana toimii aggregaatti. Molemmista järjestelmistä tehtiin kattavat sähkösuunnitelmat ja niiden pohjalta kustannusarviolaskelmat. Järjestelmien välittömien hankintakustannuksien lisäksi arvioitiin tulevia kustannuksia, kuten sähkön kulutus, sekä laitteistojen huolto- ja ylläpitokustannukset. Lopuksi vertailtiin kahden eri järjestelmän hankintakustannuksia ja pohdittiin järjestelmien soveltuvuutta kyseiselle kesäpaikalle. Laskelmien perusteella hybridijärjestelmä oli selvästi halvempi niin hankinta- kuin ylläpitokustannuksiltaan. Suorasähköjärjestelmällä taas pystytään toteuttamaan laajempi sähköistysratkaisu ja se on toiminnaltaan todennäköisesti varmempi kuin hybridijärjestelmä.			
Asiasanat (avainsanat) Hybridijärjestelmä, Suorasähköjärjestelmä, aurinkoenergia, tuulivoima.			
Sivumäärä 33 + liitteet 8 s.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Kieli Suomi</td> <td style="width: 50%;">URN</td> </tr> </table>	Kieli Suomi	URN
Kieli Suomi	URN		
Huomautus (huomautukset liitteistä)			
Ohjaavan opettajan nimi Arto Kohvakka	Opinnäytetyön toimeksiantaja		

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis 31.3.2012
Author(s) Ville Kekkonen	Degree programme and option Electrical Engineering	
Name of the bachelor's thesis Comparison of direct electricity system and hybrid system in a summer residence.		
Abstract <p>The purpose of this thesis was to explore different ways to electrify a summer residence. The target residence was situated on an island near Puumala and is owned by a private person. The client wanted to examine two different electrical systems more closely. Especially the building costs of the two different systems were important to report.</p> <p>The two systems that were chosen are direct electricity and a hybrid system. Direct electricity system consists of an interface that is bought from the local electric company and is a lot like the systems in normal city houses. Hybrid system is far more rare and it utilises solar energy and wind power concurrently.</p> <p>Comprehensive electric blueprints were made for both systems and the building costs were calculated. In addition to the immediate costs possible future expenses like maintenance were also taken into consideration.</p> <p>The two different systems were compared widely and the suitability of the systems for the client were considered carefully. Based on the calculations the hybrid system was much cheaper to build and the future costs were also much lower than in the direct electricity system. Direct electricity system was more expensive to build and to maintain but it also allowed to plan more comprehensive electric system and it should also be more reliable.</p>		
Subject headings, (keywords) Direct electricity system, hybrid system, solar power, wind power.		
Pages 33 + 8 attachments.	Language Finnish	URN
Remarks, notes on appendices		
Tutor Arto Kohvakka	Bachelor's thesis assigned by	

SISÄLTÖ

TAULUKKO- JA KUVALUETTELO

1	JOHDANTO	3
2	LOMA-ASUMINEN SUOMESSA	4
	2.1 Kohde.....	5
	2.2 Suunnittelun lähtökohdat.....	6
3	SÄHKÖJÄRJESTELMÄ - SUORASÄHKÖ	8
	3.1 Sähkötmarkkinat Suomessa	9
	3.2 Sähkön hinnan muodostuminen.....	10
	3.3 Suorasähköjärjestelmän hankinta- ja ylläpitokustannukset	10
4	SÄHKÖJÄRJESTELMÄ - HYBRIDI.....	12
	4.1 Tuulienergia.....	13
	4.1.1 Tuulivoiman historia, nykytilanne ja tulevaisuus	14
	4.1.2 Tuulivoiman soveltuminen Suomeen	15
	4.1.3 Miksi tuulivoimaa?	16
	4.2 Aurinkoenergia	16
	4.2.1 Aurinkoenergian historia	17
	4.2.2 Valosähköinenilmiö ja aurinkopaneelijärjestelmät.....	18
	4.2.3 Aurinkokennot	19
	4.2.4 Aurinkokeräin	20
	4.2.5 Aurinkoenergia Suomessa	21
	4.2.6 Miksi aurinkoenergiaa?.....	22
	4.3 Kohteeseen valitut järjestelmät.....	22
	4.3.1 Pientuulivoimala	22
	4.3.2 Aurinkopaneeli.....	24
	4.3.3 Hybridijärjestelmän lataussäädin	25
	4.3.4 Invertteri-laturi	27
	4.3.5 Akut.....	28
	4.3.6 Hybridijärjestelmän toiminta	29
	4.4 Hybridijärjestelmän hankinta- ja ylläpitokustannukset	30
5	POHDINTA	33
	LIITTEET	

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Pientuulivoimalan tiedot

Taulukko 2. Aurinkopaneeli

Taulukko 3. Lataussäädin

Taulukko 4. Invertteri-laturi

Taulukko 5. Akut

Kuva 1. Hybridijärjestelmän toiminta.

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia loma-asunnon sähköistysvaihtoehtoja. Kohteena on yksityisomistuksessa oleva kesäpaikka Puumalan aluevesillä sijaitsevassa Vekarasalossa. Kyseinen tontti on hankittu jo vuonna 1997 ja sitä on siitä alkaen kehitetty omistajaperheelle sopivaksi kesänviettopaikaksi. Tällä hetkellä valmiita rakennuksia on kaksi ja uusi päärakennus on rakenteilla. Sähköistysvaihtoehtojen selvittäminen on ajankohtaista kesämökin lisääntyneen käytön takia.

Ensimmäisenä työssä tutustutaan kohteena olevaan kesäpaikkaan ja selvitetään omistajien tarpeet sähköjärjestelmän kannalta. Seuraavaksi selvitetään minkälaisia sähköistysvaihtoehtoja kohteeseen on mahdollista rakentaa. Lähemmässä tarkastelussa on kaksi hyvin erilaista sähköistysvaihtoehtoa. Ensimmäinen on suorasähköjärjestelmä eli paikalliselta sähköyhtiöltä ostettu sähköliittymä. Toinen järjestelmä on uusiutuvia energialähteitä hyödyntävä hybridijärjestelmä, jossa käytetään aurinko- ja tuulivoimaa rinnakkain, sekä varavoimana pientä aggregaattia.

Molemmista järjestelmistä on tehty kattavat sähkösuunnitelmat ja niiden pohjalta kustannusarviolaskelmat. Näiden kahden hyvin erityyppisen järjestelmän välittömien hankintakustannuksien lisäksi on arvioitu tulevia kustannuksia, kuten sähkönkulutus, sekä laitteistojen huolto- ja ylläpitokustannukset. Kustannuslaskelmissa ei huomioida järjestelmien rakentamisesta syntyviä työkustannuksia. Lopuksi vertaillaan molempia järjestelmiä monipuolisesti sekä niiden soveltuvuutta kyseiseen kohteeseen.

2 LOMA-ASUMINEN SUOMESSA

Vapaa-ajan asumiseen liittyviä tekijöitä mittaavasta vuoden 2009 mökkibarometrasta löytyy kattavasti tietoa loma-asumisesta Suomessa. Barometri perustuu 5000 vapaa-ajan asunnon omistajalle vuonna 2008 tehtyyn postikyselyyn sekä tilasto- ja tutkimustietoihin. Barometrillä selvitettiin vapaa-ajan asunnolla tapahtuvan asumisen, rahan käytön, etätyön, työssäkäynnin, palvelujen käytön, mökin varustetason sekä ympäristöön liittyvien ja muiden asioiden kehitystä /1/.

Tilastojen mukaan Suomessa on tällä hetkellä noin 500 000 vapaa-ajan asuntoa ja mökkien määrä kasvaa joka vuosi noin 4000:lla. Ulkomaalaisten osuus mökkikannasta ja mökkikaupoista on vähäinen. Esimerkiksi vuonna 2008 venäläiset tekivät Suomessa 780 kiinteistökauppaa, joista suurin osa Itä-Suomessa. Tämä oli sen vuoden kiinteistökaupoista vain 1 prosentti. Mökkien omistajatalouksiin kuuluu noin 800 000 henkilöä ja mökkien käyttäjiä on enimmillään jopa 3,1 miljoonaa. Mökkeily koskettaa erittäin suurta määrää suomalaisista, vaikka mökin omistavia talouksia onkin kaikista talouksista vain 22 prosenttia. Suurin osa mökeistä sijaitsee järvien ja jokien rannoilla ja saarissa. Vain 17 % kaikista mökeistä sijaitsee meren rannalla tai saaristossa. Kokonaan ilman rantaa olevia mökkejä on noin 15 % ja näistä suurin osa on vapaa-ajan käyttöön muutettuja niin sanottuja mummon mökkejä /1/.

Mökkejä käytetään vuodessa keskimäärin noin 75 vuorokautta ja vuosittaisiin käyttömääriin vaikuttaa myös lomasäät. 31 % Mökin omistajista arvioi mökin käytön lisääntyvän seuraavan kolmen vuoden aikana. Jopa 28 000 mökin omistajaa sanoo ainakin harkitsevansa muuttoa mökkipaikkakunnalle seuraavien kolmen vuoden sisällä. Tutkimuksesta selviää, että mökkien varustetaso on selvästi nousussa ja kolmannes vastaajista sanookin parantaneensa mökkinsä varustetasoa viimeisten 12 kuukauden aikana. Verkkosähkö eli suorasähkö on noin 76 prosentissa mökeistä, talviasuttavia näistä on noin 32 prosenttia ja pelkästään kesäasuttavia 18 prosenttia. Puolet kaikista loma-asunnoista soveltuu kuitenkin kevät-, kesä - ja syyskäyttöön /1/.

38 000 mökkitaloudessa on tehty ansiotyötä mökillä ja noin 80 000 on käynyt mökiltä töissä. Osa-aikaista etätyötä mökiltä käsin olisi halukas tekemään noin 45 000 mökin omistajaa. Lähes 60 000 mökkiläistä olisi valmis antamaan oman loma-asuntonsa

vuokralle pieniksi ajoiksi kesäisin. Ulkokuntalaiset mökkiläiset ovat valmiita ostamaan palveluita mökkinsä lähialueelta. Lähinnä ihmiset ovat kiinnostuneita rakentamis- ja korjauspalveluista, mutta erittäin suuri määrä on kiinnostunut myös vartiointi-, siivous- ja lämmityspalveluista /1/.

Vapaa-ajan asumiseen käytetään Suomessa noin 4,5 miljardia euroa vuodessa. Käytetyt rahat jakautuvat päivittäistavaroihin, kiinteistökauppoihin, rakentamiseen ja korjaukseen, matkakuluihin, palveluostoihin, kiinteistöveroon ja käyttömaksuihin. Näistä neljä ensimmäisessä liikkuvat selvästi suurimmat rahat, jokaisessa noin miljardi euroa vuosittain /1/.

2.1 Kohde

Projektin kohteena oli Puumalan aluevesillä Vekarasalon saarella sijaitseva kesämökki. Vekarasalo on suurikokoinen noin 5 kilometriä pitkä saari, jossa on kymmeniä kesämökkejä. Vekarasalon saari rajoittuu Tammoveteen, Kuitinselkään ja Sikoinleuanalmeen. Mikkelistä Vekarasaloon matkaa kertyy noin 55 km, josta noin neljä kilometriä on kuljettava veneellä.

Mökkitontti sijaitsee Liikalampi nimisellä lahdella. Lahti on pyöreähkön muotoinen ja halkaisijaltaan noin 300 metriä. Lahteen tullaan kapeasta kohdasta, jossa on kaksi saarta suojaamassa kovemmilta tuuilta. Lahden suulla on yksi kesämökki ja lahden perällä kaksi. Kyseisen tontin koko on noin 5200 neliötä ja maasto on lähinnä mäntykangasta. Tontti on kevyesti nousevassa rinteessä ja rajoittuu yläpäässä pieniin kallioihin, toisessa laidassa tiheään kuusimetsään ja toisella laidalla harvempaan männikköön. Tontilta järvelle päin katsottaessa laituri sijaitsee tontin vasemmassa nurkassa pienen rantakallion nokassa ja tontin oikeassa laidassa on pieni niemi. Niemi on noin 12 metrin päässä rannasta ja niemen ja rannan väliin on rakennettu viisi metriä leveä ja niemeen asti ulottuva lentopallokenttä.

Kyseinen tontti on hankittu vuonna 1997 ja ensimmäisen rakennuksen eli wc:n rakentaminen aloitettiin heti alkuvuonna. Seuraavaksi tontille nousi saunamökki, joka valmistui vuoden 1998 aikana. Saunamökissä on huonealaa noin 21 neliötä josta noin kahdeksan neliötä on parvea. Saunamökissä on takka lämmitystä varten ja pieni keit-

tiö. Sauna on noin kuuden neliön kokoinen. Mökissä on todella suuri, noin 32 neliön kokoinen kuisti, josta osa on avokuistia. Kolmantena rakennuksena tontille nousi vuonna 2004 varasto- ja aittarakennus. Rakennus sijaitsee saunamökin takana rinteesssä ja on kooltaan noin 12 neliötä. Aitta on noin viisi neliötä ja varastopuoli noin seitsemän neliötä.

Vuoden 2011 kesällä alkoi päärakennuksen suunnittelu tontille. Loppukesästä löytyikin Jämsästä sopiva 1900-luvun alkupuolelta oleva hirsikehikko, joka päätettiin hankkia. Syksyn aikana kuvat uudesta päärakennuksesta saatiin valmiiksi ja rakennusluvut haettua viranomaisilta. Perustukset valmistuivat syksyn aikana ja kehikko saatiin pystytettyä ennen talven tuloa. Päärakennus on saassa odottamassa kevättä ja rakentamisen jatkamista. Päärakennuksesta tulee noin 80 neliöinen. Siinä on kaksi isoa makuuhuonetta, suuri tupa ja iso etukuisti. Rakennukseen tulee isohko takka ja tuvan kulmaukseen keittiö. Keittiöön asennetaan puuhella, sähköliesi, tiskialtaat ja muut keittiön perustarpeet. Uuden päärakennuksen odotetaan valmistuvan vuoden 2013 alkupuolella.

Uuden päärakennuksen hankkimisen ja muutenkin mökin lisääntyneen käytön seurauksena alettiin pohdiskella sähköjen tarvetta kyseisellä mökillä. Tällä hetkellä saunamökissä on 12 voltin akkujärjestelmällä toteutettu valaistus. Mökin sisäpuolella on yhteensä kolme kattovaloa ja ulkokuistilla lisäksi kaksi ulkovaloa. Järjestelmässä on 80 ampeeritunnin akku, joka ladataan tarvittaessa aggregaatilla paikan päällä. Tulevaisuuden tarpeita ajatellen on tullut ajankohtaiseksi hankkia kattavampi sähköistysratkaisu.

2.2 Suunnittelun lähtökohdat

Ennen sähkösuunnittelun aloittamista oli kartoitettava kyseisen kesämökin tarpeet sähköjärjestelmiä ajatellen. Tällä hetkellä mökin käyttö on rajoittunut pääosin kesäkaudelle toukokuun alusta elokuun loppuun. Uuden sähköjärjestelmän myötä vuosittaista käyttöaika haluttaisiin kuitenkin jatkaa mahdollisimman pitkäksi. Syksyllä ja talvikaudella mökin käyttöä hankaloittaa huomattavasti kylmät kelit ja pimeys. Sähkösuunnitelmia tehdessä tulikin erityisesti huomioida lämmitysmahdollisuudet ja valaistus niin sisällä, kuin ulkona. Samalla haluttiin myös tuoda muutamia muita perusmu-

kavuuksia mökille, kuten kiinteä televisio, pistorasiat, keittiöön sähköjääkaappi ynnä muut sellaiset.

Lämmitysratkaisusta tuli saada apua alkukevään ja syksyn koleisiin keleihin. Täysin kattavaa lämmitysjärjestelmää ei ollut tarkoituskaan rakentaa, vaan jotakin takan avuksi tuomaan lämpöä rakennuksiin. Lämmityksessä tuli keskittyä saunamökkiin ja tulevaan päärakennukseen. Kiinteitä lämmitysratkaisuja, kuten sähköpatterit, haluttiin välttää ulkonäön vuoksi ja koska ne vievät tilaa. Joko kaasulla tai sähköllä toimivat irralliset lämmittimet todettiin parhaaksi vaihtoehdoksi niiden liikuteltavuuden vuoksi. Ne voidaan nostaa kesäksi piiloon ja kaivaa esiin, kun niitä taas tarvitaan syksymmällä. Myös mahdollinen talvikäyttö tulevaisuudessa oli huomioitava lämmitysratkaisujen suunnittelussa.

Valaistusjärjestelmää suunniteltaessa tuli ottaa huomioon sisä- ja ulkovalaistus. Kaikkiin rakennuksiin tuli saada perusvalaistus sisätiloihin. Vaatimuksena ei ollut mitään erikoisempaa sisävalaistukseen liittyen, kunhan valoa riittäisi pimeämmilläkkin keleillä. Käytännössä rakennusten sisävalaistus tuli toteuttaa kattovalopisteillä, joihin voi myöhemmin valita mieleisensä valaisimet. Erityisen hyvin tuli valaista kummankin mökin keittiöt ja lisäksi myös saunamökin parvelle ja itse saunaan oli saatava valaistus. Myös aittaan ja liiteriin oli saatava sisävalaistus.

Ulkovalaistus oli myös tärkeässä roolissa. Keskikesän valoisat yöt eivät niinkään olleet ongelma, mutta syksyllä tarvittaisiin myös runsaasti ulkovalaistusta. Sekä saunamökin, että uuden päärakennuksen suuret kuistit piti valaista hyvin. Aittarakennuksen lähetyville tarvittiin myös ulkovalaistusta. Rakennusten väliset kulkureitit oli tärkeätä saada hyvin valaistuksi ja käytännöllisiksi. Toivomuksena oli myös muutama liiketunnistimella ohjattu pihavaloinen. Erityisesti ylärinteessä sijaitsevalle wc:lle menevä reitti haluttiin valaista hyvin ja sen lisäksi toinen tärkeä valaistava ulkoreitti oli saunamökiltä rantaan ja laiturille menevä kävelysilta, sekä itse laituri.

Tulevaisuuden tarpeet oli myös yksi huomioitavista asioista. Ainakin pääkeskukseen haluttiin jättää tarpeeksi laajennusmahdollisuuksia tulevaisuuden ratkaisuja ajatellen. Järjestelmien laajennuksia saattaa tulevaisuudessa tulla rakennusten sisälle, mutta mahdollisesti myös ulos. Esimerkkinä mainittakoon rantaan mahdollisesti nouseva

kesäkeittiö. Sinne tulisi todennäköisesti tulevaisuudessa saada valaistusta ja pistorasiat. Toinen mahdollinen laajennus voisi olla niemen suunnassa. Lentopallokentän luona rannassa oleva pieni pöytäryhmä, jonka luo voisi hyvinkin viedä pistorasiaryhmän ja valaistusta. Muitakin laajennuksia voi aina tulla, joten niitä varten täytyi suunnitelmissa varautua.

Valaistuksen, lämmityksen ja laajennusmahdollisuuksien lisäksi toiveena oli vielä ainakin normaalin sähköliittymän kohdalla mahdollisuus tiettyjen toimintojen kauko-ohjaukseen. Esimerkiksi lämmityksen tai ainakin osan siitä toivottiin olevan ohjattavissa matkapuhelimella.

3 SÄHKÖJÄRJESTELMÄ - SUORASÄHKÖ

Ensimmäinen sähköjärjestelmä, joka suunniteltiin, perustui suoraan sähköön eli normaalin sähköliittymän ostamiseen paikalliselta yhtiöltä eli Suur-Savon Sähköön kuuluvalta Järvi-Suomen Energialta. Vekarasaloon on vedetty sähkölinja jo noin 10 vuotta sitten ja kyseisellä mökkitontilla sähkölinja kulkeekin aivan tontin takana, noin 5 metrin päässä tontin takarajalta. Ennen suunnittelun aloittamista piti saada tarjous sähköliittymästä paikalliselta yhtiöltä ja samalla varmistuttiin siitä, että liittymä on mahdollista hankkia kyseiselle tontille. Kun tarjous sähköliittymästä oli saatu voitiin aloittaa suorasähköjärjestelmän suunnittelu.

Suunnittelu aloitettiin kartoittamalla tilaajan toiveita suorasähköjärjestelmältä hieman lisää. Suorasähkön hyvänä puolena oli lähes rajattomat mahdollisuudet järjestelmän suunnittelun kannalta. Juuri tästä syystä kohteeseen haluttiinkin rakentaa sähköjärjestelmä, joka muistuttaisi lähinnä kaupunkialueelta löytyvän omakotitalon järjestelmää. Tämä tarkoitti siis tarpeeksi kattavan sisä- ja ulkovalaistuksen rakentamista, riittävästi pistorasiaryhmiä rakennuksiin, sekä muun muassa kiinteä jääkaappi ja liesi ruoan tekoa varten. Normaalisti omakotitalon sähköistyksestä poiketen kohteeseen ei kuitenkaan haluttu rakentaa kiinteää lämmitysjärjestelmää seinään kiinnitettävillä sähköpatereilla vaan lämmitys huomioitiin lähinnä pistorasiaryhmien määrällä, jolloin irrallisten lämmittimien käyttö on mahdollista. Käytännössä kohteena olevaan kesäpaikkaan haluttiin siis kattava perussähköistys ilman kiinteää lämmitystä.

Yhtenä lisänä suorasähköjärjestelmän normaaleihin kalusteisiin ja laitteisiin haluttiin selvittää mahdollisuus gsm-ohjaukseen. Tätä voitaisiin hyödyntää esimerkiksi erilaisen irrallisten lämmittimien kauko-ohjaukseen kotoa käsin ennen mökille lähtemistä, jolloin perille saavuttaessa tupa olisi jo huomattavasti ulkoilmaa lämpimämpi. Myös ilmalämpöpumpun hankintakustannukset ja mahdollisuudet päärakennukseen tuli selvittää. Isossa mökissä ilmalämpöpumppu toimisi päälämmittimenä.

3.1 Sähkömarkkinat Suomessa

Vuonna 1995 Suomessa tuli voimaan sähkömarkkinalaki (386/1995), joka avasi Suomen sähkömarkkinat kilpailulle. Alkuvaiheessa sähkönhankinnan kilpailuttaminen oli sallittua vain suurimmille sähkökäyttäjille, joiden käyttöpaikkakohtainen teho oli yli 500 kW. Vuoden 1997 alusta lähtien kaikki sähkökäyttäjät ovat periaatteessa saaneet valita sähköntoimittajansa vapaasti. Tosin pienimmät sähkökäyttäjät eli normaalit taloudet eivät vielä tuossa vaiheessa juurikaan voineet kilpailuttaa sähköään, siihen tarvittavan mittarilaitteiston korkean hinnan takia. Tähän tuli muutos vuoden 1998 loppupuolella, kun otettiin käyttöön niin sanottu tyypikuormitusjärjestelmä, jolloin kotitalouksien ei ole enää tarvinnut hankkia tunneittain rekisteröivää sähkömittaria /2/.

Sähkömarkkinauudistuksella pyrittiin vähentämään kilpailun esteitä ja poistettiin tarpeeton säätely siitä osasta markkinoita, jossa kilpailu on mahdollinen, eli sähkön tuotannosta, myynnistä ja ulkomaankaupasta. Samalla asetettiin selkeät pelisäännöt sähköverkoille, jotka ovat luonteeltaan monopoleja. Verkkotoiminnan valvontaa, sekä muita viranomaistehtäviä varten perustettiin Sähkömarkkinakeskus, jonka nimi muutettiin elokuussa 2000 Energiamarkkinavirastoksi /2/.

Suomessa on noin 120 sähköä tuottavaa yritystä ja noin 400 voimalaitosta. Vaikka sähköntuotannosta vastaa näin suuri määrä yhtiöitä, on se keskittynyt pääasiassa kahteen yritykseen, Fortumiin ja Pohjolan voimaan. Suomessa muita merkittäviä sähköntuottajia ovat myös sähkön jälleenmyyjät ja energiaintensiivinen suurteollisuus. Myös sähkön tuottajayhtiöt, kuten Fortum ja Vattenfall ovat kiinnostuneet sähkön vähittäismyynnistä ja ne ovatkin saaneet merkittävän osan siitä ostamalla pieniä sähköyhtiöitä. Nykyään sähkönmyynti ei ole Suomessa enää luvanvaraista ja vähittäismyyjiltä on poistettu alueellinen yksinmyyntioikeus /2/.

3.2 Sähkön hinnan muodostuminen

Suomessa sähkön hinta muodostuu nykyään kahdesta eri vyöhykkeestä, sähköenergiasta ja sähkön siirtopalvelusta. Kumpaankin näihin sisältyy myös veroja. Sähkön siirtopalvelu muodostuu sähkön siirrosta, mittarin luvusta ja niin sanotusta taseselvityksestä. Sähkön siirrolla tarkoitetaan yksinkertaisesti sähkön tuomista tuotantolaitoksesta sähköverkon kautta kuluttajalle. Mittarin luvulla tarkoitetaan kiinteistö kohtaisten mittarien lukemista, joilla seurataan niiden sähkönkulutusta. Uudiskohteisiin asennettavat mittarit alkavat kaikki olla kaukoluettavia ja myös vanhoja mittareita vaihdetaan jatkuvasti uusiin kaukoluettaviin. Taseselvityksellä tarkoitetaan eri sähkönmyyjien myymän sähköenergian määrän selvittämistä. Sähkön siirtopalvelun hinnasta käytetään nimitystä siirtohintaa /3/.

Sähköenergian hinnasta taas käytetään nimitystä myyntihinta. Pohjoismaissa sähkömarkkinat toimivat Nord Poolissa, jossa kauppaa käydään lähinnä seuraavan päivän sähköstä. Sähköenergian hinta muodostuu samalla tavalla, kuin minkä tahansa muun hyödykkeen hinta eli kysynnän ja tarjonnan perusteella. Sähköenergian hintaan vaikuttavat sähkön tuotantokustannukset, kuten polttoaineiden hinta. Pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla myös saatavilla olevan vesivoiman määrä vaikuttaa voimakkaasti sähköenergian hintaan /3/.

3.3 Suorasähköjärjestelmän hankinta- ja ylläpitokustannukset

Selvästi suurin yksittäinen kustannus suorasähköjärjestelmässä syntyy liittymän ostamisesta paikalliselta sähköyhtiöltä. Tässä tapauksessa Järvi-Suomen Energialta saadun liittymätarjouksen hinta oli 6 510 euroa ja se sisältää ainoastaan liittymän avaamisen ja sen kytkemisen verkkoon. Tarjouksessa oli erikseen hinnoiteltuna loma-asuntoon sopiva mittarikeskus liittymiskaapeleineen, sekä muutamia muita tuotteita, mutta näitä ei kohteeseen valittu niiden korkean hinnan takia.

Toinen suuri kustannus suorasähköjärjestelmässä oli rakennuksiin tulevat tarvikkeet ja kaapeloinnit. Kohteeseen tehdyt sähkösuunnitelmat löytyvät liitteistä 5-8. Kohteeseen tehtyjen sähkösuunnitelmien toteuttamiseen tarvittavien tarvikkeiden ja kaapeleiden kokonaiskustannukset nousivat laskelmien mukaan noin 4 260 euroon. Edellä mainit-

tuihin tarvikkeisiin lasketaan muun muassa pistorasiat, kytkimet, liittimet, valaisimet ja kaikki kaapeloinnit.

Muita suurempia kustannuksia aiheuttavia laitehankintoja oli lähinnä ilmalämpöpumppu. Sen asennus tapahtuisi uuden päärakennuksen keittiön tuntumaan, jolloin se toimisi uuden mökin tärkeimpänä lämmittimenä. Ilmalämpöpumpun hankintakustannuksia selvitettiin kyselemällä paikallisilta toimittajilta arvioita kyseiseen rakennukseen sopivista ilmalämpöpumpuista. Hinta-arvioksi muodostui lopulta noin 2000 euroa paikalleen asennettuna. Suunnitelmien ulkopuolelle päätettiin lopulta jättää aluksi suunniteltu gsm-ohjaus, jolla olisi voitu ohjata esimerkiksi lämmittämiä päälle kaupungista käsin. Gsm-ohjauksen toteutus tulevaisuudessa tehtiin kuitenkin helpoksi jättämällä tarpeeksi tyhjiä moduulipaikkoja uuden rakennuksen pääkeskukseen, jolloin tarvittavat laitteet voidaan lisätä sinne.

Suorasähköjärjestelmän välittömät hankintakustannukset olivat laskelmien mukaan yhteensä 10 775 euroa. Hintaan sisältyy sähköliittymä ja sen kytkentä, sekä kaikki tarvittavat sähkötarvikkeet ja -laitteet. Tähän hintaan ei kuitenkaan sisälly asennustöitä. Asennustyön hintaa ei arvioitu laskelmissa, koska kohteeseen tehtävät sähkötyöt tullaan tekemään pääosin itse.

Suorasähköjärjestelmän hankintakustannuksien lisäksi tulevaisuudessa kustannuksia muodostuu liittymän kuukausimaksuista, sekä kulutetusta sähköenergiasta. Suomessa on yleisessä käytössä niin sanotut verkkopalvelutariffit, jotka vaikuttavat sähkön hintaan. Järvi-Suomen energialla on tarjolla kolme erilaista vaihtoehtoa, yleissähkö, yö-sähkö ja vuodenaikasähkö. Yösähköä kannattaa yleisesti käyttää sellaisessa kohteessa, missä tarvitaan talvella runsaasti lämmitystä ja sähkön kulutus on korkea yöaikaan, kun taas vuodenaikasähkö voi soveltua sellaiseen kohteeseen, missä tarvitaan myös kesäaikaan paljon sähköä esimerkiksi viilentämiseen. Kohteena olleeseen kesäpaikkaan oli kuitenkin vaihtoehtona vain yleissähkö, mikä on vuodenaikasta ja vuorokauden ajasta riippumatta aina saman hintaista /4/.

Kohteeseen valitun sähköliittymän kuukausittaiset kulut muodostuvat siis siirtomaksu-tyypistä, joksi valittiin yleissähkö, sekä sulakekokoon perustuvasta kuukausimaksusta. Mittauskeskukseen valittiin pääsulakkeiksi 3x25A sulakkeet, jolloin sulakekokoon

perustuva kuukausimaksu oli 16,85 euroa. Tämän lisäksi Sähköenergiamaksu oli 3,32 euroa kuukaudessa, jolloin kuukausimaksut kohteeseen valittuun liittymään olivat yhteensä 20,17 euroa. Kiinteiden kuukausimaksujen lisäksi kustannuksia tulee luonnollisesti kulutetun sähköenergian mukaan. Järvi-Suomen energian sähkönsiirtomaksu oli yleissähköllä 4,06 snt/kWh ja energiamaksu 6,90 snt/kWh eli yhteensä 10,96 snt/kWh /4/.

Suorasähköliittymän tulevaisuuden kustannukset muodostuvat lähes kokonaan sähköliittymän kuukausimaksusta ja kulutetun sähköenergian määrästä. Mahdollisesti ajan myötä rikkoutuvia sähkökalusteita ei otettu huomioon, sillä tarvikkeet ovat molemmissa suunnitelmissa samat. Kohteessa tulevaisuudessa kulutettavan sähkömäärän arviointi oli erittäin vaikeaa, koska muun muassa lämmittimien käytön, valaistuksen ja muiden laitteiden käytön määrää oli vaikea arvioida.

Vertailukohtaa saatiin kuitenkin vuonna 2009 kootusta mökkibarometristä, jonka mukaan sähköistettyjen kesämökkien sähkölaskut olivat Suomessa keskimäärin 448 euroa vuodessa liittymämaksuineen. Koska kohteeseen suunniteltiin kattava perussähköistys, voidaan mökkibarometristä saatua noin 450 euron summaa pitää melko luotettavana arviointiperusteena. Toisaalta kohteeseen ei suunniteltu kiinteitä lämmitysratkaisuja, joka vähentää sähkön kulutusta jonkin verran. Kohteeseen suunnitellun suorasähköjärjestelmän tulevaisuuden kustannuksien arvioitiin lopulta olevan noin 450 euroa vuodessa. Tämä arvio sisältää kaikki sähköliittymään liittyvät kuukausimaksut, sähkönkulutuksesta aiheutuvat kustannukset, sekä muut mahdolliset yllättävät kustannukset /4/.

4 SÄHKÖJÄRJESTELMÄ - HYBRIDI

Hybridijärjestelmällä tarkoitetaan sähköjärjestelmää, missä sähköenergia tuotetaan useammalla kuin yhdellä eri tavalla. Yleisin hybridiratkaisu on järjestelmä, missä käytetään tuulivoimaa ja aurinkovoimaa rinnakkain. Käytännössä tämä siis tarkoittaa sitä, että tuulivoimala ja aurinkopaneelit lataavat tuottamallaan sähköenergialla samaa akustoa. Monesti hybridijärjestelmään kannattaa myös liittää varavoimalähde. Tähän parhaiten soveltuu bensiinikäyttöinen aggregaatti ja siihen liitetty laturi, jolla voidaan tarvittaessa ladata akustoa tai hyödyntää siitä suoraan saatavaa 230V jännitettä. Vara-

voimaa hyödynnetään sellaisina aikoina, kun muista energianlähteistä ei saada tarpeeksi tuottoa akuston lataamiseen tai energian tarve on tilapäisesti suurempi kuin mitä järjestelmästä saadaan.

Tuulienergian ja aurinkosähkön yhteiskäyttö on Suomen olosuhteissa perusteltua, koska auringon säteilyenergian määrä on kesäaikaan suuri, kun taas tuulen keskinopeudet ovat huomattavasti alhaisempia. Talvella ja syksyllä tilanne taas on päinvastainen, auringosta saatava säteilyenergia on paljon vähäisempää ja tuulienergiaa taas on runsaasti hyödynnettävissä. Suomessa hybridijärjestelmät soveltuvat varsin hyvin kesämökkien ja loma-asuntojen sähköistykseen, koska suoraa sähköä ei ole aina saatavilla tai sitä ei haluta käyttää. Vuoden 2009 mökkibarometrin mukaan noin 90 prosenttia Suomen loma-asunnoista sähköistetään ja niistä noin 10 prosenttiin asennetaan aurinkosähkijärjestelmä, pientuulivoimala tai niiden yhdistelmä eli hybridijärjestelmä.

4.1 Tuulienergia

Tuulivoiman elinehtona on luonnollisesti tuuli, mutta mitä tuulella tarkoitetaan ja miten se syntyy? Tuulella tarkoitetaan ilmakehässä liikkuvaa maanpinnan suuntaista ilmavirtausta. Kaikki maapallolla oleva tuulienergia on peräisin auringon lämpösäteilystä. Auringosta peräisin oleva säteilyenergia jakautuu maapallolle hyvin epätasaisesti, mihin vaikuttavat useat eri asiat. Ensinnäkin auringon säteily vaimenee kulkiessaan ilmakehän läpi, jolloin lähellä napa-alueita säteily kulkee pidemmän matkan päiväntasaajaan verrattuna. Myös maapallon muodot ja auringon ja maan keskinäinen sijainti vaikuttavat siihen, että päiväntasaajan läheiset alueet saavat huomattavasti enemmän auringon säteilyenergiaa. Säteilyn epätasainen jakautuminen maapallolle aiheuttaa lämpötila- ja paine-eroja päiväntasaajan ja napa-alueiden välille. Nämä erot pyrkivät tasoittumaan, jolloin lämpimät ilmamassat virtaavat päiväntasaajalta kohti huomattavasti kylmempiä napa-alueita. Tuulet syntyvät siis aina auringon lämpösäteilyn vaikutuksesta muodostuvien lämpötila- ja paine-erojen pyrkiessä tasoittumaan /5;s.5-23/

Kaikki tuulivoimalat perustuvat tuulen liike-energian hyödyntämiseen. Tuulivoimaloissa ilman liikkuvien molekyylien liike-energia muutetaan siipien avulla pyörimisenergiaksi. Tuuli pyörittää tuulivoimalan siipiin kiinnitettyä akselia, jonka päähän taas on kiinnitetty generaattori, jolla pyörimisenergia voidaan muuttaa sähköksi ja

syöttää eteenpäin verkkoon tai akustoon. Suurin osa nykyaikaisista tuulivoimaloista perustuu niin sanottuun lentokonetekniikkaan. Tällaiset tuulivoimalat ovat vaakakselisia, kolmilapaisia ja roottorit kääntyvät tuulen mukana, jolloin tuulienergia voidaan hyödyntää optimaalisesti. Nykyisten tuulivoimaloiden koko vaihtelee paljon. Suurimmat ovat noin 5 MW luokkaa, kun taas esimerkiksi loma-asunnoille tarkoitettut pienemmät yksiköt voivat olla vain parin sadan watin kokoluokkaa. /6/

4.1.1 Tuulivoiman historia, nykytilanne ja tulevaisuus

Tuulivoiman tiedetään olevan yksi energiantuotannon vanhimmista muodoista. Ensimmäisten tuulimyllyjen tiedetään olevan peräisin itäisiltä mailta. Persialaiset käyttivät rakentamiaan tuulimyllyjä veden nostamiseen pelloille jo 600 eKr. Välimeren maiden arvellaan hyödyntäneen tuulimyllytekniikkaa myös hyvin aikaisin, noin 1000-luvulta lähtien. Eurooppaan tuulimyllytekniikka levisi arabien välityksellä arviolta 1200-1300-luvulla. Ensimmäiset tuulimyllyt olivat vertikaaliakselisia, mutta Euroopassa kehiteltiin vaakakseloituja tuulimyllyjä jo 1200-luvulla. Tämän ajan tuulimyllyt olivat yleensä neljä siipisiä ja niitä käytettiin lähinnä viljan jauhatukseen, josta itse asiassa periytyy nimitys tuulimylly. /7/

Ensimmäinen kirjallinen maininta tuulimyllyistä Suomessa on vuodelta 1463 Turun alueelta. 1500-luvun loppu puolella tuulimyllyjä oli Suomessa jo noin 500 kappaletta. Ensimmäisenä tuulimyllyjä rakennettiin Turun saaristoon, vakka-Suomeen ja Varsinais-Suomeen. 1700-luvulla Helsingin seudulla tiedetään olleen jo useita tuulimyllyjä ja 1800-luvun lopulla tuulimyllyjä oli Suomen virallisen tilaston mukaan jo noin kymmentuhatta. Tähän aikaan suomalaiset tuulimyllyt olivat lähinnä jauhatukseen ja veden nostamiseen tarkoitettuja. Ensimmäisenä tuulimyllytekniikkaa sähkön tuottamiseen käytettiin tiettävästi Tanskassa, 1890-luvulla. Siihen aikaan ensimmäisten suurien laitosten teho liikkui 20-60kW paikkeilla. 1900-luvun aikana tuulivoima-ala koki suuren mullistuksen, kun useita innovatiivisia tuulivoimaloita kehitettiin. Näistä esimerkkinä mainittakoon 1925 kehitelty pystyakselinen voimala. 1900-luvun loppua kohti kiinnostus tuulivoimaa kohtaan lähti räjähtävään kasvuun, kun ihmiset tulivat tietoisemmiksi uusiutuvista energianlähteistä ja kasvihuoneilmästä. Tällä hetkellä

tuulivoima-ala on suuressa kasvussa ja siitä povataan suurimpia uusiutuvia energianlähteitä tulevaisuudessa. /7/

Vuonna 2010 Suomessa oli jo 130 suurempaa tuulivoimalaa, joista lähes kaikki sijaitsee rannikolla. Näiden yhteen laskettu kapasiteetti oli 197 megawattia ja niiden tuotama sähkö koko Suomen sähköntuotannosta oli noin 0,3 prosenttia. Vuoden 2011 lopussa suomen kokonaissähköntuotannosta jo noin 0,6% tuotettiin tuulivoiman avulla ja koko maailman sähköntuotannosta noin 1,3 prosenttia. Vuonna 2008 määritellyssä Suomen ilmasto- ja energiastrategiassa on asetettu tavoitteet tuulivoimalla tuotettavalle sähkölle tulevaisuudessa. Suomen tavoitteena on tuulivoimalla tuotetun sähkön osuuden nostaminen kuuteen terawattituntiin vuoteen 2020 mennessä. Käytännössä tämä tarkoittaa tuulivoiman tuotantokapasiteetin nostamista lähelle 2500 MW. Kesällä 2011 Suomessa oli julkaistu uusia tuulivoimahankkeita noin 6300 MW edestä. Tästä määrästä noin puolet on merelle suunniteltuja hankkeita. Merkittävä osa näistä uusista hankkeista, etenkin merelle suunnitteilla olevat tuulipuistot, ovat kuitenkin vasta alustavassa suunnitteluvaiheessa ja niiden käytännön toteutuksesta ja aikatauluista ei ole vielä varmuutta. /7;6/

4.1.2 Tuulivoiman soveltuminen Suomeen

Moni varmasti ajattelee tuulienergian sopivan Suomen tuuliolosuhteisiin huonosti, mutta asia ei ole aivan niin. Etenkin Suomen rannikkoalueet soveltuvat varsin hyvin tuulivoiman käyttöön. Tästä kertookin jo se, että kaikki Suomessa tällä hetkellä olevat suuremmat tuulivoimalat ovat sijoitettu rannikolle tai sen välittömään läheisyyteen. Myös laajaa tutkimustietoa Suomen tuuliolosuhteista on saatavilla muun muassa Suomen tuuliatlaksesta, johon on kartoitettu erittäin tarkasti Suomen tuuliolosuhteita. /6/

Suurempien tuulivoimaloiden sijoituspaikaksi Suomen sisäosat eivät välttämättä ole aivan parhaita, mutta siellä voidaan monesti hyödyntää pienempiä voimaloita. Pienillä, 100 watista muutamaan kilowattiin, tuulivoimaloilla voidaan esimerkiksi sähköistää kesämökkejä tai vaikkapa käyttää pientuulivoimalasta saatu sähköenergia omakotitalon veden tai lämmityksen hyödyksi. Suomessa kesämökkien sähköistystä onkin tehty suuri määrä juuri pientuulivoimaloilla. Tuulienergiaa voidaan siis hyödyntää

Suomen rannikkoalueella suuremmassakin mittakaavassa ja sisämaassa taas hieman pienempinä voimaloina. Yksittäistapauksissa tulee kuitenkin aina selvittää kyseisen paikan tuuliolosuhteet ennen laitteiston hankkimista. /6/

4.1.3 Miksi tuulivoimaa?

Kun mietitään tuulivoiman hyviä puolia tulee monelle varmasti ensimmäisenä mieleen uusiutuva energialähde. Tuulienergia onkin puhdasta ja vuodenaikasta riippumatonta energiaa, mitä on saatavilla koko maapallolla. Tuulivoimalla tuotettuun sähköön ei liity päästöjä ja sen ympäristövaikutuksetkin liittyvät lähinnä tuuliturbiinien tuottamaan ääneen, maiseman muutoksiin ja mahdollisiin pieniin vaikutuksiin paikallisiin eliöihin. Koska tuulienergia on peräisin auringon säteilemästä lämpöenergiasta on se myös ehtymätön energiavara. Tuulivoima on myös kaikista energialähteistä ympäristöystävällisimpiä tapoja tuottaa sähköenergiaa. Itse tuulivoimalatkin ovat yleensä kestäviä ratkaisuja eivätkä vaadi yhtä paljon huoltoa ja henkilöstöä, kuin moni muu energian tuotantotapa. Myös tuulivoimalaitoksen osista suurin osa voidaan yleensä kierrättää, mikä tekee tuulivoimasta entistä vihreämpää. Sähkömarkkinoiden vapauduttua kuluttajalla on entistä suurempi valta siihen millä keinoin energiaa tuotetaan. Kuluttajan vaikutus energian tuotantoon tapahtuu ostopäätöksen kautta. Mitä enemmän ihmiset ostavat tuulivoimalla tuotettua energiaa sitä enemmän sen tuotantoa tullaan lisäämään. /7;6/

4.2 Aurinkoenergia

Aurinko on tähti, joka tiivistyi arviolta noin 5 miljardia vuotta sitten. Tutkijoiden mielipiteet auringon koostumuksesta ovat vaihdelleet aikojen kuluessa paljonkin. Tutkimusmenetelmien kehittyessä on tultu siihen tulokseen, että aurinko on valtava kaasupallo, jonka uloin kuori muodostuu pääasiassa vedystä (75%) ja heliumista (23%). Spektrianalyysien avulla on saatu tietoa myös muista auringon pinta-aineista. Tutkijoiden mukaan auringon uloimmasta kuoresta löytyy meille tuttuja aineita, kuten magnesiumia, rautaa, kalsiumia, natriumia, nikkeliä, bariumia, kuparia, typpeä ja hiil-

tä. On saatu selville että aurinko sisältää myös meille tuntemattomia kemiallisia yhdisteitä. /8/

Auringosta säteilevä energia on peräisin niin sanotusta fuusioreaktiosta. Siinä vetyatomien kaksi ydintä, 2 protonia ja 2 neutronia yhdistyy heliumatomien ytimeksi, jolloin vapautuu suuri määrä energiaa. Vertailuna ihmisten käyttämiin energialähteisiin voidaan mainita, että yhden heliumkilon muodostaminen vedystä vapauttaa saman verran energiaa, kuin 27 000 tonnia kivihiiltä eli noin 180 miljoonaa kWh. Fuusioreaktio tarvitsee toteutuakseen äärimmäisen korkean lämpötilan, noin 10 miljoonaa astetta ja tämän ihminen on onnistunut toteuttamaan ainoastaan vetypommissa. /9/

Auringossa tapahtuvan fuusion aiheuttaman massamuutoksen seurauksena vapautuvan energian voidaan laskea antavan auringolle 3.8×10^{23} kW kokonaistehon. Tutkijoiden arvion mukaan tästä määrästä maapallolle tulee 1.7×10^{14} kW. Käytännössä tämä määrä on jopa 20 000 kertainen koko maapallon teollisuuden ja lämmitykseen tarpeeseen verrattuna. Jos kaikki maahan säteilevä aurinkoenergia saataisiin hyötykäyttöön, riittäisi laskelmien mukaan noin kahden tunnin säteilyannos koko ihmiskunnan vuosittaiseen energian tarpeeseen. Auringolla arvellaan olevan elinikää jäljellä vielä noin 5 miljardia vuotta, joten käytännössä sitä voidaan pitää ehtymättömänä energiavarana ihmiskunnalle. /8;9/

4.2.1 Aurinkoenergian historia

Vuonna 1838 19-vuotias ranskalainen Edmund Becquerel onnistui muuttamaan valon sähköksi. Hänen tekemänsä tutkimukset valosähköilmiöstä eivät vielä kuitenkaan joutaneet käytännön sovellutuksiin. Kolmisenkymmentä vuotta myöhemmin Auguste Mouchout onnistui kehittämään aurinkoenergialla toimivan höyrykoneen. Ensimmäiset nykyisiä aurinkopaneeleja muistuttavat aurinkokennot kehitti amerikkalainen keksijä Charles Fritt. Vuonna 1883 hän onnistui valmistamaan seleenikiekoista tehdyt aurinkokennot, joilla pystyi muuttamaan auringon säteilemästä energiasta noin 1-2 prosenttia sähköksi. Ensimmäinen aurinkoenergiayritys perustettiin 1892 ja se valmisti aurinkoenergialla toimivia moottoreita. /10/

1900-luvun alkupuolella Albert Einstein sai Nobelin palkinnon valosähköilmiötä selittävistä teorioistaan. Vuonna 1954 herrat Calvin Fuller, Daryl Chaplin ja Gerald Pearson keksivät osittain vahingossa käyttää piitä puolijohteena. Tämän keksinnön avulla he kykenivät rakentamaan aurinkopaneelin, jonka tehokkuus oli jo noin 6 prosenttia ja tämä aurinkopaneeli olikin ensimmäinen nykyisinkin käytettyjen paneelien kaltainen. Pari vuotta myöhemmin esiteltiin jo ensimmäinen kaupalliseen käyttöön tarkoitettu aurinkokenno. Se oli aluksi vielä melko kallis, noin 300 dollaria wattia kohden, ja sen käyttö rajoittui lähinnä erilaisiin leluihin ja radioihin. Vuoden 1958 aikana laukaistiin jo ensimmäinen aurinkoenergiaa sähköntuotantoon käyttävä satelliitti avaruuteen. /10/

1970-luvun energiakriisit saivat ihmiset heräämään ja miettimään vaihtoehtoisia energialähteitä, jolloin myös kiinnostus aurinkoenergiaa kohtaan kasvoi valtavasti ja sen seurauksena aurinkopaneeleilla tuotetun sähkön hintakin putosi noin 20 dollariin watilelta. Vuoden 1982 aikana aurinkosähkötuotanto ylitti jo 9 MW ja vuotta myöhemmin se oli jo kaksinkertaistunut noin 21 Megawattiin. 1990- ja 2000-luvuilla kiinnostus aurinkoenergialla tuotettua sähköä kohtaan kasvoi entisestään ja samalla aurinkoenergiateknologiat kehittyivät kovaa vauhtia. 2000-luvulla voitiin jo melkein puhua aurinkoenergiabuumista. /10/

4.2.2 Valosähköinen ilmiö ja aurinkopaneelijärjestelmät

Vuonna 1839 ranskalainen Edmond Becquerel havaitsi tutkimassaan paristossa jännitteen nousua, kun hän altisti sen hopealevyt auringon valolle. Tämän uskotaan olleen ensimmäinen havainto valosähköisestä ilmiöstä, jota on sen jälkeen tutkinut suuri joukko tutkijoita. Valosähköinen ilmiö on yksinkertaistettuna fotonien ja elektronien vuorovaikutusta. Valosähköistä ilmiötä hyödynnetään kaikissa moderneissa aurinkopaneelijärjestelmissä. /11/

Nykyiset aurinkopaneelit valmistetaan lähes yksinomaan käyttäen piitä raaka-aineena, koska sen on todettu olevan huomattavasti muita materiaaleja tehokkaampi. Nykyisissä aurinkopaneeleissa valosähköisen ilmiön hyödyntäminen perustuu puolijohderajapintaan. Siinä on toisella puolella n-tyypin ja toisella puolella p-tyypin materiaali. N-tyypin materiaalin täytyy olla varautunut negatiivisesti eli siinä on paljon elektroneja. P-tyypin materiaali on taas positiivisesti varautunut eli siinä on paljon niin sanottuja

aukkoja. Tasapainotilassa atomien elektronien voidaan sanoa olevan valenssivyöllä. Auringosta peräisin olevan säteilyn osuessa aurinkokennoon irtoaa piiatomeista elektroneja, jolloin ne siirtyvät valenssivyöltä niin sanotulle johtavuusvyölle. Aurinkokennossa elektronit siis kulkeutuvat n-tyypin puolijohdeeltä p-tyypin puolijohdeelle, jolloin muodostuu jännite kennon ylä- ja alapinnan välille. Kytkemällä haluttu määrä kennoja sarjaan saadaan muodostettua sopiva jännite, jolla voidaan varata esimerkiksi akku. Kaikki aurinkopaneelit tuottavat tasavirtaa (DC), joka voidaan tarvittaessa muuttaa invertterin avulla vaihtosähköksi (AC). /5,s.1-16/

4.2.3 Aurinkokennot

Nykyisin käytössä olevat aurinkokennoteknologiat on jaettu kolmeen eri sukupolveen. Ensimmäiseen sukupolveen kuuluvat yksi- ja monikiteisestä piistä valmistetut kennot. Yksikiteisestä piistä valmistetun aurinkokennon hyötysuhde on teoriassa noin 25% luokkaa, mutta käytännössä ei päästä kuin 20% hyötysuhteeseen, sillä hyötysuhde laskee kun useita kennoja kytketään aurinkopaneeliin. Yksikiteisen piin hyvänä puolena on sen korkea hyötysuhde, mutta huonona puolena korkeat valmistuskulut. Monikiteisten piikennojen hyötysuhteet ovat 10-15% luokkaa, joskus on jopa saavutettu 20% hyötysuhde. Monikiteisen piin valmistaminen on halvempaa kuin yksikiteisen piin, mutta huonona puolena taas on monikiteisessä piissä ilmenevät hilavirheet, jotka vaikuttavat kennon toimintaan. Ensimmäisen sukupolven kennoihin kuuluvat myös gallium-arsenidi kennot, joilla on saavutettu noin 18% hyötysuhde. Materiaalina gallium-arsenidi absorboi fotoneja tehokkaammin kuin pii. Näitä kuitenkin käytetään vain erikoissovelluksissa, kuten avaruudessa, niiden myrkyllisyyden ja erittäin kalliin hinnan takia. /12;5,s.1-16/

Toisen sukupolven aurinkokennoiksi kutsutaan niin sanottuja ohutkalvokennoja. Nämä ovat nimensä mukaan erittäin ohuita ja niitä voidaan tästä syystä hyödyntää erilaisissa paikoissa kuin perinteisiä paneeleja. Ohutkalvopaneelit voivat olla muun muassa taipuvia ja soveltuvat siksi esimerkiksi pyöreisiin pintoihin. Ohutkalvokennojen ensimmäiset sovellukset ovat 1960-luvulta, jolloin niitä valmistettiin kupariselenidistä ja kadmiumselenidistä. Nykyisin ohutkalvokennoja valmistetaan muun muassa kadmiumtelluridista (CdTe), kupari-indiumselenidistä (CIS) ja kupari-indiumgalliumselenidistä. Hyötysuhteiltaan nämä kennot jäävät vielä hieman yksiki-

de- ja monikidepii kennoille. Ohutkalvokennojen on kuitenkin huomattu sietävän pylvistä säätä paremmin kuin muut kennotyypit ja se soveltuu myös loistavasti massatuotantoon. Ohutkalvokennot vievät myös huomattavasti vähemmän raaka-aineita, koska ne ovat jopa 1/1000 osan paksuisia verrattuna yksi- tai monikidepiikennoihin. Ohutkalvokennoja on rakennettu myös Amorfisesta piistä, mutta niiden hyötysuhde on jäänyt 10% tuntumaan tai vähän sen alle. /12;5,s.1-16/

Kolmannen sukupolven aurinkokennoiksi kutsutaan niin sanottuun nanotekniikkaan pohjautuvia kennoja. Tämän hetken ehkä tutkituin aurinkokennotyyppi on väriaineaurinkokenno, joka on yksi ratkaisu nanomateriaalien hyödyntämiseksi aurinkokennoissa. Toimintaperiaatteeltaan väriaineaurinkokenno poikkeaa normaaleista kennoista huomattavasti. Siinä puolijohde ei absorboi auringonsäteilyä, vaan sen tekee puolijohdepartikkelien pinnalla oleva väriaine. Väriaineen virittynyt elektroni siirtyy puolijohdeeseen, josta se taas kulkeutuu ulkoiseen kuormaan. Väriaineaurinkokennoissa ei ole pn-liitosta vaan elektronien liike perustuu diffuusion eli konsentraatio erojen aiheuttamaan varausten liikkeeseen. Tällä hetkellä väriaineaurinkokennoilla päästään vain noin 11% hyötysuhteeseen, mutta niiden vahvuutena on halpa hinta. Kolmanteen sukupolven voidaan lukea myös orgaaniset aurinkokennot, jotka koostuvat valoa läpäisevien elektrodien väliin asetelluista polymeerisistä ohutkalvoista. Orgaanisten kennojen hyötyjä ovat helposti saatavat materiaalit, kennojen keveys ja erittäin halpa tuotanto verrattuna muihin kennotyyppeihin. Kolmannen sukupolven kennoihin voidaan lisäksi luetella kehitteillä olevat uudet kennotyypit ja tulevaisuuden keksinnöt. /5,s.5-16/

4.2.4 Aurinkokeräin

Sähköntuoton lisäksi auringosta peräisin olevaa energiaa voidaan hyödyntää aurinkokeräimissä. Aurinkokeräimen avulla auringon säteilyä otetaan talteen lämmön muodossa. Lämmön talteenotto tapahtuu tumman absorbtiolevyn avulla, joka on yleensä muovia tai metallia. Absorbtiolevyn täytyy olla täysin lämpöeristetty, että auringonsäteilystä saatu lämpöenergia ei pääse karkaamaan. Absorbtiolevyn sisällä auringon lämpöenergialla lämmitetään keräysputkistossa oleva neste. Lämmennyt neste ohjataan putkien kautta lämmönvaraajaan, josta se siirtyy eteenpäin esimerkiksi lämpimään käyttöveteen tai talon lämmitysjärjestelmään. Aurinkokeräin sijoitetaan usein

katolle, mutta myös seinään asennettavia malleja on markkinoilla. Keräimiä voi käyttää esimerkiksi kaupunkialueella sijaitsevissa omakotitaloissa ja ne soveltavat varsin hyvin myös loma-asuntoihin. /13/

4.2.5 Aurinkoenergia Suomessa

Monesti kuvitellaan, että aurinkoenergia on Suomelle huono vaihtoehto energiantuotantoon. Tämä pitää kuitenkin vain osittain paikkansa. Suomessa suurin ongelma aurinkoenergian hyödyntämisessä on pitkät pimeät jaksot. Periaatteessa huonoa aikaa aurinkosähkölle on lokakuusta maaliskuuhun asti. Ongelmat liittyvät aurinkosähkön varastointiin ja siihen, että aurinkosähköä on saatavilla vain päiväsaikaan ja talvella päivätkin ovat melko lyhyitä. Suomessa aurinkosähkön hyödyntäminen laajassa mittakaavassa ympäri vuoden edellyttäisi sen varastoimista kesästä talveen, sillä suurin kulutus Suomessa on juurikin talvella kylminä aikoina. Tämän kaltainen valtavan energia määrän varastointi ei tällä hetkellä ole käytännössä edes mahdollista tai ainakin se olisi liian kallista toteuttaa tarpeeksi suuressa mittakaavassa. Vaikka aurinkosähköä ei vielä pystyittäisikään hyödyntämään Suomessa pimeään aikaan niin on sen suora hyödyntäminen mahdollista. Tällä tarkoitetaan päiväsaikaan tuotetun aurinkosähkön suoraa hyödyntämistä sen hetken tarpeisiin, jolloin verkossa voidaan käyttää vähemmän muilla keinoin tuotettua sähköä. Pelkkä aurinko sähköön turvautuminen ei siis ole Suomessa ainakaan vielä mahdollista, mutta sen suora käyttö päiväsaikaan muiden energialähteiden rinnalla onnistuu hyvin. /11/

Kun tutkitaan auringon säteilymääriä Euroopassa huomataan, että Suomeen kohdistuu vuositasolla lähes yhtä paljon auringon säteilyenergiaa, kuin Saksaan. Myös Saksa kärsii aurinkoenergian saannin epätasaisuudesta, mutta silti saksalaiset luottavat aurinkoenergiaan huomattavasti enemmän kuin suomalaiset. Tästä kertoo myös se, että Saksan aurinkosähkön tuotanto vuositasolla on noin 50-kertainen asukasta kohti verrattuna Suomeen. /11/

Suomalaiset käyttävät tällä hetkellä aurinkoenergiaa eniten kesämökeillään ja jonkin verran myös omakotitaloissa. Suomessa on valtavasti kesäasuntoja, joten ei ole yllättävää, että suurimmat aurinkosähkömarkkinat ovatkin juuri loma-asumisessa. Monesti kesämökki saattaa sijaita syrjässä ja hankalien kulkuyhteyksien päässä, mikä voi vai-

keuttaa tai tehdä kiinteään sähköverkon rakentamisen mahdottomaksi. Tällöin erittäin hyvä vaihtoehto voi olla aurinkosähköjärjestelmän hankkiminen. Omakotitaloissa aurinkosähköjärjestelmiä käytetään lähinnä suoran sähkön rinnalla pienentämässä sähkölaskua ja aurinkokeräimiä samaan tapaan.

4.2.6 Miksi aurinkoenergiaa?

Aurinkoenergian käytössä on monia hyviä puolia ja etuja. Ensinnäkin aurinkoenergiaa voidaan sanoa uusiutuvaksi ja periaatteessa ehtymättömäksi energiavaraksi, koska auringon odotetaan säteilevän vielä seuraavat 5 miljardia vuotta. Muiden uusiutuvien energialähteiden tapaan aurinkosähkön tuottaminen on järjestelmän rakentamisen jälkeen periaatteessa täysin päästötöntä ja myös laitteiston huoltokulut ovat alhaiset. Aurinkopaneelien ja aurinkokeräimien tekniseksi käyttöiäksi luvataan yleensä vähintään 20-30 vuotta, mutta jotkut paneelivalmistajat jopa 100 vuotta. Aurinkoenergian voidaan sanoa olevan puhdasta ja kotimaista energiaa ja sitä on saatavilla Suomessakin huomattava potentiaali. Aurinkoenergian merkitys tulee tulevaisuudessa korostumaan entisestään ja siihen sijoittamisella on myös työllistävä vaikutus tulevaisuudessa. Myös aurinkoenergian kohdalla jokainen ihminen voi vaikuttaa omalla ostopäätöksellään sen tuotantoon, koska mitä enemmän ihmiset haluavat käyttää aurinkoenergiaa sitä enemmän sen tuottamiseen panostetaan. /14/

4.3 Kohteeseen valitut järjestelmät

Seuraavaksi esitellään hybridijärjestelmään valitut laitteet. Näihin kuuluvat pientuulivoimala, aurinkopaneeli, hybridijärjestelmän lataussäädin, invertteri-laturi ja akut. Myös näiden hankintakustannukset on esitetty.

4.3.1 Pientuulivoimala

Kohteeseen suunniteltuun hybridijärjestelmään valittiin pientuulivoimala Tuulivoimala.com Finland Oy:n mallistosta. Valittu tuulivoimala on malliltaan WPE300W ja se on suunniteltu juuri kesämökki- tai omakotitalokäyttöä varten. Kohteena olleen kesäpaikan sähköntarvekartoituksen perusteella valittu pientuulivoimala on nimellisteholtaan 300W ja se tuottaa 12 Voltin tasavirtaa. Tämän sähkön tuotto aurinkopaneelin

rinnalla pitäisi riittää kesäaikaiseen käyttöön tutkimuksen kohteena olevalla mökillä. 7,5 m/s tuulennopeudella voimala toimii nimellistehollaan, jolloin siitä saadaan noin 25A latausvirta akustoon. Taulukosta 1. nähdään valitun pientuulivoimalan tarkemmat tiedot. /15/

TAULUKKO 1. PIENTUULIVOIMALA /15/

Kohteeseen valittu pientuulivoimala	
Tuulivoimala WPE300W - Tekniset teidot	
Malli	WPE300W
Lapojen halkaisija	2,2m
Lapojen rakenne	Lasikuitu
Lapojen lukumäärä	3 kpl
Nimellisteho / maksimiteho	300W / 500W
Nimelliskierrosnopeus	450 RPM
Nimellistuulennopeus	7,5 m/s
Aloitustuulennopeus	3 m/s
Toimintatuulennopeus	3-25 m/s
Maksimituulennopeus	45 m/s
Jännite	DC 12V
Generaattorin tyyppi	3-vaiheinen kestmagnetoitu gen.
Myrskysuojaus	Tuulesta pois kääntyminen ja jarrutus
Suosittelun maston korkeus	min. 6m
Paino	40 kg
Masto	
WPE300W tuulivoimalaan valittiin myyjän suosittelema 6m korkea masto, joka tuetaan puolesta välistä runkoa 3 tukivaijerilla.	
Kustannukset	
	Tuulivoimala WPE300W: 790 euroa
	Masto 6m: 200 euroa
	Yht. 990 euroa

4.3.2 Aurinkopaneeli

Järjestelmään valittiin Thermosunin mallistosta yksi suurehko monikideaurinkopaneeli, malliltaan SR135 W. Kyseinen paneeli on nimellisteholtaan 135 W ja se tuottaa 12 Voltin tasajännitettä. Aurinkopaneeli tuottaa nimellistehollaan toimiessa akustoon noin 11 Ampeerin latausvirtaa. Tämän pitäisi riittää tuulivoimalan rinnalla akuston varauksen ylläpitoon mökin kesäaikaisessa käytössä. Alla olevasta taulukosta 2. löytyy aurinkopaneelin tarkemmat tiedot. /16/

TAULUKKO 2. AURINKOPANEELI /16/

Kohteeseen valittu aurinkopaneelijärjestelmä	
Aurinkopaneeli - SR135 W monikidepaneeli	
Malli	Tyyppi
Käyttäjännite	12 V
Nimellisteho Wp	135 W
Tyhjäkäyntijännite	21,85 V
Oikosulkuvirta	8,10 A
Tehollinen jännite	18,22 V
Tehollinen virta	7,41 A
Pituus	1481 mm
Leveys	666 mm
Korkeus	48 mm
Paino	12,0 kg
Takuu	25 vuotta
Kustannukset	
Aurinkopaneeli SR135 W Monikidepaneeli:	380 euroa

4.3.3 Hybridijärjestelmän lataussäädin

Lataussäädin on laite, jonka tarkoituksena on tässä järjestelmässä estää tuuligeneraattoria tai aurinkopaneelia lataamasta akkua liian täyteen tai vastaavasti akkua energialähteenään käyttäviä sähkölaitteita purkamasta akustoa liian tyhjäksi. Järjestelmään valittu lataussäädin on erityisesti suunniteltu hybridijärjestelmiä varten. Sen etuna on, että pientuulivoimala ja aurinkopaneelit eivät tarvitse omia lataussäätimiä vaan hybridijärjestelmään suunniteltu säädin toimii molempien järjestelmien säätimenä. /17/

Kyseinen lataussäädin toimii nimellisteholtaan 300W:n ja maksimi teholtaan 500W:n pientuulivoimalan kanssa eli järjestelmään valittu tuulivoimala on optimaalisen kokoinen. Tuulivoimalasta saatava suurin hyödynnettävissä oleva virta kyseisellä säätimellä on 40A eli valitun voimalan maksimitehon suuruinen. Suurin aurinkopaneeli minkä kyseiseen säätimeen voi liittää saa olla teholtaan maksimissaan 150 Wattia ja virraltaan 10 Ampeeria. Valittu aurinkopaneeli on 135 wattinen ja sen laskennallinen maksimi latausvirta on noin 11 Ampeeria eli säätimelle sopiva. /17/

WPH300W säädin on erittäin hyvä valinta hybridijärjestelmiä varten sopivan hintansa ja ominaisuuksiensa takia. Tuulivoimalan ja aurinkopaneelin tuottaessa sähköä nimellistehollaan lataa säädin akustoa maksimissaan 35 Ampeerin virralla. Tämän latausvirran pitäisi riittää ylläpitämään tarvittava varaus helposti ja pienemmälläkin tuotolla tultaisiin toimeen. Tarkemmat tiedot lataussäätimestä alla olevassa taulukossa 3. /17/

TAULUKKO 3. LATAUSSÄÄDIN /17/

Järjestelmään valittu Hybridi lataussäädin			
Hybridi lataussäädin WPH300W			
WPH300W on hybridi lataussäädin, joka on suunniteltu pientuulivoimalan ja aurinkopaneelien kytkemiseksi 12 V akustoon. Säädin käyttää PWM saatoä rajoittamaan akun latausvirtaa ja jännitettä.			
Malli		WPH300W	
Akkujännite		12 V	
Tuulivoimalan nimellisteho		300 W	
Sisääntuloimpedanssi alue		1~10/15S	
Tuulivoimalan suurin sisääntulovirta		40 A	
Tuulivoimalan suurin teho		500 W	
Tuulivoimalan latauksen aloitus jännite		Asetettavissa	
Latausjännite (oletus)		Asetettavissa (13,6 V)	
Latausvirta		Asetettavissa 0-35 A	
Aurinkopaneelien suurin teho / virta		150 W / 10A	
Akun alijännitesuojaus		Asetettavissa (11 V)	
Akun alijännitesuojauksen nollaus jännite		Asetettavissa (12 V)	
Ulostulon ylijännitesuojaus		16 V	
Aurinkopaneelien pimeän ajan jännite		Asetettavissa (1 V)	
Aurinkopaneelien valoisan ajan jännite		Asetettavissa (1,5 V)	
Ulostulon 1 suurin virta		10A	
Ulostulon 2 suurin virta		10A	
Suositeltu vähimmäis akku kapasitetti		100Ah	
Tietoliikenneportin tyyppi		USB 2.0	
Näytön tiedot:			
Akun jännite, tuulivoimalan jännite, aurinkopaneelin jännite, tuulivoimalan virta, aurinkopaneelin virta, tuulivoimalan teho, aurinkopaneelin teho, ylijännite,			
Kustannukset:			
Hybridi lataussäädin WPH300W:		yht. 300 euroa	

4.3.4 Invertteri-laturi

Invertteri on laite, jolla voidaan muuntaa tasavirtaa vaihtovirraksi. Kohteeseen valituksa hybridijärjestelmässä akuilta saatava 12 Voltin tasajännite muunnetaan invertterillä sinimuotoiseksi 50Hz vaihtosähköksi. Muuntamisen jälkeen vaihtosähkö voidaan syöttää pääkeskukseen ja sitä kautta pistorasioille ja valaistukselle. Tämä mahdollistaa normaalien sähkölaitteiden, kuten tietokoneen ja television käytön suoraan pistorasioissa ja myös valaistus voidaan toteuttaa perinteisillä valaisimilla ja lampuilla. Ilman invertteriä toteutettavat hybridijärjestelmät käyttävät suoraan 12 voltin jännitettä, jolloin normaaleja sähkölaitteita ei voida käyttää. /18/

Maksimi jatkuva kuormitusteho, jolla valittu invertteri voi toimia on noin 2000W. Se riittää helposti kahden mökin niin sisä- kuin ulkovalaistukseenkin ja pistorasioissa voidaan käyttää esimerkiksi kännykänlatureita ja kannettavaa tietokonetta. Myös kiinteä jääkaappi ja televisiot pyörivät samaan aikaan vaivatta. Jos aivan kaikki sähkölaitteet ja valaistus eivät ole samaan aikaan päälle voidaan myös hieman enemmän sähköä kuluttavia laitteita käyttää, kuten vedenkeitintä tai reilun kokoista kahvinkeitintä. /18/

Tasavirran muuntamisen lisäksi invertteri-laturi yhdistelmällä voidaan hyödyntää järjestelmään hankittua aggregaattia varavoimalähteenä. Aggregaatti voidaan käynnistää silloin kun tuuli- tai aurinkoenergiaa ei ole saatavilla ollenkaan tai ei ainakaan riittävästi. Aggregaatilta saatava 230 voltin jännite voidaan syöttää suoraan invertteri-laturi yhdistelmä laitteeseen, jolloin sen laturi osa voi ladata akustoa jopa 80 A virralla. Näin suuren latausvirran johdosta suurempikin akusto saa nopeasti tarvitsemansa lisävirran. Invertteri-laturi yhdistelmät ovat kohtalaisen hintavia, mutta ne ovat erittäin perusteltu ostos hybridijärjestelmiin, kuin myös pelkkää aurinko- tai tuulienergiaa hyödyntäviin järjestelmiin. Alla olevasta taulukosta 4. löytyy tarkemmat tiedot invertteri-laturista. /18/

TAULUKKO 4. INVERTTERI-LATURI /18/

Järjestelmään valittu laturi-invertteri			
Phoenix multiplus 12/2000/80 laturi-invertteri			
Malli		Phoenix 12/2000/80	
Tulojännite V		12 V	
Jännitealue V		9,5 - 17 V	
Jatkuva kuormitusteho V A		2000	
Käynnitys piikkiteho W		2x jatkuva kuormitusteho	
Hyötysuhde		94 %	
Käynnistys ulostulojännite V		Siniaalto, VAC/50Hz +-0,1%	
Tyhjäkäyntikulutus W		3w	
Akkulaturi osuus			
Latausvirta A		80A	
Käynnistys tulojännite VAC		187-265 VAC	
Käynnistystulotaajuus HZ		45-55 Hz	
Takuu ja mitat			
Käynnistystakuu		2-vuotta	
mitat SxLxK,mm		125x255x520	
Paino		18 kg	
Järjestelmään valitulla laturi-invertterillä voidaan muuttaa akuilta tuleva 12 V DC-jännite 230VAC/50Hz siniaalloksi. Myös akkujen lataaminen aggregaatin avulla onnistuu kyseisellä laitteella.			
Kustannukset:			
Phoenix multiplus 12/2000/80 laturi-invertteri		yht. 1450 euroa	

4.3.5 Akut

Järjestelmään valittiin PowerXon Deep Cycle akut Eurosolarin mallistosta. Akkuja on 2 kpl ja niiden kapasiteetti on yhteensä 330Ah. Tarvittavien akkujen koko valittiin kohteen sähköntarvekartoituksen perusteella. Akkujen kapasiteetti on jopa hieman ylimitoitettu kyseiseen järjestelmään, mutta sillä varaudutaan pitkäkestoisii käyttöjaksoihin, joita ainakin kesän aikana voi tulla vastaan. Alla olevassa taulukossa 5. tarkemmat tiedot akuista. /18/

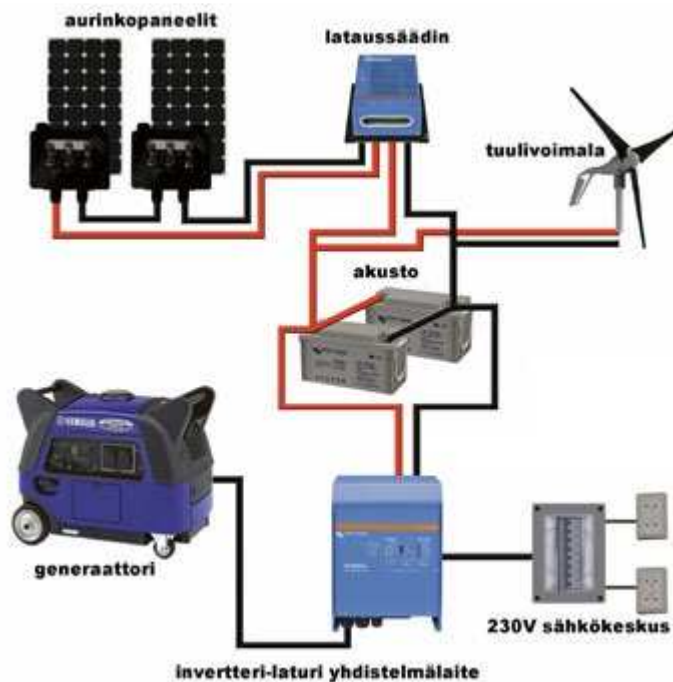
TAULUKKO 5. AKUT /18/

Järjestelmään valitut akut	
PowerXon AGM Deep Cycle akku	
Malli	AGM Deep Cycle
Akun koko	165 Ah
Mitat	485x172x240
Paino	46 kg
Järjestelmään valittiin Eurosola Oy:n mallistosta löytyvät AGM Deep Cycle akut. Niitä on 2 kappaletta ja ne ovat kapasiteetiltaan 165Ah.	
Kustannukset:	
AGM Deep Cycle 165Ah, 2kpl	yht. 700 euroa

4.3.6 Hybridijärjestelmän toiminta

Kohteeseen valitun hybridijärjestelmän toiminta perustuu tuulivoiman ja aurinkoenergian rinnakkaiskäyttöön. Alla on havainnekuva hybridijärjestelmän toiminnasta.

Kuva 1. HYBRIDIJÄRJESTELMÄN TOIMINTA /18/



Kohteeseen valitussa järjestelmässä sähköenergian tuottajina toimivat pientuulivoimala ja aurinkopaneeli. Aurinkopaneelien ja pientuulivoimalan tuottama noin 12 voltin tasavirta kulkee ensimmäisenä lataussäätimelle. Lataussäätimeksi valittiin hybridijärjestelmää varten kehitetty erikoissäädin, jolloin kukin järjestelmä ei tarvitse omaa säädintä. Hybridi-lataussäätimen tehtävänä on säädellä akuille menevää jännitettä ja latausvirtaa, sekä pitää huoli muun muassa siitä, että akusto ei pääse latautumaan liian täyteen.

Akustolta 12 voltin tasajännite menee seuraavaksi invertteri-laturi yhdistelmälaitteelle. Tämä muuttaa 12 voltin tasajännitteen sini-muotoiseksi 50 Hz ja 230 voltin vaihtosähköksi. Invertterin tuottama vaihtosähkö syötetään eteenpäin pääkeskukselle, josta se syötetään pistorasioille, valaisimille ja muille laitteille. Invertterin tuottama 230 voltin ja 50 Hz siniaalto sopii kaikille normaaleille sähkölaitteille, sillä sama sähkömuoto on käytössä Suomen sähköverkossa.

Järjestelmän havainnekuvassa näkyy generaattori, joka toimii varavoimalähteenä. Generaattori on kytkettynä invertteri-laturi yhdistelmälaitteeseen, jolloin akustoa on mahdollista ladata niinä aikoina, kun aurinko- tai tuulienergiaa ei ole tarpeeksi saatavilla. Järjestelmään valittu invertteri-laturi pystyy oikeanlaisella generaattorilla varustettuna lataamaan akustoa jopa usean kymmenen ampeerin virralla. Hybridijärjestelmän kustannuksiin ei laskettu erillistä generaattoria, sillä kohteena olleelta mökiltä sellainen jo löytyy.

4.4 Hybridijärjestelmän hankinta- ja ylläpitokustannukset

Kohteeseen valitun hybridijärjestelmän tarvikekustannuksien laskemiseen käytettiin samoja sähkösuunnitelmia ja tarvikkeita, kuin suorasähköjärjestelmässä, lukuun ottamatta pääkeskuksen syöttökaapelia. Sähkösuunnitelmat löytyvät liitteistä 5-8 ja hybridijärjestelmän kustannuslaskelmat liitteistä 1-4. Suunnitelmien ja laskelmien perusteella hybridijärjestelmän tarvikekustannuksiksi saatiin noin 2000 euroa. Tarvikekustannukset sisältävät kaiken rakennusten välisen kaapeloinnin, pistorasiat, kytkimet, valaisinpisteet ynnä muut sellaiset.

Hybridijärjestelmän laskelmissa käytettiin samoja suunnitelmia, kuin suorasähköjärjestelmässä siitä syystä, että tulevaisuudessa jäisi mahdollisuus sähköliittymän ottamiseen rakentamatta koko järjestelmää uudelleen. Sähköliittymän ottaminen myöhemässä vaiheessa voisi johtua kohteena olevan paikan lisääntyneestä käytöstä esimerkiksi kylmänä talviaikana, jolloin lämmitys olisi helposti toteutettavissa suorasähkön avulla. Myös uusien rakennuksien sähköistäminen voi tulla myöhemmin ajankohtaiseksi ja silloin pienen hybridijärjestelmän sähköntuotto ei enää välttämättä riitä.

Suurin osa hybridijärjestelmän kustannuksista tuli sen sähköntuottojärjestelmän laitehankinnoista. Pientuulivoimala ja aurinkopaneeli, sekä muut hybridijärjestelmän osat maksoivat kustannuslaskelmien ja toimittajilta saatujen hintojen perusteella yhteensä noin 4000 euroa. Hybridijärjestelmän kokonaiskustannuksiksi tarvikkeineen ja laitteineen ilman asennustyötä saatiin laskelmien perusteella noin 6000 euroa.

Hybridijärjestelmän välittömien rakennuskustannuksien lisäksi piti arvioida järjestelmän huolto ja ylläpitokustannuksia. Järjestelmään valitun aurinkopaneelin tehotaakuksi myyjä lupaa 25 vuotta ja paneelin sanotaan olevan lähes täysin huoltovapaa. Ainoastaan paneelin pinnan puhtaudesta huolehtiminen jää asiakkaan omalle vastuulle. Aurinkopaneelin ei tässä tapauksessa laskettu aiheuttavan minkäänlaisia rahallisia huolto- tai ylläpitokustannuksia sen hankkimisen jälkeen.

Tuulivoimalan huolto- ja kunnossapitokustannuksia täytyi arvioida hieman tarkemmin. Pientuulivoimalassa saattaa ilmetä vuosien saatossa pieniä korjausta vaativia vikoja ja se vaatii muutenkin tietyn aikavälein kuntotarkastuksen. Tuulivoimalassa yleensä esiintyviä huoltoja vaativia asioita ovat muun muassa laakereiden vaihto, sekä liikkuvien osien rasvaaminen. Generaattorin kiinnityspulttien kunto ja kireys kannattaa tarkistaa kerran vuodessa ja mastokin kannattaa käydä läpi ainakin silmämääräisesti. Talvella myös jään poistaminen tuulivoimalan lavoista voi olla tarpeellista. Näistä tuulivoimalan huoltotoimenpiteistä aiheutuvia kustannuksia pienentää vielä se, että suurimman osan niistä voi tehdä voimalan omistaja itse. Vaikka tuulivoimassa onkin aurinkopaneeleja enemmän huoltoja vaativia asioita, ei senkään huoltokustannukset ensimmäisen kymmenen vuoden aikana hankinnan jälkeen yleensä kohoakaan muutama prosenttiin hankintakustannuksista. /19/

Hybridijärjestelmän muut laitteet, kuten lataussäädin, akusto ja invertteri-laturi voivat myös tarvita vuosien saatossa huoltoa. Kuitenkin sijoittamalla nämä laitteet oikeanlaisiin paikkoihin ja suojaamalla ne hyvin pitäisi välttyä suuremmilta turhilta kustannuksilta. Invertteri-laturi yhdistelmän ja lataussäätimen ei pitäisi juurikaan vaatia huoltoa muutamien ensimmäisten vuosien aikana. Lähinnä näistä kannattaa tarkastaa johtojen liitokset ja ulkopuolinen puhtaus. Järjestelmän akut voivat mahdollisesti aiheuttaa huoltokustannuksia vuosien saatossa ja niitä voi myös joutua vaihtamaan kokonaan. Kohteen hybridijärjestelmään valitut akut ovat kuitenkin AGM Deep Cycle malleja, jotka ovat valmistajan mukaan täysin huoltovapaita ja eliniältään moninkertaisia verrattuna normaaleihin freetime-akkuihin. Valmistajan tietojen perusteella voidaan olettaa myös akuston huolto- ja ylläpitokustannuksien jäävän melko pieniksi.

/18/

Koska kohteessa on jo valmiina hybridijärjestelmässä varavoimageneraattorina toimiva aggregaatti, ei siitä aiheudu hankintakustannuksia. Ylläpitokustannuksia generaattorin käytöstä sen sijaan tulee polttoaineen kulumisen merkeissä ja myös mahdollisista huoltotoimenpiteistä. Polttoaineesta syntyvät kustannukset kyseisellä generaattorilla jäävät vuositasolla todennäköisesti melko pieniksi, sillä sen käyttötarpeen varavoimageneraattorina voidaan olettaa olevan aika vähäistä. Myös sähkökalusteiden särkymisestä voi aiheutua pieniä kustannuksia vuosien saatossa, mutta niitä ei sen tarkemmin huomioitu, koska kalusteet ovat molemmissa suunnitelmissa samat ja kustannukset jäänevät vähäisiksi.

Kun tarkastelee aurinkosähköllä ja tuulivoimalla toimivan hybridijärjestelmän eri osien arvioituja huolto- ja ylläpitokustannuksia, huomaa niiden olevan yllättävän alhaiset. Monet huoltotoimenpiteistä mökkiläinen osaa mahdollisesti tehdä itse ja huoltoon vaadittavien rasvojen ja muiden varaosien kustannukset jäävät myös pieniksi ensimmäisen kymmenen vuoden aikana järjestelmän hankinnasta. Aina voi tietenkin tulla yllättäviä lisäkustannuksia esimerkiksi laitteiden hajoamisen takia, mutta niitä ei tämän järjestelmän kustannusarvioissa huomioitu. Kaiken kaikkiaan kohteeseen valitun hybridijärjestelmän kaltaisista laitteistoista ei siis synny suuria ylläpito- ja huoltokustannuksia.

5 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää minkälaisia sähköistysratkaisuja kohteena olevaan kesäpaikkaan oli saatavilla. Työn tekeminen alkoi tutustumalla kohteeseen ja selvittämällä kohteen käyttötarpeita tarkemmin. Lähempään tarkasteluun valittiin perinteinen suorasähköjärjestelmä, sekä omavarainen uusiutuvia energialähteitä hyödyntävä hybridijärjestelmä. Molempien järjestelmien toimintaan tutustuttiin tarkemmin ja niiden välittömät rakennuskustannukset, sekä huolto- ja ylläpitokustannukset selvitettiin.

Laskelmista selvisi suorasähköjärjestelmän huomattavasti korkeampi hankintahinta verrattuna hybridijärjestelmään. Jos haluaa toteuttaa kattavan sähköistysratkaisun suorasähköliittymällä täytyy varautua noin kaksinkertaisiin kustannuksiin verrattuna hybridijärjestelmään. Myös tulevaisuuden kustannukset ovat tutkimuksen mukaan huomattavasti korkeammat suorasähköjärjestelmässä. Suorasähköjärjestelmässä tulevaisuuden kustannukset muodostuvat pääasiassa sähköliittymän kuukausimaksuista ja kulutetun sähköenergian määrästä. Järjestelmän sähkökalusteet ja laitteet eivät juurikaan huoltoa vaadi lukuun ottamatta mahdollisesti rikkoutuvia lamppeja. Hybridijärjestelmässä on enemmän huoltoa vaativia laitteita kuin suorasähkössä, mutta silti tulevaisuuden huolto- ja ylläpitokustannukset jäävät huomattavasti alhaisemmiksi. Tähän vaikuttaa se, että useat huoltotoimenpiteet liittyvät laitteiden ulkoiseen puhtauteen ja ovat järjestelmän omistajan itse tehtävissä. Laskelmien mukaan hybridijärjestelmä on siis huomattavasti halvempi sähköistysratkaisu niin rakennuskustannuksiltaan, kuin tulevaisuuden kustannuksilta.

Työn kohteena olleeseen kesäpaikkaan on alustavasti valittu rakennettavaksi suorasähköjärjestelmä. Päätös suorasähköjärjestelmän rakentamisesta syntyi tutkimuksen perusteella. Suorasähkön valintaan vaikuttaneita tekijöitä olivat järjestelmän helppo saatavuus, järjestelmän rakentajan helppo löytäminen, sähkön saannin luotettavuus, järjestelmän kapasiteetin riittäminen kaikissa tilanteissa, sekä lähes rajattomat laajenemismahdollisuudet tulevaisuudessa. Vaikka hybridijärjestelmä olisi ollut huomattavasti halvempi, ei sitä valittu sen epävarmuustekijöiden takia. Näitä oli ainakin sähkön tuoton riittävyys kaikissa olosuhteissa, järjestelmän rajalliset käyttömahdollisuudet

sähköntuoton kannalta optimaalisillakin keleillä, sekä järjestelmän riittävät laajen-
nusmahdollisuudet tulevaisuudessa.

Työn suunnitteluvaiheessa työlle asetetut tavoitteet pysyivät samoina koko projektin
ajan ja halutut asiat saatiin selvitettyä. Työn aiheena olleista sähköjärjestelmistä suo-
rasähkö oli itselleni entuudestaan tuttu, mutta senkin kertaaminen teki hyvää. Hybridi-
järjestelmä taas oli itselleni täysin tuntematon, joten sen suunnittelu ja siihen tarkempi
tutustuminen oli erittäin hyvä ja opettavainen kokemus. Kaiken kaikkiaan projekti
meni suunnitelmien mukaan ja asetettuihin tavoitteisiin päästiin.

Lähteet

/1/ Mökkibarometri 2009. WWW-dokumentti.

http://www.tem.fi/saaristo?102776_m=102787.

Ei päivitystietoa. Luettu 30.3.2012

/2/ Energiamarkkinavirasto. WWW-dokumentti.

<http://www.energiamarkkinavirasto.fi/data.asp?articleid=10>

5&pgid=38&languageid=246

Ei päivitystietoa. Luettu 2.3.2012

/3/ Energiamarkkinavirasto. WWW-dokumentti.

<http://www.energiamarkkinavirasto.fi/data.asp?articleid=201&pgid=39>

Ei päivitystietoa. Luettu 14.2.2012.

/4/ Suur-Savon Sähkö. WWW-dokumentti.

<http://www.digipaper.fi/suursavonsahko/78998/>

Ei päivitystietoa. Luettu 23.2.2012

/5/ Tampereen teknillinen yliopisto. Opintomateriaali: Energian varastointi ja uudet energialähteet. Luentorunko, syksy 2010.

/6/ Motiva, Energiansäästön palvelukeskus. WWW-dokumentti. www.motiva.fi

Päivitetty 2011. Luettu 24.2.2012.

/7/ Tuulivoimayhdistys. WWW-dokumentti.

<http://www.tuulivoimayhdistys.fi/tuulivoima>

Ei päivitystietoa. Luettu 7.3.2012.

/8/ Aurinkoteknillinen yhdistys. WWW-dokumentti.

<http://www.aurinkoteknillinenyhdistys.fi/liite/aopas.pdf>

Ei päivitystietoa. Luettu 24.3.2012.

/9/ Aurinkoenergiaopas. WWW-dokumentti.

<http://www.aurinkoenergiaa.fi/Info/23/aurinkoenergia>
päivitetty 2009. Luettu 16.1.2012.

/10/ Aurinkoenergia. WWW-dokumentti.

<http://www.aurinkoenergiaa.fi/Info/154/aurinkoenergian-historia>
Ei päivitystietoa. Luettu 1.2.2012.

/11/ Genergia. WWW-dokumentti.

<http://www.genergia.fi/>
Ei päivitystietoa. luettu 20.2.2012

/12/ Kandidaatintyö, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, LUT energia, Juho Montonen. Aurinkosähkötekniikan tilannekatsaus 2011.

/13/ Aurinkoenergia. WWW-dokumentti.

<http://www.aurinkoenergiaa.fi/Info/24/aurinkokerain>
Ei päivitystietoa. Luettu 1.2.2012

/14/ Merinova. Sähköinen PDF-dokumentti.

http://www.merinova.fi/tiedostopankki/Eklund_224.pdf
Ei päivitystietoa. Luettu 24.3.2012.

/15/ WPE300W Tekniset tiedot. Sähköinen PDF-dokumentti.

http://www.tuulivoimala.com/links/WPE300W_tekniset_tiedot.pdf
Päivitetty 2010. Luettu 16.3.2012.

/16/ Thermosun. WWW.dokumentti.

<http://www.thermosun.fi/aurinkopaneelit>
Päivitetty 2012. Luettu 11.3.2012.

/17/ Tuulivoimalat. Sähköinen PDF-dokumentti.

http://www.tuulivoimala.com/links/WPH300W_esite.pdf
Ei päivitystietoa. Luettu 19.3.2012.

/18/ Eurosolar. WWW-dokumentti.

WWW.Eurosolar.fi

Päivitetty 2011. Luettu 17.2.2012.

/19/ 3D Windservices. WWW-dokumentti.

<http://www.3dws.fi/palvelut/tuulivoimaloiden-huoltotoimenpiteet>

Ei päivitystietoa. Luettu 11.2.2012.

LIITTEET

LIITE 1. Kustannuslaskelmat - Päärakennus

LIITE 2. Kustannuslaskelmat - Saunamökki ja aitta

LIITE 3. Kustannuslaskelmat - Keskukset, kaapeloinnit ja yhteenveto

LIITE 4. Kustannuslaskelmat - Hybridijärjestelmä

LIITE 5. Sähkösuunnitelma - Päärakennus

LIITE 6. Sähkösuunnitelma - Saunamökki

LIITE 7. Sähkösuunnitelma - Aitta / liiteri

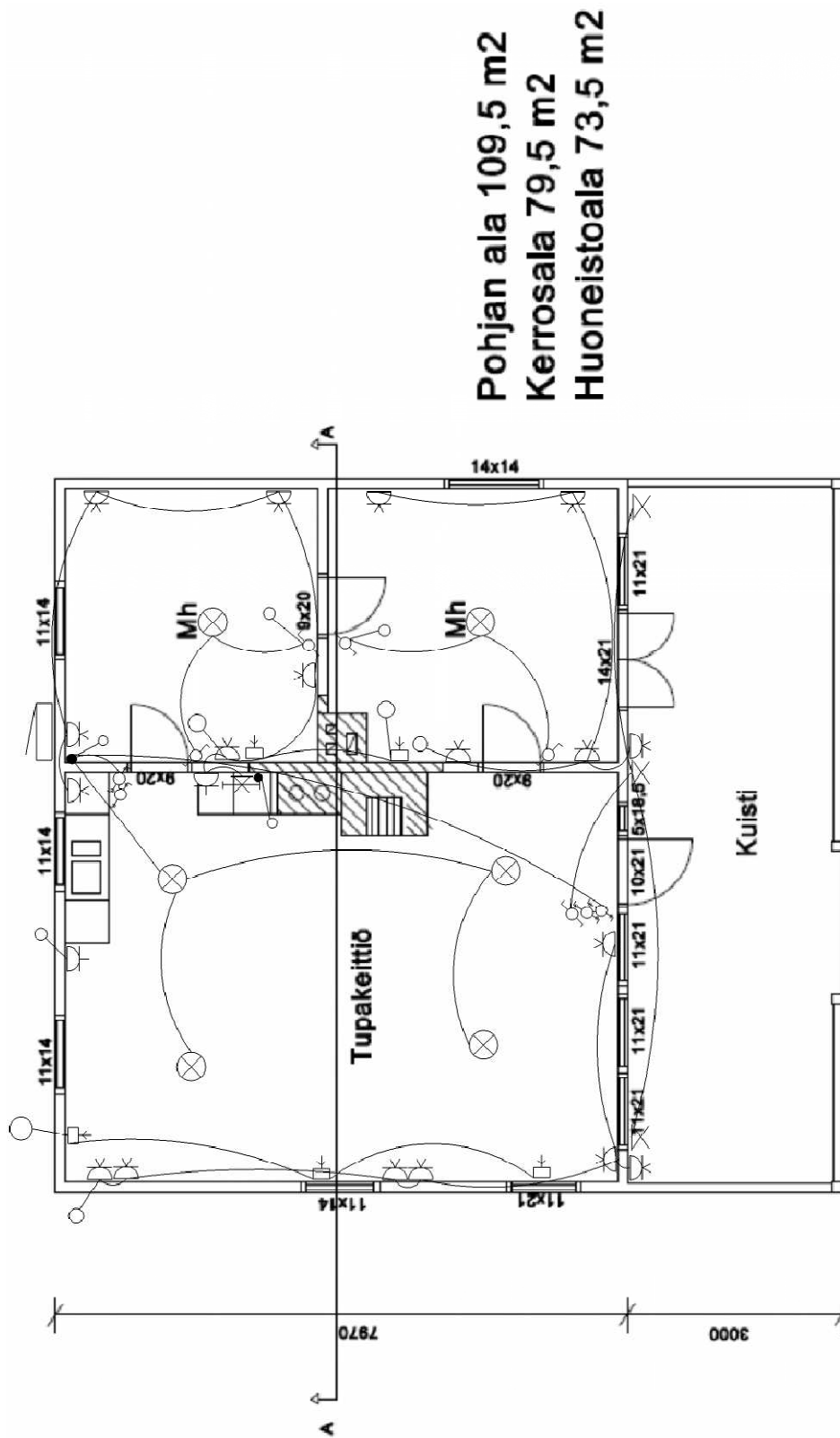
LIITE 8. Sähkösuunnitelma - Asemakuva

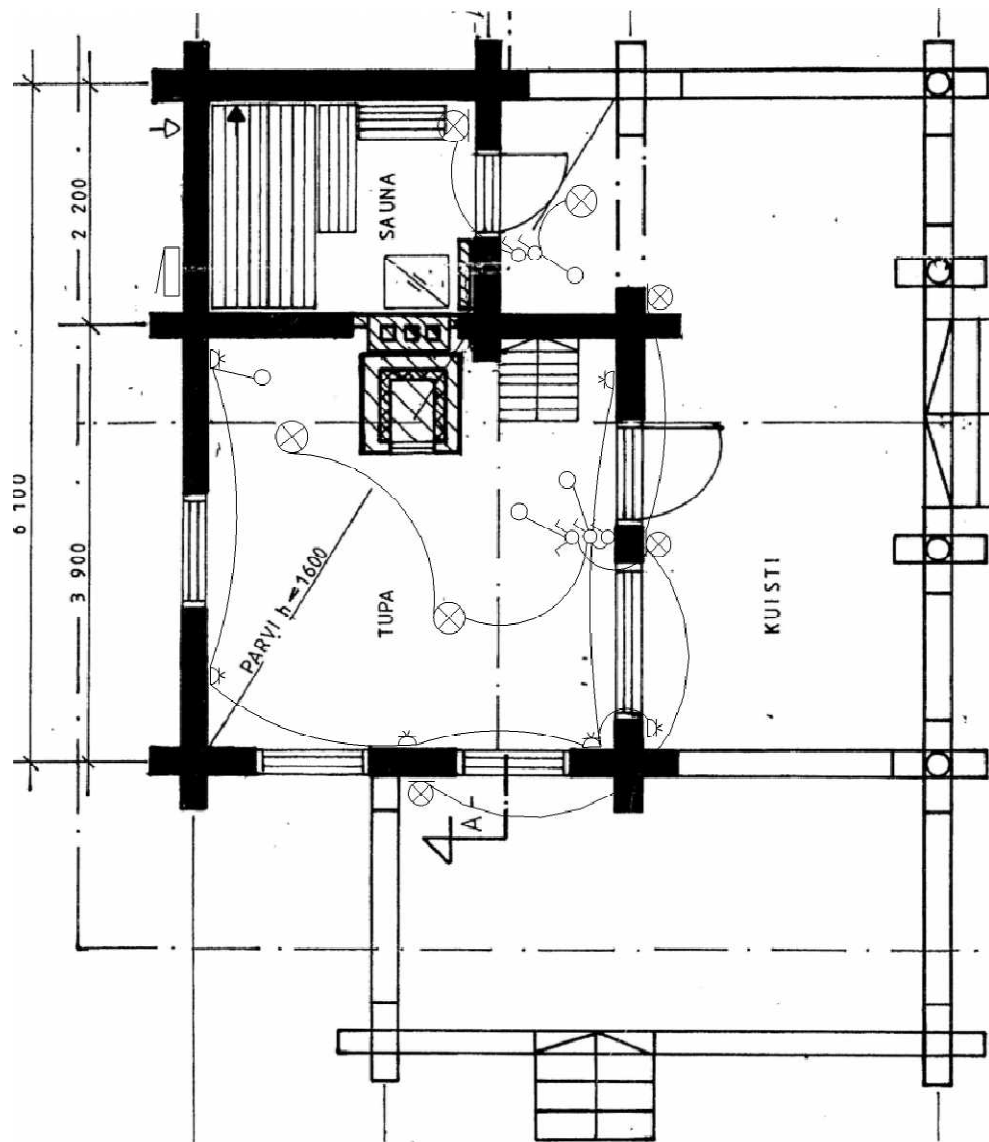
Kustannuslaskelmat - Suorasähkö						
Päärakennus						
<u>Tarvikkeet:</u>	<u>Kpl</u>	<u>Sähkönumero</u>	<u>Hinta</u>	<u>yht.</u>		
2-Osainen pistorasia Jussi, 2S/16A/IP21 PPJ HL VAL	18	2406578	8,5	153		
2-Osainen pistorasia Kosti, 2S/16A/IP55 PPJ 1X VAL	3	2406577	13,9	41,7		
6-kytkin Pinta Jussi, 6/16AX/250V/IP21 PPJ 2X VAL	4	2006525	6,7	26,8		
5-Kytkin Pinta jussi, 5/16AX/250V/IP21 PPJ 2X VAL	2	2006524	9,5	19		
6+6- Kytkin Elko, Kytkin 6+6 PA J IP21	4	2004758	12,5	50		
Valaisinpistorasia AKK 13 J	6	1152513	5,5	33		
Korotusrengas AKL 2	6	1152530	0,9	5,4		
1-Osainen pistorasia Jussi, 1S/16A/IP21 PPJ OX VAL	2	2406131	6	12		
Rasialiitin, 2273-203 3-napainen, Wago	30	1927303	0,14	4,2		
Rasialiitin, 2273-205 5-napainen, Wago	35	1927305	0,19	6,65		
Rasialiitin, 2273-208 8-napainen, Wago	10	1927308	0,35	3,5		
Jakorasia AP 9, Pinnallinen, 86x86mm,VAL, IP65	15	1612509	2,25	33,75		
Suojaputki, TAM 20	65	1102407	0,6	39		
Antennirasia, Televes päättyvä 1dB TV/R	5	7551939	4,4	22		
Keittiövalaisin, 2-os. Pistorasiolla + kytkin	1	4160252	30	30		
			yht.	480		
<u>Kaapelointi:</u>	<u>Metrit</u>	<u>Sähkönumero</u>	<u>Hinta</u>	<u>yht.</u>		
Asennuskaapeli Draka, MMJ 3x1,5S	50	0406752	0,8	40		
Asennuskaapeli Draka, MMJ 3x1,5N	4	0406422	1,05	4,2		
Asennuskaapeli Draka, MMJ 5x1,5S	38	0406742	1,3	49,4		
Asennuskaapeli Draka, MMJ 3x2,5S	72	0406723	1,3	93,6		
Asennuskaapeli Draka, MMJ 5x2,5S	7	0406943	2	14		
Ohjauskaapeli Draka, MMO 7x1,5S	18	0412022	2,15	38,7		
Antennikaapeli Draka MNC, Tellu 7	30	0232187	0,5	15		
			yht.	254,9		

Saunamökki						
Tarvikkeet:	Kpl	Sähkönumero	Hinta	yht.		
2-Osainen pistorasia Jussi, 2S/16A/IP21 PPJ HL VAL	7	2406578	8,5	59,5		
1-Osainen pistorasia Jussi, 1S/16A/IP21 PPJ 0X VAL	1	2406131	6	6		
Keittiövalaisin, 2-os. Pistorasialla + kytkin	1	4160252	30	30		
Valaisinpistorasia AKK 13 J	2	1152513	5,5	11		
Korotusrengas AKL 2	2	1152530	0,9	1,8		
2-Osainen pistorasia Kosti, 2S/16A/IP55 PPJ 1X VAL	1	2406577	13,9	13,9		
6-kytkin Pinta Jussi, 6/16AX/250V/IP21 PPJ 2X VAL	5	2006525	6,7	33,5		
5-Kytkin Pinta jussi, 5/16AX/250V/IP21 PPJ 2X VAL	2	2006524	9,5	19		
Jakorasia AP 9, Pinnallinen, 86x86mm,VAL, IP65	5	1612509	2,25	11,25		
Rasialiitin, 2273-203 3-napainen, Wago	8	1927303	0,14	1,12		
Rasialiitin, 2273-205 5-napainen, Wago	12	1927305	0,19	2,28		
			yht.	189,35		
Kaapelointi:	Metrit	Sähkönumero	Hinta	yht.		
Asennuskaapeli Draka, MMJ 3x1,5S	40	0406752	0,8	32		
Asennuskaapeli Draka, MMJ 3x2,5S	30	0406723	1,3	39		
Asennuskaapeli Draka, MMJ 3x1,5N	10	0406422	1,05	10,5		
Asennuskaapeli Draka, MMJ 5x1,5S	8	0406742	1,3	10,4		
			yht.	91,9		
Aitta / Varasto						
Tarvikkeet:	Kpl	Sähkönumero	Hinta	yht.		
2-Osainen pistorasia Jussi, 2S/16A/IP21 PPJ HL VAL	3	2406578	8,5	25,5		
2-Osainen pistorasia Kosti, 2S/16A/IP55 PPJ 1X VAL	1	2406577	13,9	13,9		
Jakorasia AP 9, Pinnallinen, 86x86mm,VAL, IP65	4	1612509	2,25	9		
Valaisinpistorasia AKK 13 J	2	1152513	5,5	11		
Korotusrengas AKL 2	2	1152530	0,9	1,8		
6-kytkin Pinta Jussi, 6/16AX/250V/IP21 PPJ 2X VAL	2	2006525	6,7	13,4		
Liiketunnistin, RC-plus 230 next IP54 va Luxomat	1	2603001	35	35		
Ensto valaisin AVR 20, 1x60W A60/E27 230V	1	4117033	25	25		
Rasialiitin, 2273-203 3-napainen, Wago	6	1927303	0,14	0,84		
Rasialiitin, 2273-205 5-napainen, Wago	6	1927305	0,19	1,14		
			yht.	136,58		
Kaapelointi:	Metrit	Sähkönumero	Hinta	yht.		
Asennuskaapeli Draka, MMJ 3x2,5S	11	0406723	1,3	14,3		
Asennuskaapeli Draka, MMJ 3x1,5S	22	0406752	0,8	17,6		
			yht.	31,9		

Pääkeskus ja ryhmäkeskus						
Tarvikkeet:	kpl	sähkönumero	hinta	yht.		
Mittauskeskus EVE 50,00	1	3428025	310	310		
Johdonsuojakatkaisija C.EKEC 61.10	4	3236460	3,5	14		
Johdonsuojakatkaisija C.EKEC 61.16	4	3236466	3,5	14		
Johdonsuojakatkaisija C16 Ge + VV	5	3236469	15	75		
Asennuskaapeli MK6 musta	5		1,1	5,5		
Asennuskaapeli MK6 Sininen	2		1,1	2,2		
Asennuskaapeli MK6 Kevi	2		1,41	2,82		
Asennuskotelo ip 54 24 Mod. Paikkaa	1		45	45		
Kuparijohdin ONNLINE, HK-16 25m	2		48	96		
Kaapelinsuojakouru	1		9	9		
Kohokiinnike	8		1,5	12		
			yht.	585,52		
Rakennusten ulkopuoliset laitteet ja kaapeloinnit						
kpl	Sähkönumero	hinta	yht.			
Pääkeskuksen syöttö amcmk 3x35AL +Cu 16 1KV	40	622359	6,5	260		
Mökkien välinen syöttö mcmk 4x6+6 Cu	25		5	125		
Maakaapeli mcmk 2x1,5+1,5	60		1,28	76,8		
Maakaapeli mcmk 2x2,5+2,5	20		1,65	33		
Ilmalämpöpumppu + asennus (päärakennus)	1		2000	2000		
			yht.	2494,8		
Suur-Savon Sähköltä saadussa tarjouksessa liittymän hinta + kytkeminen.			Yht.	6510		
Suorasähköjärjestelmän tarvikkeiden kokonaiskustannukset			yht.	4264,95		
Suorasähköjärjestelmän kokonaiskustannukset ilman asennustyötä			Yht.	10774,95		

Hybridijärjestelmän Kustannus laskelmat			
Hybridijärjestelmän kustannuslaskelmissa käytettiin samoja sähkökuvia ja tarvike määriä, kuin suorasähköjärjestelmässä, pois luettuna pääkeskuksen liittymiskaapeli.			
Hybridijärjestelmän tarvikekustannukset ilman liittymiskaapelia.			Yht. 2004,95
2000 euron tarvikekustannuksien lisäksi tuli vielä sähköntuottojärjestelmien kustannukset.			
	Kpl	Hinta	Yht.
Pientuulivoimala WPE300W + masto	1	990	990
Aurinkopaneeli - SR135 W Monikidepaneeli	1	380	380
Hybridi Lataussäädin WPH 300W	1	300	300
Laturi-invertteri Phoenix multiplus 12/2000/80	1	1450	1450
Akusto, AGM Deep Cycle 165 Ah	2	350	700
Asennuskaapeli paketti A1	1	150	150
		yht.	3970
Hybridijärjestelmän kokonaiskustannukset ilman asennustyötä:			5974,95





Aitta / liiteri

