



Loma-asuntojen energiatehokkuus ja sähköistys aurinkoenergialla

Juhani Haukioja

Opinnäytetyö
Toukokuu 2011
Sähkötekniikankoulutusohjelma
Talotekniikan
suuntautumisvaihtoehto
Tampereen ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Talotekniikan suuntautumisvaihtoehto

HAUKIOJA, JUHANI: Loma-asuntojen energiatehokkuus ja sähköistys aurinkoenergialla

Opinnäytetyön valvoja: Pirkko Harsia
Opinnäytetyö 36 s. liitteet 3 s.
päivämäärä 17.05.2011

Tässä työssä tarkastellaan loma-asuntojen energiatehokkuutta ja selvitetään millaisia energiankuluttajia loma-asunnot ovat. Työssä perehdytään loma-asuntojen lämmityksen, jäähdytyksen ja sähköenergian energiatehokkuuteen sekä esitellään vuonna 2012 voimaan tulevat uudet energiatehokkuus vaatimukset. Tavoitteena on koota tietoa miten mitoittaa ja suunnitella omavarainen sähköjärjestelmä loma-asuntoon. Lisäksi työssä käydään läpi, kuka saa suorittaa asennuksia.

Työssä mitoitetaan kesämökkiin aurinkoenergialla energiatehokas sähköjärjestelmä sekä kerrotaan, miten valikoida sähkölaitteet siten, että energiankulutus pidetään mahdollisimman pienenä. Työssä esitellään myös erilaisia vaihtoehtoja omavaraisen sähköjärjestelmän luomiseen.

Työssä onnistuttiin suunnittelemaan omavarainen sähköjärjestelmä mökkiin, joka on viikonloppuisin käytössä. Järjestelmän tuotantokapasiteetti riittää kattamaan keskikesällä myös pitempiäkin vierailuja.

Asiasanat: energiatehokkuus, loma-asunto, mökki, aurinkoenergia, tuulienergia

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences

HAUKIOJA, JUHANI: energy efficiency of vacation residences and electrifying with solar power
Graduating thesis 36 pages, appendices 3 pages
June 2011

The aim of this thesis was to examine energy efficiency of vacation residences and find out what kind of energy consumers are they. This thesis takes a look of heating, cooling and electric efficiency and introduces upcoming energy efficiency regulations of 2012. Goal is to gather information how to plan self-sufficient electric system to a vacation residence. In addition thesis goes through who is qualified to do installations in these kind of systems.

This thesis shows how to plan efficient solar powered electric system and tells how to pick electric appliances so the energy consumption would be low as possible. Thesis also introduces different ways how to make stand-alone electric system.

Thesis succeeds to plan stand-alone electric system to a summer cottage which is used in weekends. In midsummer producing capacity of this system is enough to cover even longer periods than weekends.

Keywords: energy efficiency, vacation residence, cottage, solar power, wind power,

SISÄLTÖ

1. JOHDANTO	5
1.1 Tilastotietoa Suomen loma-asunnoista.....	5
2 ENERGIATEHOKKUUS.....	6
2.2 Lämmityksen energiatehokkuus loma-asunnossa.....	7
2.3 Jäähdytyksen energiatehokkuus loma-asunnossa	9
2.4 Sähköenergian energiatehokkuus loma-asunnossa	9
3 ENERGIANTUOTANTO LOMA-ASUNNOISSA	11
3.1 Aurinkoenergia	11
3.2 Tuulienergia.....	15
3.3 Hybridijärjestelmä	17
4 OMAN SÄHKÖNTUOTANNON OMAAVIEN RAKENNUSTEN SÄHKÖASENNUKSET.....	19
5 ENERGIAN TARPEIDEN MITOITUS AURINKOENERGIALLA	20
5.1 Aurinkopaneelien ja akuston mitoitus	20
5.2 Inverttereiden ja lataussäätimen mitoitus.....	22
5.3 Kaapeleiden mitoitus	22
6 ENERGIAN TARPEIDEN MITOITUS AURINKOENERGIALLA KOHTEESSA .	24
6.1 Kohteen esittely	24
6.2 Sähkölaitteiden valinta.....	25
6.2.2 Sähkölaitteet.....	27
6.3 Energian tarpeiden mitoitus	28
6.4 Aurinkokennojen ja akuston valinta	29
6.5 Inverttereiden ja lataussäätimien valinta.....	30
6.7 Valitut laitteet ja laajennus mahdollisuudet.....	33
7 TONTIN SUUNNITTELU	35
8 TYÖN JOHTOPÄÄTÖKSET.....	36

1. JOHDANTO

Työn tarkoituksena on tarkastella loma-asuntojen energiatehokkuutta ja selvittää millaisia energiankuluttajia loma-asunnot. Työssä on tavoitteena suunnitella kesämökille aurinkoenergiaa käyttävä energiatehokas sähköjärjestelmä, sekä pohditaan energiatehokkaan mökin sähkölaitteiden vaikutusta energiankulutukseen.

Energiatehokkuudesta on myös ympäristöministeriön puolesta määritetty vaatimukset, jotka työssä esitetään. Vuonna 2012 astuvat voimaan uudet energiatehokkuusvaatimukset, joiden myötä siirrytään kokonaisenergiankulutuksen tarkkailuun. Kokonaisenergian tarkkailussa käytetään E-lukua, jonka käyttöä työssä opastetaan. Työssä selvitetään myös sähköasennuksiin kohdistuvia lainsäädäntöjä.

Termillä loma-asunto tarkoitetaan tässä työssä ihmisen toista kotia tai asuntoa, joka yleensä on mökki, huvila lomamaja tai muu asunto, jota käyttävät asunnon omistavaan kotitalouteen kuuluvat matkailijat. (Eur-lex.eu /27/)

1.1 Tilastotietoa Suomen loma-asunnoista

Suomessa on tilaston mukaan ollut vuonna 2009 yhteensä 485 100 loma-asuntoa. Vuonna 2010 ympäristöministeriön ja Työtehoseuran teki tutkimuksen, jonka mukaan loma-asuntojen sähkönkulutuksen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt olivat noin 0,25 miljoonaa tonnia, mikä vastaa noin viittä prosenttia kotitalouksien päästöistä. Suomessa rakennetaan vuosittain noin 4000 uutta mökkiä sekä noin 3000 mökkiä peruskorjataan tai uudelleenrakennetaan. (tilastokeskus /1/, sähköala.fi /2/)

2 ENERGIATEHOKKUUS

Energiatehokkuudella mitataan, kuinka paljon energiaa kuluu tuoteyksikköä tai tiettyä palvelua kohti. Energiatehokkuus rakennuksissa määritetään siten, että lasketaan energian kulutus rakennuskuutiota kohden (kWh/m^3) tai rakennusneliötä (kWh/m^2) kohden tietyllä aikavälillä. Energiatehokkuuden tarkastelu rakennuksessa jakautuu pääosin rakennuksen lämmitysenergiaan, jäähdytysenergiaan sekä sähköenergiaan. Keskeisimpinä tekijöitä energiatehokkaassa rakennuksessa ovat

-hyvä tai määräyksiä parempi lämmöneristys

-energiatehokkaat ikkunat

-Ilmanpitävät rakenteet

-koneellinen ilmanvaihto tehokkaalla lämmöntalteenotolla

-energiatehokkaat sähkölaitteet ja valaistusjärjestelmä

(LVI-tekniset urakoitsijat /3/, VTT energiatehokas rakentaminen /4/)

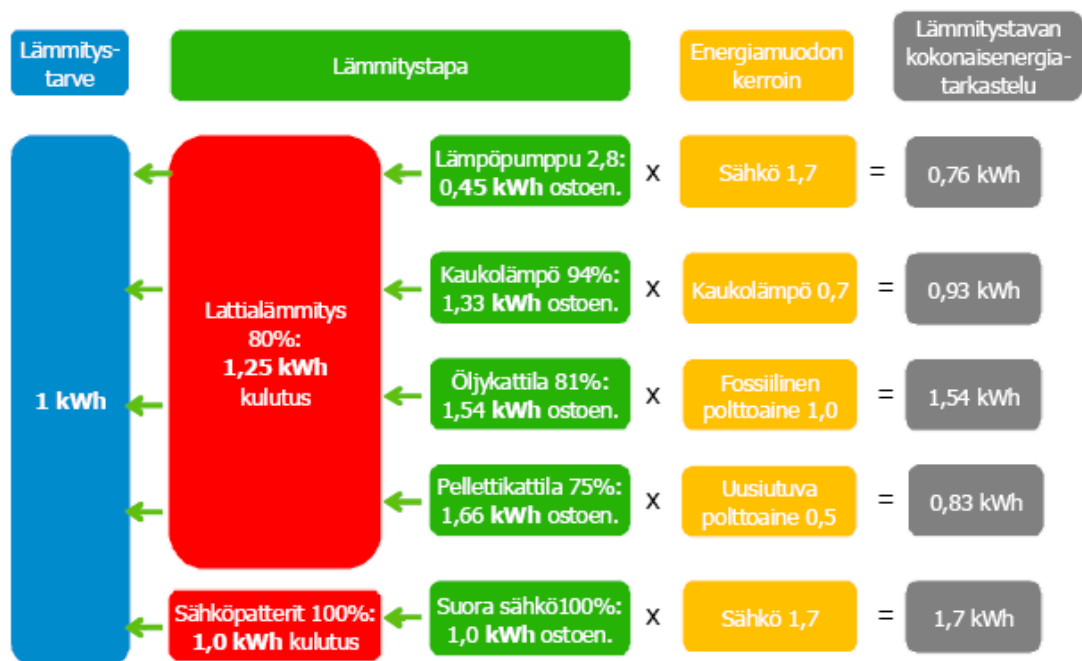
2.1 Energiatehokkuus vaatimukset

Ympäristöministeriö asetti uudet rakennusten energiatehokkuus määräykset 22.12.2008, jotka tulivat voimaan 1.1.2010. Energiatehokkuus vaatimukset vaikuttavat rakennuksen eristykseen, sisäilmanvaihtoon sekä rakennuksen energian tarpeeseen. Määräyksissä energiankulutuksen yleistä tasoa kiristettiin noin 30 prosentilla. Erityiseen huomioon nousi eristyspaksuuden nosto, jonka myötä lämmönläpäisyarvot laskevat huomattavasti. Energiatehokkuus vaatimukset koskevat vain talviasuttavia loma-asuntoja.

1.7.2012 astuvat voimaan uudet energiatehokkuusvaatimukset, jotka koskevat vain uudisrakentamista. Määräyksissä kiristetään energian kulutusta keskimäärin noin 20 prosenttia 2010 energiatehokkuus määräysten tasoon verrattuna. Uusien määräysten myötä siirrytään myös kokonaisenergian tarkasteluun, jossa otetaan huomioon myös luonnonvarojen kulutus. Siten kulutuksen määrittämiseksi tarvitaan tapa, jolla voidaan laskea yhteen eri energianlähteistä peräisin oleva energia kokonaisenergiankulutukseksi. Tällaisen energiankulutuksen tarkkailuun on kehitetty E-luku, joka lasketaan kertomalla rakennukseen ostettu energia energiamuodon kertoimella. Hirsirakenteiset loma-asunnot saavat E-lukua alentavan kertoimen, niiden luontoystävällisemmän rakennusmateriaalin takia. (muistio rakentamismääräyskokoelmasta /5/)

E-luku = rakennukseen ostettu energia * energiamuodon kerroin

Energiamuodon kerroin kertoo, kuinka paljon tietty energiamuoto käyttää luonnonvarjoja verrattuna siihen, kunka paljon siitä saadaan energiaa käyttöön. Esimerkiksi kuvassa 1 on laskettu lämmityksen kokonaisenergia kiinteistölle, jonka lämmitysenergian tarve on 1 kWh. Kuvasta voidaan havaita, että hyvällä hyötysuhteella toimiva lämmityslaitteisto ei tarkoita sitä, että E-luvusta tulisi pienempi.



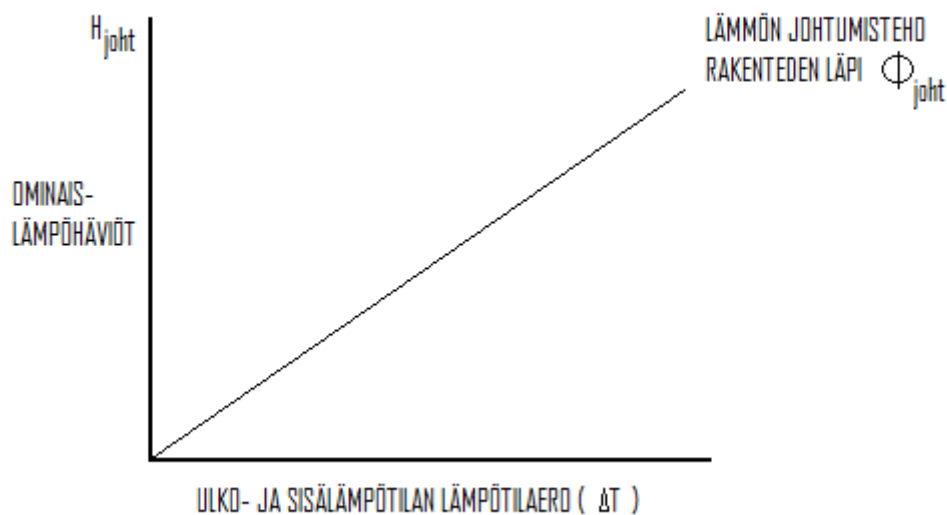
Kuva 1. esimerkki lämmitystapojen vaikutuksesta E-luvun laskemisessa.
(muistio rakentamismääräyskokoelmasta /5/)

2.2 Lämmityksen energiatehokkuus loma-asunnossa

Lämmitysenergia kattaa kaiken kiinteistön lämmitykseen tarkoitetun energian. Energian lähteenä voi olla esimerkiksi sähkö, öljy tai puu. Lämmitysenergian energiatehokkuuteen yritetään pääasiassa vaikuttaa vuotoilmaa rajoittamalla ja hyötysuhteeltaan hyvällä lämmitysjärjestelmällä.

Mökeissä, joissa ei ole vesijohtoverkostoja tai vesijohtoverkostot on tyhjennettävissä sekä mökeissä, joita käytetään vain satunnaisesti talviaikaan, ei tarvitse olla talvella lämmitystä. Tämä on energiakustannuksiltaan taloudellisin vaihtoehto. Jos mökki on

rakennettu talvikäyttöä varten tai mökissä vaaditaan talvikaudella lämmityksen ylläpitoa, on sen täytettävä rakennusajankohtana vallitsevat energiatehokkuusvaatimukset. Suuria energian kuluttajina ovat talviaikana lämmitettävät loma-asunnot, joissa pyritään pitämään 10-15 C° peruslämpöä. Loma-asunnoissa ylläpidetään peruslämpöä, jotta vesijohtoverkosto pysyy sulana ja huoneisto kuivana. Tällaisen mökin sähköenergian kulutus on huomattavasti suurempi kuin mökin, jossa peruslämpöä ei tarvitse ylläpitää talvella. Lämmön johtumisteho rakenteiden läpi nousee suhteessa ulko- ja sisälämpötilaeroon, kuten kuvasta 2 voidaan havaita. Rakennuksen ominaislämpöhäviö on vakio, joka määrittää kiinteistön seinä-, katto- ja lattiapintojen lämmöneristyksen.



Kuva 2. Kuvaaja lämpötilaeron vaikutuksesta lämmön johtumistehoon rakenteiden läpi.

Kuvan 2 kuvaajasta huomataan kuinka sisälämpötilan laskulla voidaan vaikuttaa mökin lämmitystehontarpeeseen. (Tasauslaskentaopas 2010 /6/) Suurin osa Suomen loma-asunnoista on kesämökkejä, jotka eivät tarvitse talviajalla lämmityksen ylläpitoa. Kesämökkejä pidetään melko energiatehokkaina, koska pelkällä sähköistyksellä mökin energiankulutus on vain noin neljäsosan talvisin lämpiminä pidettäviin mökkeihin verrattuna. (Sähköala.fi /2/)

2.3 Jäähdytyksen energiatehokkuus loma-asunnossa

Jäähdytysenergia kattaa kaiken kiinteistön jäähdyttämiseen käytetyn energian. Valtaosassa loma-asunoissa ei ole koneellista jäähdytystä. Jos loma-asuntoon rakennetaan jäähdytysjärjestelmä, on se mitoitettava siten, että se toimii hyvällä hyötysuhteella sekä huippu- että osakuormilla. Kotitalouksien jäähdytysenergian osa kokonaisenergiatarpeesta on noin 2-4 %. Tätä voidaan pitää myös hyvin lähellä todellista arvoa loma-asunnoissa. Muista laitteista johtuva lämpö kuormittaa jäähdytysjärjestelmää, joten on tärkeää hyödyntää nämä lämpökuormat mahdollisimman tehokkaasti. Toisena tekijänä on lämpöhäviöenergia, jota laskemalla saadaan laskettua jäähdytysjärjestelmän energian tarvetta. Käytännössä tämä tarkoittaa, että loma-asunto johon jäähdytysjärjestelmä asennetaan, tulee olla hyvin eristetty.

(korjaustietoa.fi /7/)

2.4 Sähköenergian energiatehokkuus loma-asunnossa

Mökkien sähkölaitteiden energiatehokkuutta voidaan kuvailla yleisesti huonona, mikä johtuu usein siitä, että mökkien sähkölaitteet ovat kodista poistettuja tuotteita. Vanha energiatehokkuudeltaan huono jääkaappi saattaa kuluttaa moninkertaisen määrän sähköä verrattuna nykyaikaiseen jääkaappiin. Jääkaapin koko tulee mitoittaa tarpeiden mukaan, sillä liian suuri jääkaappi myös lisää sähkönkulutusta. Myös jääkaapin sijoituksella on merkitystä, sillä kylmälaitetta ei tulisi asentaa lämmönlähteen viereen, kuten uunin tai lämpöpatterin viereen, eikä myöskään suoraan auringonpaisteeseen.

Kun vertaillaan valaisimen energiatehokkuutta, tarkastellaan kuinka paljon valovirtaa saadaan yhdellä watilla(lm/W). Valaisimen energiatehokkuuteen vaikuttaa kaksi päätekijää, valonlähde ja valaisimen rakenne. Eri valmistajilla on toisistaan poikkeavia arvoja valonlähteen antamalle valovirralla. Taulukkoon 1 on koottu Philipsin antamien tietojen mukaan teho ja valovirta-arvot eri lampputyypeille.

(Philips.com /25/)

Taulukko 1. Lamppujen valotehokkuus.

Lamppu	Teho /W	valovirta / Lm	Lampun Valaistustehokkuus / Lm/W
Hehkulamppu	40	415	10
Halogeeni	42	750	18
Loistelamppu	58	5240	90
Energiansäästölamppu	15	825	55
LED-lamppu	8	470	59

Loma-asuntojen valaistuksen energiatehokkuus on yleisesti heikolla tasolla. Ensinnäkin suuri osa Suomen mökeistä valaistaan valaisimilla, jotka käyttävät valonlähteenä hehkulamppua. Hehkulamput ovat energiatehokkuudeltaan kaikista valonlähteistä huonoimpia. Toisena valaistustehokkuutta laskevana tekijänä ovat loma-asuntojen seinämateriaalit. Hyvin yleisesti mökeissä käytetään seinämateriaalina puuta, joka heijastaa valoa huonommin kuin esimerkiksi vaalea maali tai tapetti. Kolmanneksi loma-asuntojen valaistuksen ohjauksessa on yleisellä tasolla puutteita. Harvassa loma-asunnossa pystytään valaistusta säätämään tarpeen mukaan.

3 ENERGIANTUOTANTO LOMA-ASUNNOISSA

Loma-asunnoissa, joissa pienvoimala on ainoa sähköenergian lähde, yritetään karsia kaikki turha sähkönkäyttö pois. Aurinkopaneelien ja pientuulivoimaloiden energian tuotto ei ole vakio. Tuulettomalla säällä tuulivoimala ei tuota yhtään energiaa ja pilvisellä säällä aurinkopaneelin tehokkuus laskee huomattavasti. Loma-asunnon lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät ovat sähköenergiantarpeiltaan suuria verrattuna pienvoimaloiden energian tuottoon. Tästä syystä loma-asunnon lämmitykseen hankitaan yleensä vaihtoehtoinen energianlähde, esimerkiksi takka tai polttoöljylämmitin.

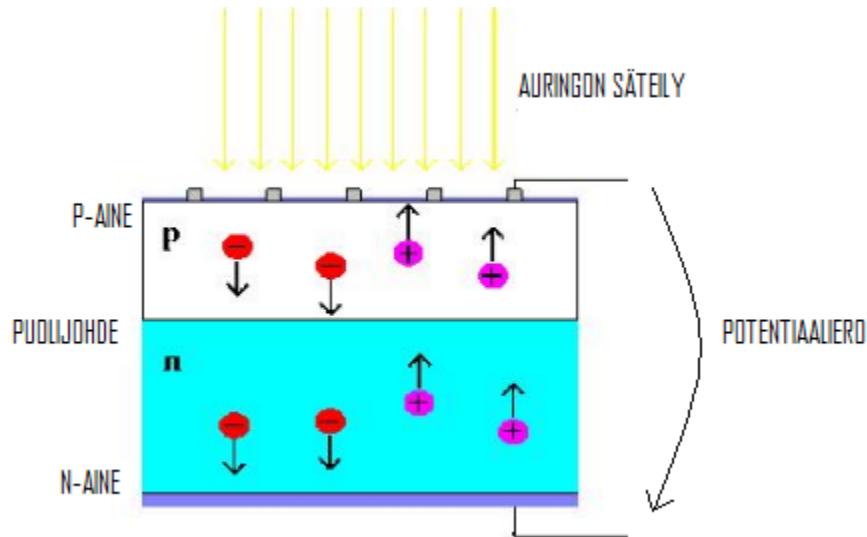
Ennen sähköjärjestelmän hankkimista mökille tulisi miettiä, mitä sähkölaitteita tarvitsee ja kuinka paljon ylipäätään aikoo viettää aikaansa mökillä. Noin 70 % Suomen loma-asunnoista on liitetty sähköverkkoon ja sähkö tulee paikalliselta sähkönjakelu yritykseltä. Sähkön tuottamiseen paikallisesti on pääasiassa kolme vaihtoehtoa. Nämä vaihtoehdot ovat aurinkoenergia, tuulienergia ja hybridijärjestelmä, joka yhdistää aurinko ja tuulienergian

(vapaa ajan asunnon energiankulutus /8/)

3.1 Aurinkoenergia

Aurinkoenergia on sähköenergiaa, jota tuotetaan aurinkopaneelilla. Aurinkopaneeli koostuu aurinkokennoista, jotka ovat puolijohdemateriaalia. Yleensä aurinkokennoissa käytetään puolijohteena pii-kiekkoja. Aurinko kennoon osuva auringon valo vapauttaa elektroneja, jotka saavat aikaan kennon P- ja N-materiaalien välille potentiaalieron.

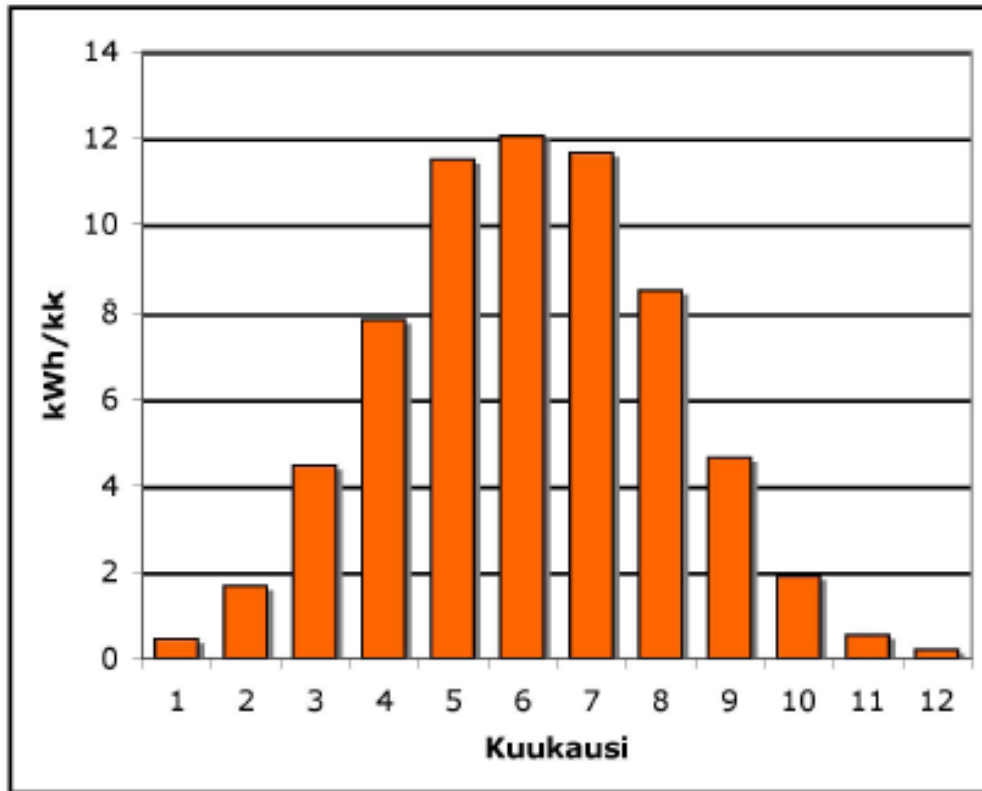
Kuvassa 3 on esitetty aurinkokennon toimintaperiaate. (New & renewable energy systems group /9/)



Kuva 3. Pii-kiekon poikkileikkaus

Kun kennoja asennetaan sarjaan tarpeeksi monta, saadaan potentiaaliero kasvamaan suuruusluokkaan, jota voidaan hyödyntää. Tämä sähköenergia voidaan käyttää suoraan kulutuslaitteella tai se voidaan varastoida akkuihin. Akkuista sähköä voidaan ottaa silloin, kun aurinkopaneelit eivät tuota tarpeeksi sähköä. Esimerkiksi yöllä tai pilvisillä ajanjaksoilla aurinkopaneelin tuotanto laskee. (New & renewable energy systems group /9/)

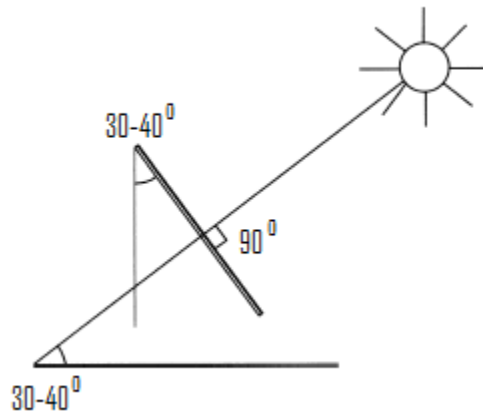
Aurinkopaneelit ovat Suomessa pääasiassa kesäajan energiantuottolaitteiteistöä, koska Suomen kylmä ilmasto laskee aurinkopaneelien hyötysuhdetta merkittävästi. Aurinkopaneelin vuotuinen keskiarvoteho Suomessa on noin 15% ilmoitetusta huipputehosta. Esimerkiksi Suomessa huipputeholtaan 125 watin aurinkopaneeli tuottaa vuodessa keskimäärin 18 wattia. Aurinkoenergia soveltuu loistavasti kesämökkien sähköistykseen, koska kesämökin käyttöaika on kesäisin, jolloin aurinkopaneelien tuotto on suurimmillaan. Kuvaan 4 on laadittu taulukko teholtaan 50 W aurinkopaneelin tuotto eri kuukausille (tkk.fi /10/)



Kuva 4. 50W paneelin tuotto eri kuukausina. (tkk.fi /10/)

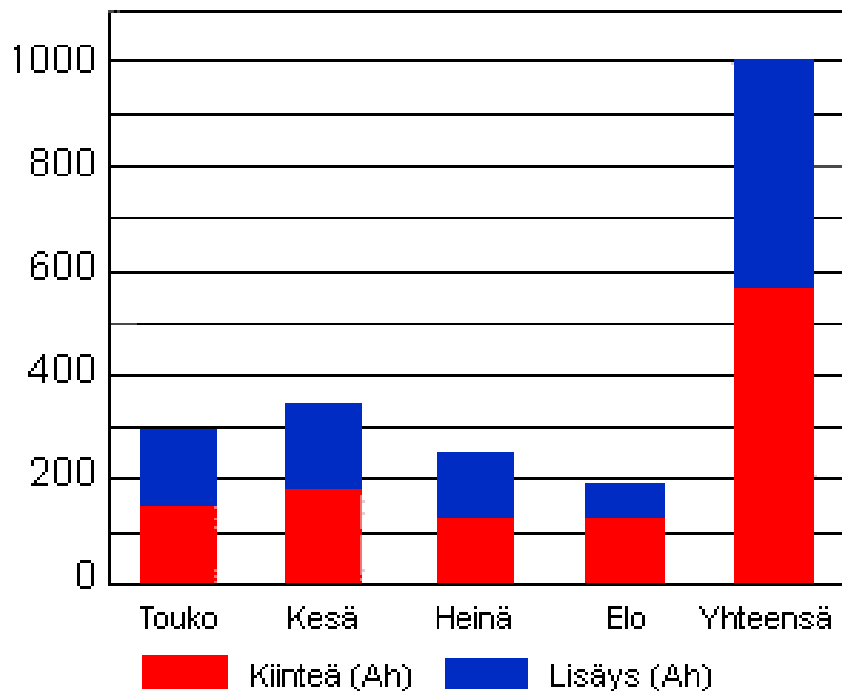
Kuvasta 4 voidaan havaita, että marras-tammikuun välinen tuotto on vain murto-osa maalisi-syyskuun tuotosta. Yhteensä vuoden aikana saadusta 65 kilowattitunnista yli 90 prosenttia saadaan maaliskuun ja syyskuun välisenä aikana. Siksi aurinkopaneeli, ympärivuotisessa käytössä olevan kiinteistön ainoa energianlähteenä Suomessa ei ole järkevä ratkaisu. Aurinkopaneeleita voidaan tosin liittää kiinteistöön, johon tulee jostain muusta energianlähteestä sähkö. Tällöin talviaikana kiinteistö on lähes täysin toisen energianlähteen varassa, mutta kesäaikana aurinkopaneeleilla voidaan huolehtia osasta kiinteistön sähkötarpeista. (tkk.fi /10/)

Aurinkopaneeleita asennettaessa on huolehdittava siitä, että aurinkopaneeli asennetaan optimaaliseen kulmaan aurinkoon nähden. Aurinkopaneelin kulma mitoitetaan siten, että aurinko paistaa kohtisuoraan aurinkokennoa kohti. Suomen olosuhteissa yleisesti käytetty kulma on 30-40°, kiinteästi asennetulle aurinkopaneelille. Kuvassa 5 on esitetty optimaalinen kulma aurinkopaneelille. Suuntaamisessa otetaan huomioon myös vertikaalinen suuntaus. Suomessa kiinteästi asennettavat paneelit asennetaan suuntaamaan kohtisuoraan etelään. Aurinkopaneelia sijoittaessa on myös muistettava, että näköyhteys aurinkoon on esteetön. Varjon muodostuminen aurinkopaneelin pinnalle laskee paneelin tehokkuutta merkittävästi.



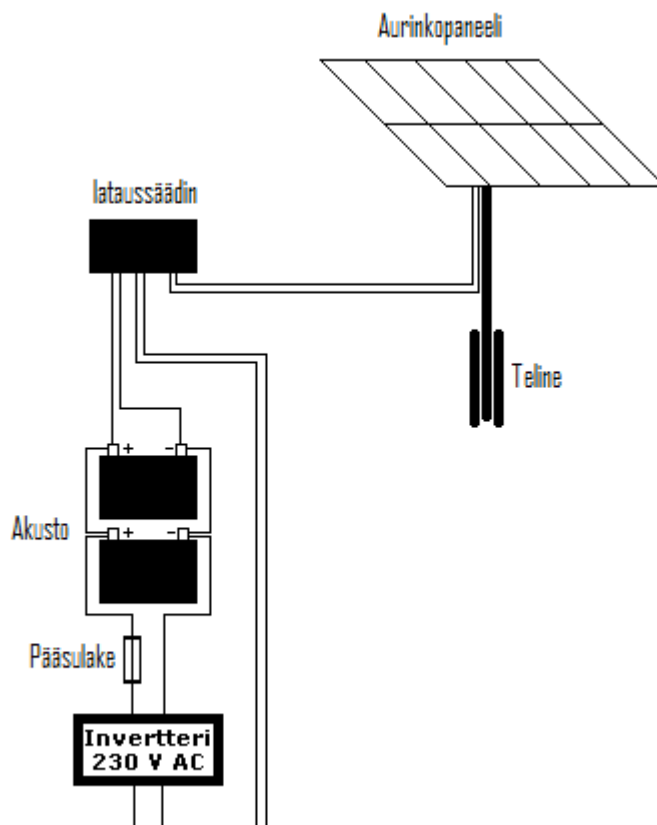
Kuva 5. Kuvassa optimaalinen kulma aurinkopaneelille

Jos paneelilla on tilaa kääntyä sen sijoituspaikalla, on markkinoilta mahdollisuus hankkia myös kääntölaitteita. Kääntölaitteet kääntävät ja kallistavat aurinkokennoa siten, että se on kokoajan kohtisuoraan aurinkoa kohden. Tampereen teknillisen yliopiston suorittaman tutkimuksen tuloksena on, että kääntölaite voi lisätä aurinkopaneelin tuottoa lähes 84%. (Tkk.fi /10/)



Kuva 6. Kääntyvän paneelin antama lisätuotto. (Tkk.fi /10/)

Aurinkovoimala tarvitsee myös muita laitteita aurinkopaneelin lisäksi toimiakseen tarpeiden mukaan. Näitä laitteita ovat lataussäädin ja akusto. Akkujen lataaminen suoraan kennolta ei ole mahdollista, koska nykyiset aurinkopaneelit antavat akun jännitettä korkeamman lähtöjännitteen. Jos akku pääsee ylilatautumaan ja napajännite nousee yli 14 voltia, akku alkaa kiehua ja luovuttaa ulkoilmaan vetykaasua. Lataussäädin pitää huolen, että akku ei ylilataudu. Lataussäätimen toinen käyttötarkoitus on jakaa sähköä suoraan 12 voltin sähkölaitteille. Invertteri ei ole pakollinen osa aurinkovoimalaa, mutta sen avulla saadaan tavallisia 230 voltin laitteita käyttöön. Kuvassa 7 aurinkovoimalan periaatekuva. (Eurosolar /13/)

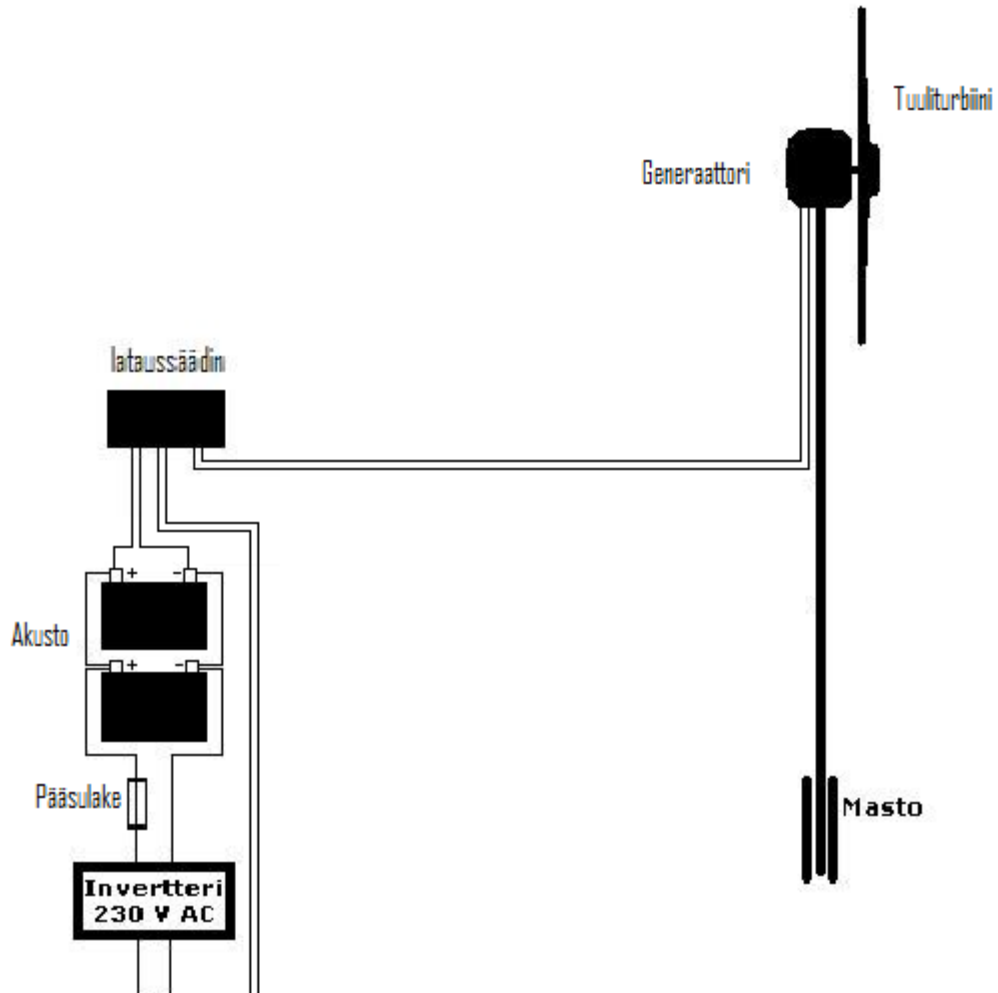


Kuva 7. Aurinkovoimalan periaatekuva.

3.2 Tuulienergia

Tuulivoimalan toiminta perustuu ilman liikkuvuuteen. Tuulen liike-energia muutetaan pyörimisliikkeeksi, tuuliturbiinin lavoilla. Tuuliturbiini pyörittää generaattoria, joka muuttaa pyörivän liike-energian sähköksi. Tässä vaiheessa sähkö on vaihtosähköä, jonka taajuus ja jännitetaso riippuu generaattorin vaihteistosta ja tehosta. Sähköenergia

johdetaan lataussäätimelle, jossa sähkö muutetaan 12 tai 24 V tasajännitteeksi. Joissain tuulivoimala malleissa voi olla integroitu säädin, jolloin jännite on jo tuulivoimalalta lähdettyään 12 tai 24 V tasajännitettä. Kuvassa 8 pientuulivoimalan periaatekuva.



Kuva 8. Pientuulivoimalan periaatekuva.

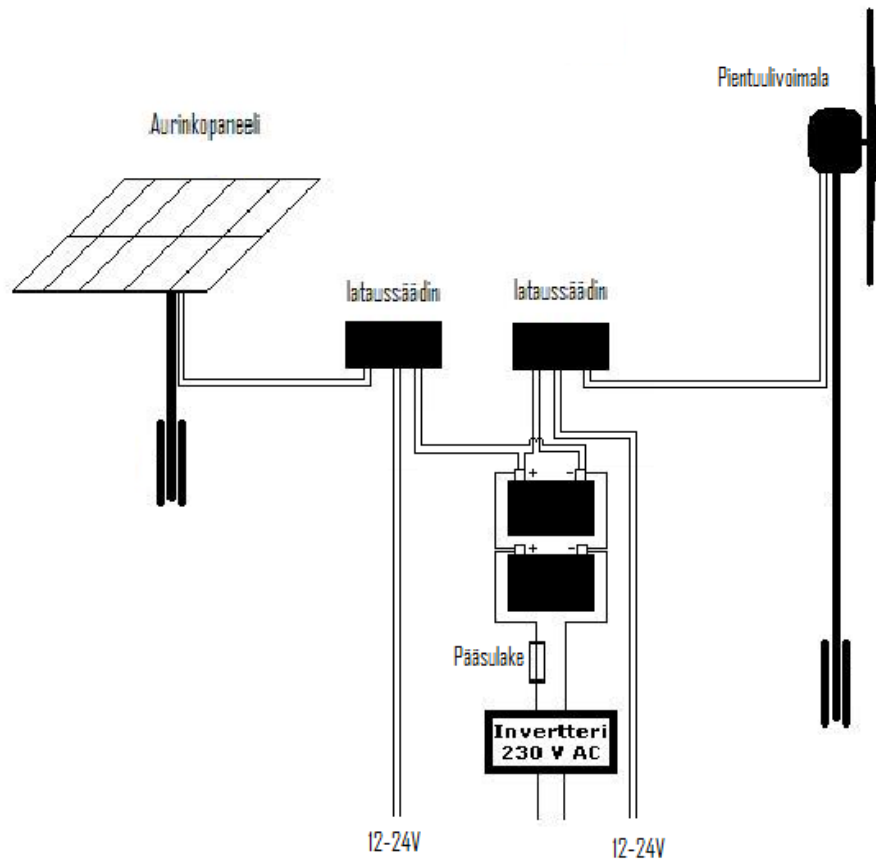
Pientuulivoimalat ovat tarkoitettu ympärivuotiseen käyttöön. Niillä sähköistetään suoraan käyttölaitteita tai varastoidaan sähköenergiaa akkuihin tuulettomia aikoja varten. Pientuulivoimala on läpivuotisessa vertailussa parempi ratkaisu kuin aurinkopaneeli, sillä se tuottaa sähköä myös talvisin. Tuulivoima on myös hinnaltaan edullisempi kuin vastaavan tehoiset aurinkopaneelit. Heikkoutena sillä on se, että tuulivoimalan energiantuotanto on täysin sidoksissa tuulennopeuteen. Jos tuuli ei jaksaa pyörittää tuuliturbiinin siipiä, ei se tuota sähköä ollenkaan. Suomen sisämaassa tuulen keskinopeus on noin 4,5-5,5m/s, joka riittää pyörittämään suurintaosaa pientuulivoimaloista. Tuulivoimala kannattaa sijoittaa korkeaan maastoon, joka avartuu

länteen. Suomessa keskiarvolta suurin osa tuulista puhaltaa lännestä. Itään päin supistuva aukea alue kerää tuulimassoja ja todennäköisyys tuulivoimalan toiminnassa kasvaa. (Wikipedia.org /11/)

Tuulivoimaloita rakennetaan kiinteistöjen käyttöön teholtaan 200 W peräti 10 kW asti. Tuulivoimalan valinta aloitetaan energian tarpeiden ja kiinteistön sijainnin vuotuisen keskituulennopeuden määrittämisestä. Vuotuisen keskituulen nopeuden tulee olla suurempi kuin tuulivoimalan käynnistystuuli. Jatkuvassa käytössä olevassa rakennuksessa tuulivoimalan arvioitu energian tuotto mitoitetaan yli energian tarpeen. Kiinteistöissä, jossa vietetään vain tiettyjä ajanjaksoja, tuulivoimalan ei tarvitse kattaa koko energian kulutusta. Tuulivoimalat varustetaan akuistoilla, jota toimivat varaenergianlähteenä, kun kiinteistö kuluttaa enemmän kuin tuulivoimala tuottaa. Akustoihin varataan energiaa silloin, kun energian tuotto on suurempi kuin kulutus. Tuulivoima on hyvä ratkaisu talviasuttavan loma-asunnon sähköistykseen. Jos tuulivoimalaa käytetään talviasunnon ainoana sähköjärjestelmänä, tulee se mitoittaa normaalia suuremmaksi, koska talviaikaan sähkön tarve on suurempi. (Tuulivoimala.com /12/)

3.3 Hybridijärjestelmä

Hybridijärjestelmä yhdistää aurinkoenergian ja tuulienergian. Hybridijärjestelmän hyviä puolia on se, että se ei ole riippuvainen vain yhdestä luonnonvarasta. Aurinkopaneeli tuottaa hyvin sähköä huhtikuusta elokuuhun asti, jonka jälkeen tuulen nopeus kasvaa ilmaston kylmettyä ja tuulivoimala tuottaa sähköä syyskuusta maaliskuuhun. Hybridijärjestelmä voidaan myös verkkoinvertterin avulla liittää loma-asuntoon joka on liitetty sähköverkkoon. Aurinkopaneeli ja pientuulivoimala toimivat erillisinä sähköntuotanto yksikköinä, jotka liitetään omiin lataussäätimiinsä. Lataussäätimiltä sähkö voidaan ohjata suoraan käyttölaitteille tai varastoida akkuihin, tuulettomia ja pilvisiä ajanjaksoja varten. Markkinoilla on myös hybridilataussäätimiä, jotka yhdistävät aurinkopaneelin ja pientuulivoimalan lataussäätimet. Kuvassa 9 hybridijärjestelmän rakennekuva erillisillä lataussäätimillä.



Kuva 9. Hybridijärjestelmän rakennekuva.

Hybridijärjestelmää mitoittaessa tärkein tieto on, kuinka paljon kiinteistöä käytetään talvisin. Jos kiinteistö on käytössä talvisin, valtaosa energian tuotosta toteutetaan tuulivoimalla ja aurinkopaneeli mitoitetaan vain kesäajan varaenergiälähteeksi. Myös yleisellä tasolla tuulivoimalat mitoitetaan pääenergian lähteeksi, koska niistä saatava sähköenergia on huomattavasti suurempi kuin kilpailevilla saman hintaluokan aurinkopaneeleilla.

4 OMAN SÄHKÖNTUOTANNON OMAAVIEN RAKENNUSTEN SÄHKÖASENNUKSET

Sähköalalle kouluttamaton henkilö saa tehdä sähköalan töitä, joista voi aiheutua vain vähäistä vaaraa tai häiriötä. Suomen kauppaja- ja teollisuusministeriön tekemän päätöksen mukaan tällaisia töitä ovat muun muassa nimellisjännitteeltään enintään 50 voltin vaihtojännitteisiin laitteisiin kohdistuvat sähkötyöt tai nimellisjännitteeltään enintään 120 voltin tasajännitteisiin laitteisiin kohdistuvat sähkötyöt. Käytännössä tämä päätös tarkoittaa, että sähköalalle kouluttamaton henkilö saa tehdä 24 voltin tasajännitteellä toimivia järjestelmiä. (SFS-käsikirja 600 /14/)

Invertterin liittäminen järjestelmään nostaa vaihtojännitteen 230 volttiin, joilloin vain sähköalan ammattilainen saa tehdä asennustyöt. Tilanteessa jossa laitteet liitetään verkkoinvertterin kautta kiinteistön sähkönjakeluun, joka on kytketty sähköverkkoon, asennukset saa tehdä vain sähköalan ammattilainen. Jos sähköverkkoon liitytään vasta järjestelmän rakentamisen jälkeen, tulee sähköalan ammattilaisen tarkistaa järjestelmän asennukset ja tehdä niistä tarvittavat dokumentit, jotka vastaavat järjestelmän teknisiä tietoja. (SFS-käsikirja 600 /15/)

5 ENERGIAN TARPEIDEN MITOITUS AURINKOENERGIALLA

5.1 Aurinkopaneelien ja akuston mitoitus

Aurinkoenergiaa käytettäessä mökin sähköntarpeet kartoitetaan tarkasti, koska yli mitoitettu järjestelmä tulee kalliiksi. On tärkeää, että mökki on käyttötarkoituksensa mukaan energiatehokas. Kaikkien sähkölaitteiden tulee toimia mahdollisimman hyvällä hyötysuhteella ja niiden ohjaus rakennetaan siten, että saadaan karsittua mahdollisimman paljon laitteiden turhaa käyttöä.

Energian tarpeista tehdään taulukko, kuinka kauan kutakin laitetta käytetään päivittäin ja kuinka paljon se arviolta kuluttaa sähköenergiaa. Taulukon tarkoituksena on olla suuntaa antava arvio päivittäisestä kulutuksesta, jotta aurinkopaneeli ja akusto voitaisiin mitoittaa oikean kokoiseksi. Taulukon muodossa myös kiinteistön käyttäjän on helpompaa seurata, millaista käyttöä varten järjestelmä on rakennettu (taulukko 2).

Taulukko 2. esimerkki sähkönkulutuksesta

Laite	määrä	teho/W	käyttöaika/h	Arvioitu kulutus/Wh
kännykänlaturi	1	10	3	30
Valaistus	5	12	6	360
kannettavatietokone	1	30	6	180
TV (sis. Digiboksin)	1	60	6	360
jääkaappi	1	30	6	350
vesipumppu (1000l/h)	1	72	1	72
Yht.				1352

Kun energian päivittäinen kulutus on arvioitu, on mietittävä kuinka pitkiä ajanjaksoja kiinteistöä käytetään. Jos kiinteistö on jatkuvassa käytössä, aurinkopaneelin päivittäinen energiantuotto on oltava suurempi kuin päivittäinen kulutus. Jos taas käyttöjaksot ovat muutamia päiviä viikossa, aurinkokennon ei tarvitse kattaa koko kulutusta. Sen tarvitsee kattaa vain osa kulutuksesta, siten että akun varaus, jota paneeli on ladannut käyttöajanjaksoa varten ei laske alle 20 % varauksen.

(Stand-alone Solar-electric systems 2010 /16/)

Aurinkokennon päivittäisessä energiansaannissa on JN-solar käyttänyt kertoimia, joilla saadaan kennon keskimääräinen tuotto Suomessa. Samoja kertoimia käyttäen saadaan aikaan taulukko (taulukko 3), joka kuvastaa kuinka paljon sähköenergiaa aurinkopaneeli tuottaa arviolta päivittäin. (JN-solar /17/)

Taulukko 3. Aurinkopaneelien laskennalliset tuotot

Paneelin ilmoitettu teho/W	Toukokuu/ Wh/d	Kesäkuu/ Wh/d	Heinäkuu/ Wh/d	Elokuu/ Wh/d
50	280	275	277	215
85	476	468	470	366
135	756	743	747	581
175	980	963	968	753
185	1036	1018	1023	796
210	1176	1155	1161	903
230	1288	1265	1272	989

Aurinkopaneelin päivittäisen tuoton ja päivittäisen kulutuksen erotuksella saadaan laskettua päivittäinen akkukapasiteetin kulutus. Akustoa mitoittaessa on muistettava, että akun kapasiteetti ilmoitetaan ampeeritunteina. Päivittäinen akkukapasiteetin kulutus muutetaan ampeeritunneiksi kaavalla:

$$\frac{\text{päivittäinen kulutus (Wh)}}{\text{Akun jännite (V)}} = \text{päivittäinen kulutus(Ah)}$$

Kun päivittäinen akkukapasiteetin kulutus tiedetään ampeeritunteina se kerrotaan käyttöajanjakson pituudella. Tulokseksi saadaan akkukapasiteetin kulutus käyttöajanjaksoa kohti.

$$\text{päivittäinen kulutus(Ah)} \times \text{käyttöpäivät} = \text{käyttöjakson kulutus(Ah)}$$

Käyttöjakson kulutus saa vielä korjauskertoimen 1-5, joka kuvastaa kuinka usein aurinko arviolta paistaa päivittäin. Suomen olosuhteissa voidaan käyttää kerrointa 3 Korjauskertoimella pyritään varmistamaan akuston kapasiteetin riittävyys myös pilvisinä ajanjaksoina.

(Stand-alone electric systems 2010 /18/)

5.2 Inverttereiden ja lataussäätimen mitoitus

Lataussäädin mitoitetaan kestäväksi aurinkopaneelilta tulevaa virtaa. Lataussäätimen tulee kestää $1,25 \cdot$ aurinkopaneelin oikosulkuvirta. Myös lataussäätimen jännite on vastattava aurinkopaneelin jännitettä. (Stand-alone electric systems 2010 /18/)

Invertterin mitoituksessa on laskettava, että invertteri kestää kuormituksen mikä siihen kytketään. Laskennassa käytetään tilaa, jossa kaikki laitteet ovat päällä samaan aikaan, jolloin invertterin läpi kulkeva virta on suurimmillaan. Tämä teho vielä kerrotaan luvulla 1,25, että invertteri varmasti riittää.

Markkinoilla on inverttereitä, jotka tuottavat valmistajien mukaan ”puhdasta siniaaltoa”. Tällä valmistajat viittaavat siihen, että siniaalto ei eroa verkosta saatavasta siniaallosta. Tällaista siniaaltoa tuottavat invertterit ovat kalliimpia, mutta niitä voidaan käyttää kaikkien sähkölaitteiden kanssa. Halvempana vaihtoehtona on invertteri, joka tuottaa modifioitua siniaaltoa. Modifioidulla siniaallolla viitataan porrasmaiseen siniaaltoon, jonka muuntamiseen on käytetty huomattavasti vähemmän elektroniikkaa. Modifioitu siniaalto ei välttämättä toimi kaikissa loisteputkivalaisimissa ja televisioissa. (JN-solar.fi /19/, Stand-alone solar electric systems 2010 /20/)

5.3 Kaapeleiden mitoitus

Kaapeleita mitoittaessa on muistettava, että kaapeleiden jännitteet ovat 230, 24 ja 12 voltia. Kaapelin valinnassa ei pelkästään tarkastella sen poikkipinta-alaa vaan myös sitä, että se on tyypiltään oikeanlaista. Esimerkiksi kaapeli, joka tulee olemaan auringon paisteessa, täytyy olla koostumukseltaan sellaista, että se kestää vallitsevia olosuhteita. Kun mitoitetaan 12 ja 24 voltin kaapeleita pyritään siihen, että kaapeli vedot jäävät mahdollisimman lyhyiksi. Lyhyillä ja pinta-alaltaan paksuilla kaapeleilla saadaan laskettua jännitehäviötä. Stand-alone solar electric systems on määritellyt suositeltavat maksimi jännitehäviöt järjestelmän jokaisessa osassa, jotka esitetään taulukossa 4. (Stand-alone electric systems 2010 /21/)

Taulukko 4 suositeltavat maksimi jännitehäviöt

Akulta lataussäätimelle	< 1%
Akulta invertterille	< 1%
Aurinkopaneelilta lataussäätimelle	< 3%
Invertteriltä kuormaan	< 5%

Jännitehäviöt yksivaiheiselle kaapelille jokaisessa pisteessä voidaan laskea kaavalla 1:

$$\Delta u = 200 \times \frac{\rho \times P \times s}{A \times U_V^2}$$

, jossa:

ΔU = alenemaprosentti (%)

ρ = johdinaineen resistiivisyys (kupari $0,022\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ ($t=70^\circ\text{C}$) tai

ρ = johdinaineen resistiivisyys (kupari $0,0175\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ ($t=15^\circ\text{C}$))

P = kuormituksen teho (kW)

s = kuormituksen etäisyys (km)

U_V = vaihejännite (kV)

A = johdinpoikkipinta-ala

(virtuaaliAMK /23/)

Kaapelin poikkipinta-alat mitoitetaan virran perusteella standardin SFS 6000-5-52 taulukkojen mukaisesti. (SFS-käsikirja 600 /26/)

6 ENERGIAN TARPEIDEN MITOITUS AURINKOENERGIALLA KOHTEESSA

6.1 Kohteen esittely

Kohde on Eräjärvellä sijaitseva hirsimökki (kuva 10), jonka pääkäyttö on kesäaikana. Se on rakennettu vuonna 1972. Mökin ja maapohja omistus on jaettu kolmelle sisarukselle siten että kaksi sisaruksista omistavat puoliksi maapohjan ja yksi mökin. Mökki ei ole ollut käytössä noin 10 vuoteen, joten se vaatii sähköistyksen lisäksi myös peruskorjausta ja maanmuokkausta.



Kuva 10. Kuva kohde mökistä lounaasta otettuna.

Mökin sähköistäminen tuli ajankohtaiseksi, kun omistajaperheiden sisällä haluttiin jakaa yhteisen mökin ja maiden omistajuutta siten, että kukin osallinen saisi palan tonttia ja mahdollisuuden rakentaa mökin alueelle. Koska mökki on pieni ja sähköntarpeetkaan eivät ole suuria, haluavat mökin tulevat omistajat, että sähköjärjestelmän hankintahintakaan ei ole suuri. Mökin sijainti tontin sisällä on kunnanverkkoon liittämisen kannalta hyvin hintava, koska lähin rajapyykki sijaitsee yli 500 metrin päässä mökistä.

Mökin sähköistämiseksi katsottiinärkevimmäksi ratkaisuksi aurinkoenergia tai hybridijärjestelmä. Myös ekologisuus oli yksi valintaperuste mutta pääasiassa valintakriteerinä oli välittömät ostokustannuksen ja sähkönhinta jatkossa.

Kohdetta ei toistaiseksi suunnitella talvikäyttöön, mutta on hyvä tarkastella myös mökin potentiaalia talvenajan asumista varten.

6.2 Sähkölaitteiden valinta

Sähkölaitteita valittaessa on kiinnitetty huomiota pääasiassa niiden sähkötehoon ja siihen, että tarvitseeko laite välttämättä sähkön energianlähteeksi. Mökki koostuu pienehköstä pirtistä, jossa on takka ja makuusijat. Pirtin kulmassa on pieni keittokomero ruuan valmistusta varten. Mökin pohjoispäässä on erillinen sisäänkäynti pukuhuoneeseen, josta päästään myös saunaan. Mökissä on runsaasti ikkunoita mikä tekee mökistä valoisan, joten valaisimille päiväsaikaan ole tarvetta. Mökin alla on ilmanvaihtuvuudeltaan hyvä tila sijoittaa akusto. Mökin sähköpisteiden sijoittelu on esitetty tasopiirustuksesta (LIITE 1.)

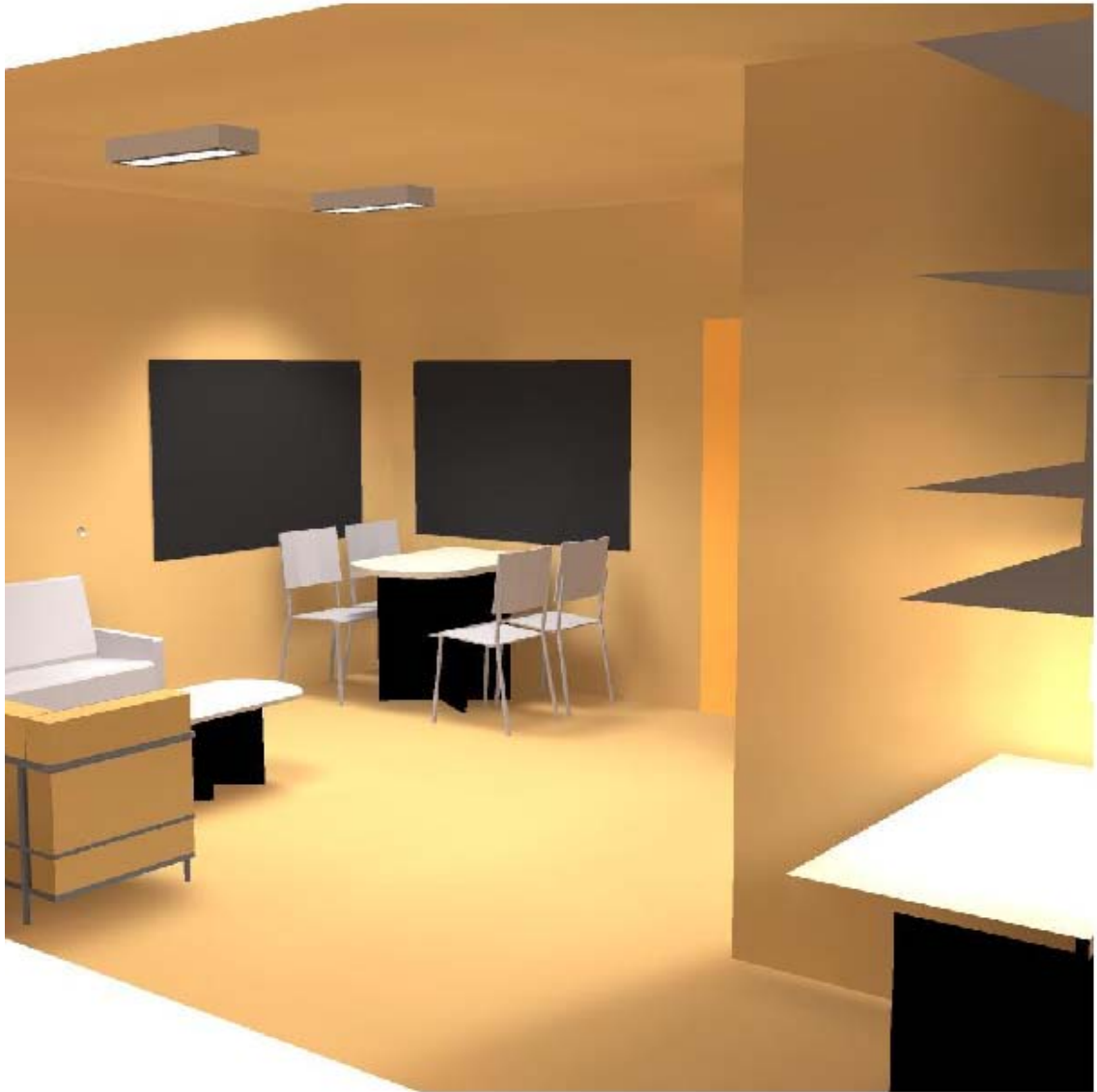
6.2.1 Valaistus

Valaistusta suunnitellessa pääpainona on se, että saadaan mahdollisimman pienellä energiamäärällä maksimaalinen valovirta. Myös valojen turha käyttö halutaan minimoida. Valaistusta suunniteltaessa ei kiinnitetä huomiota valaisimen elinkaarikustannuksiin, vaan siihen että valaistus on riittävä ja kokonaisteho pidetään mahdollisimman pienenä. Asuintila, keittokomero ja pukuhuone valaistaan loisteputkivalaisimilla, koska loisteputkilla saadaan hyvä valovirta pienellä teholla. Lisäksi huoneeseen tulee LED-lukuvalo, jotta hyvin pienellä tehon lisäyksellä saadaan valoa pienelle alueelle. Ulkovalaistus toteutetaan energiansäästölampuilla. Sauna valaistaan kierrekantaisella halogeenillä. Valaistuksen energian tarve on esitetty taulukossa 5. Koska valaistuksen käyttö ja päälle unohtamisen vaara halutaan minimoida, saunaan pukuhuoneeseen ja terassille tulee normaalin käyttökytkimen lisäksi valaisimiin integroitu tai erikseen asennettava liiketunnistin.

Taulukko 5. Valaistuksen arvioitu teho

Lampputyyppe	teho/ W	määrä/ kpl	kokonaisteho/ W
Pienloistelamppu PL-S	7	1	7
Loisteputki TL-D T8	15	4	50
ecoclassic halogeeni	28	1	28
Energiansäästölamppu	8	2	16
Yht.			101

Pirtin valaistussuunnitelma on tehty Dialux-ohjelmalla, jolla saatiin huoneen keskimääräiseksi valaistusvoimakkuudeksi 125 luxia, joka on melko alhainen. Valaistus silti katsotaan riittäväksi, ottaen huomioon että tuotantokapasiteetti on rajallinen. Sohvapöydän pinnalle, jota tehostetaan LED-valaisimella, saadaan noin 160 luxia. Tilan valaistusta voidaan pitää energiatehokkaana, sillä sen noin 70 watilla antama valovirta on 4545 lumenta (n. 65 lm/W). Dialux-ohjelman mukaan valaistuksen tehokkuutta saisi parannettua noin 150 luxiin maalaamalla tai tapetoimalla seinät vaaleiksi, mutta koska kohteessa halutaan säilyttää tietty mökkimäisyys, niin näin ei tehdä.



Kuva 11. Mökin pirtti Dialux-ohjelman kuvanmuodostuksella

6.2.2 Sähkölaitteet

Kiinteisiin sähkölaitteisiin kuuluvat kaikki mahdolliset sähkökojeet, joita mökkiin tullaan lisäämään. Mökin kaikki sähkölaitteet mitoitetaan siten, että ne palvelevat asukasmäärää. Mökistä itsestään löytyy kahdenhengen vuodesohvan lisäksi yksi lisävuode, joten asuja määräksi tulee kolme. Noin 100 litran jääkaappi katsotaan riittävän suureksi kolmelle hengelle. Koska jääkaappi tulee olemaan yksi suurimmista sähkön kuluttajista mökissä, sen on oltava mahdollisimmin energiatehokas.

Jääkaapiksi valitaan 117 litran AEG SKS68240F0 tai vastaava energian kulutukseltaan. Valmistajan mukaan se kuluttaa vain 350 wattituntia vuorokaudessa. Sähköliesi

hylätään kokoonpanosta sen suuren sähkötehon takia. Tilalle tulee nestekaasulla toimiva liesi. Televisiota valittaessa kiinnitetään huomiota siihen, että se sisältää DVD-laitteen ja digi-vastaanottimen, näin energiatehokkuus paranee ja vältetään usean laitteen päälle unohtumista. Valitaan Finnsat FTV19T-DVD televisio tai vastaava energian kulutukseltaan. Mökillä tarvitaan myös vesipumppu, jonka arvioidaan nostavan vettä 1000 litraa vettä kaivosta vuorokaudessa. (Solarpower.fi /24/)

6.3 Energian tarpeiden mitoitus

Isompien laitteiden ja arvioitujen käytössä olevien pienempien sähkölaitteiden mukaan lasketaan vuorokauden arvioitu sähkönkulutus. Tämä esitetään taulukossa 6. Näiden arvioiden perusteella saadaan tulokseksi, että vuorokaudessa energiankulutus on arviolta noin 1200 wattituntia päivässä. Aurinkokennot tuottavat sähköä, joka on jännitteeltään 12 tai 24 volttia. Suunniteltu järjestelmä käyttää 230 voltin vaihtosähköä, joten tehokäytössä otetaan huomioon myös invertterin vaatima teho. Invertteri on hyötysuhteeltaan 90%, joten vuorokauden lopullinen tehontarve tulee olemaan noin 1360 wattituntia.

Taulukko 6. laitteiden arvioitu kulutus vuorokautta kohden.

Laite	määrä	teho/W	käyttöaika/h	Arvioitu kulutus/Wh
Kännykänlaturi	1	10	1	10
Valaistus	8	101	5	505
Kannettavatietokone	1	30	4	120
TV (sis. Digiboksin)	1	60	3	180
Jääkaappi	1			350
Vesipumppu (1000l/h)	1	72	1	72
Yht.				1237

Aurinkokennojen ja akun mitoituksen kannalta tarvitsee pohtia, kuinka monta päivää kerrallaan mökillä tullaan olemaan. Mökin pääasiallinen käyttö aika on viikonloppuisin eli 2-3 vuorokautta viikossa. Näin ollen järjestelmän tulee pystyä tuottamaan ja varastoimaan energiaa, siten että se pystyy kullakin käyntikerralla antamaan noin 2720-4080 Wh.

6.4 Aurinkokennojen ja akuston valinta

Taulukosta 3 sivulta 21 valitaan 230 W aurinkopaneeli, joka lähestulkoon kokonaan kattaa vuorokautisen sähkön kulutuksen toukokuusta heinäkuuhun. Näinollen käyttöön valitaan Sanyo HIP-230HDE4 aurinkopaneeli.

Akkua valittaessa on muistettava että akkujen kapasiteetti ilmoitetaan ampeeritunteina. Päivittäisen kulutukset voidaan muuttaa ampeeritunneiksi kaavalla:

$$\frac{1360Wh}{12V} = 113Ah$$

Samalla kaavalla saadaan myös päivittäinen tuotto muutettua ampeeritunneiksi jokaiselta kuukaudelta. Laskelmien tulokset esitelty taulukossa 7.

Taulukko 7. Paneelin päivittäinen tuotto ampeeritunteina

Toukokuu	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu
107	105	106	82

Elokuussa kennoilla on huonoin tuotto. Kun päivittäisestä sähkönkulutuksesta vähennetään elokuun tuotto, akun kapasiteettia kulutetaan 31 Ah vuorokaudessa. Kolmessa vuorokaudessa kulutus on 93 Ah. Tämä luku kerrotaan kolmella, jotta saadaan luotettava akusto Suomen olosuhteissa. Tulokseksi tulee 279 Ah. Näillä tiedoilla lähimpänä sopivaa akustoa on 2 * 200 Ah akkua. Akkuihin jää laskennallisen tuoton ja kulutuksen jälkeen yli 30% viikonlopun jälkeen, joka on riittävästi. Touko-kesäkuussa aurinkopaneeli tuottaa energiaa niin hyvin, että mökillä voi viettää yli viikonkin huoletta.

Akku mallina käytetään Ritar RA12-200D, 200 Ah AGM akkuja. AMG-akut ovat täysin suljettuja ja huoltovapaita ja ne kestävät syväpurkauksia täysin vahingoittumatta. AMG-akut ovat hankintahinnaltaan muita akkuja kalliimpia mutta maksavat itsensä takaisin niiden pitkäikäisyyden takia.

6.5 Inverttereiden ja lataussäätimien valinta

Sanyo HIP-230HDE4 Aurinkopaneeli tuottama maksimijännite on 34,7 V ja sen oikosulku virta 7,28 A. Lataussäätimen tulee kestää $1,25 \cdot$ paneelin oikosulkuvirta.

$$1,25 \times 7,28A = 9,1A$$

Lataussäätimeksi valitaan täten Steca PR 1010, koska sen maksimivirta 10 A ja siinä on automaattinen jännitteen valinta 12/24 voltin syötöille. Valitussa säätimessä on LCD-näyttö ja sisään rakennettu Ah-mittari, jolla pystytään seuraamaan järjestelmän toimintaa.

Invertterin valinnassa on laskettava, että invertteri kestää sen kuormituksen, joka siihen kytketään. Tehontarpeen laskelmat on esitelty taulukossa 8.

Taulukko 8. Tehon tarve kaikki laitteet päällä

Laite	Teho/ W
Kännykkälaturi	10
Valaistus	101
Kannettavatietokone	30
TV	60
Jääkaappi	50
Vesipumppu	72
Yht.	323

Tämä tulos vielä saa korjauskertoimen 1,25, kokonaistehoksi saadaan 404 W.

Invertteriksi valitaan Waeco SinePower MSP 702, jonka jatkuva teho on 700 W ja hetkellinen teho 1200 W. Laite tuottaa verkkojännitteestä poikkeamatonta siniaaltoa, joten se soveltuu kaikkien laitteiden sähköistykseen.

6.6 Keskuksen ja kaapeleiden mitoitus

Mökin seinustalle asennetaan pieni ulkokeskus, johon sähkönsyöttö otetaan invertteriltä. Keskuksen huipputehona voidaan käyttää invertterin huipputehoa. Invertteriltä keskuksen pääsulakkeelle käytetään johdinkokoa $2,5 \text{ mm}^2$. Keskuksen maksimivirta saadaan kaavalla:

$$I_b = \frac{1200W}{230V \times 0,95}$$

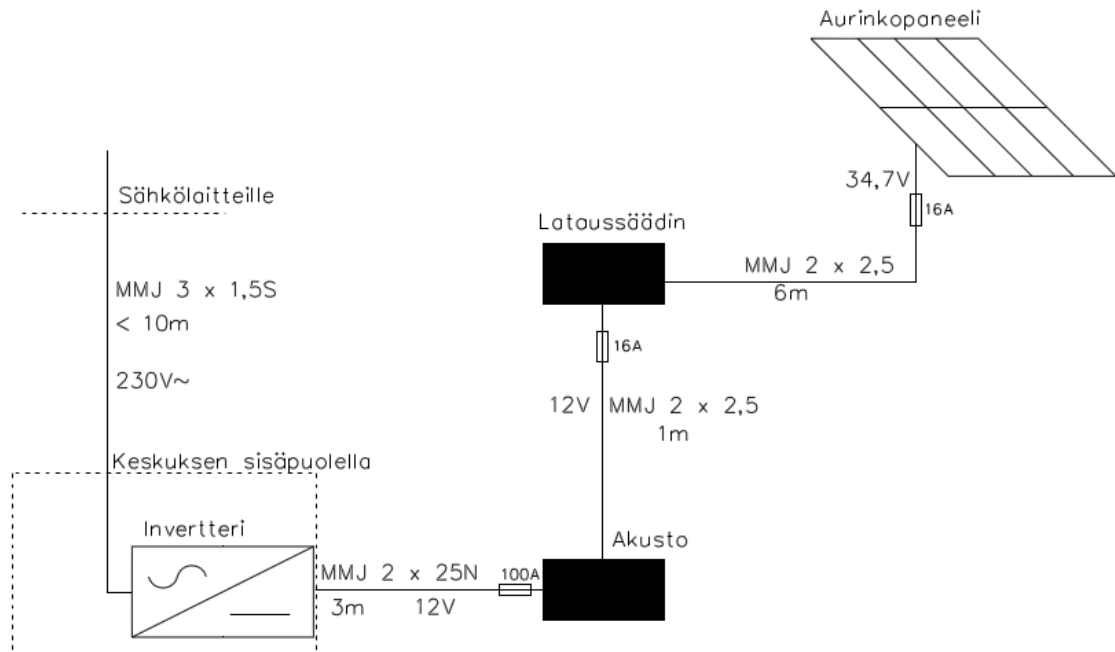
Keskuksen maksimivirraksi saadaan $I_b = 5,5 \text{ A}$. Keskukseseen asennetaan kaksi 10A johdonsuojakatkaisijaa, joista toiseen tulee 30 mA vikavirtasuojakytkin märkiä tiloja varten. Pääsulakkeeksi valitaan 16A sulake verkon selektiivisyyden säilyttämiseksi.

Kaapeleiden pituudet ja poikkipinta-alat on esitetty kuvassa 12. Aurinkopaneelilta lähtevä kaapeli mitoitetaan maksimivirran avulla. Sanyo HIP-230HDE4 Aurinkopaneelin maksimivirta on 6,64 A ja kaapelin asennustapa on puuseinään. SFS-käsikirjan taulukon A 52-2 mukaan kaapeli kooksi tulee $1,5 \text{ mm}^2$. Koska jännitehäviöt halutaan pitää mahdollisimman pienenä, valitaan yhtä kokoluokkaa suurempi kaapeli. Lopulliseksi kaapelikooksi tulee $2,5 \text{ mm}^2$.

Akulta invertterille asennettavan kaapelin poikkipinta-ala mitoitetaan sen maksimivirran mukaan. Virta saadaan kaavalla

$$\frac{1200W}{12V} = 100A$$

100 ampeerille SFS-käsikirjan taulukon A 52-2 mukaan kaapelin koko on 25 mm^2 .



Kuva 12. Laitteiston järjestelmäkaavio.

Jännitteenalenemaa laskiessa käytetään kaavaa 1 sivulta 23.

Aluksi lasketaan jännitteenalenema aurinkokennolta lataussäätimelle. Kaapelin koko on $2,5\text{mm}^2$, pituus on maksimissaan 6 metriä ja huipputeho on 230 W, jolloin jännite on 34,7 V. Kaapeli tulee olemaan auringon valossa, joten käytetään kuparin resistiivisyys arvoa 70°C asteessa.

$$200 \times \frac{0,022 \Omega\text{mm}^2/m \times 0,230\text{kW} \times 0,06\text{km}}{2,5\text{mm}^2 \times (0,0347\text{V})^2} = 2\%$$

Lataussäätimen ja akuston välistä kaapelia on turha laskea, koska välimatka maksimissaan vain metrin, joten sen luoma jännitteenalenema tulee olemaan laskennallisesti olematon. Sähköntuotannon jännitehäviöksi tulee 2 %. Seuraavaksi lasketaan jännitehäviö invertterille. Invertteri sijaitsee keskuksessa, joten sitä voidaan pitää keskuksen syöttönä. Kaapeli on maksimissaan 3 metriä pitkä ja kaapelin paksuus on 25mm^2 . Invertterin jatkuva teho on 700 W. Tämän kaapelin jännitteenalenemaksi tulee:

$$200 \times \frac{0,022 \Omega \text{mm}^2 / \text{m} \times 0,7 \text{kW} \times 0,003 \text{km}}{25 \text{mm}^2 \times (0,012 \text{V})^2} = 2,6\%$$

Jännitteenalenema invertterillä on noin 2,6%, joka ylittää suositeltavan jännitehäviön. Se ei kuitenkaan aseta ongelmaa. Invertteriltä eteenpäin jännite on 230 voltia vaihtosähköä. Kaapelit kiinteistön sähkökojeille ovat MMJ 3 x 1,5 mm². Jännitteenalenema 230 voltin järjestelmässä lasketaan kaavalla 1 sivulta 23.

Kiinteistön pisimmän kaapelin mitta on maksimissaan 10 metriä. Vaikka koko kiinteistön kuorma asetettaisiin tähän kaapeliin, saadaan tulokseksi:

$$200 \times \frac{0,022 \Omega \text{mm}^2 / \text{m} \times 0,323 \text{kW} \times 0,01 \text{km}}{1,5 \text{mm}^2 \times (0,230 \text{V})^2} = 0,18\%$$

Yhteenlasketuksi jännitteenalenemaksi epäedullisimmassa pisteessä tulee noin 2,8%

6.7 Valitut laitteet ja laajennus mahdollisuudet

Edeltävillä laskuilla ja valinnoilla saadaan kokonaisuus, joka kattaa 2-3 vuorokauden vierailun kesämökillä myös pilviselläkin kelillä. Keskukseen jätetään tilaa useammalle johdonsuojakatkaisijalle, joka mahdollistaa pääsulakekoon noston ja lisävarokkeiden sijoittelun. Mahdollisena lisäyksenä on pientuulivoimala, joka mahdollistaisi mökin talvikäytön. Mökin otto talvikäyttöön vaatisi lisäeristyksien rakentamista, koska mökki on tehty noin 12cm paksusta hirrestä. Tällaisella eristyksellä mökin lämmitys talvikaudella on epätaloudellista ja saa lämmityskustannukset nousemaan suureksi. Kunnollisella eristyksellä ja tuulivoimalalla mökistä saisi hyvin talviasuttavan.

Mökkiin valittiin taulukossa 9 esitellyt aurinkoenergiaan erikoistuneiden yritysten laitteet:

Taulukko 9. Valitut laitteet hintoineen

Laite	Määrä	Hinta
Sanyo HIP-230HDE4 Aurinkopaneeli	1	1320 €
Ritar RA12-200D, 200 Ah AGM akku	2	795 €
Waeco SinePower MSP 702 invertteri	1	695 €
Steca PR 2020 Lataussäädin	1	135 €
Yhteensä		2 945 €

Muut kojeet ja kaapelit hankitaan sähkötukkuliikkeestä.

7 TONTIN SUUNNITTELU

Mökki sijaitsee metsäalueella järven rannassa, joten hakkuutöitä tarvitsee tehdä, jotta aurinkopaneeli saadaan toimimaan tehokkaasti. Metsän harvennus toteutetaan suoraan etelään, josta leikataan noin 45° kulmassa kaikki rakennusta korkeammat puut 20 metrin päähän, joka on esitetty kuvassa 12. Näin aurinkopaneelilla on esteetön näköyhteys aurinkoon sen parhaimpana tuottoaikana.



Kuva 13. Hakkuu alue

Mökin eteläpuolelle istutetaan lehtipuita, jotka eivät kasva mökkiä korkeammaksi. Näiden puiden tarkoituksena on estää auringonsäteiden pääsy suoraan mökin seinustaan. Tämä toimii näin ollen energiatehokkaana jäähdytysjärjestelmänä. Talvi aikaan kun puut pudottavat lehtensä aurinko pääsee läpi lämmittämään mökkiä.

8 TYÖN JOHTOPÄÄTÖKSET

Työssä tultiin siihen lopputulokseen, että tuuli- ja aurinkoenergialla voidaan hyvin suunnitella omavarainen sähköjärjestelmä loma-asuntoon, jota ei haluta tai ei voida liittää sähköverkkoon. Järjestelmän liittäminen myöhemmin sähköverkkoon on mahdollista pienillä muutoksilla. Loma-asunnon käyttöaika ja sijainti määrittävät kannattavimman energian tuotantomuodon. Kiinteistö, jossa tuotetaan itse energia, valistaa myös käyttäjää käyttäytymään energiaa säästävästi, koska energian tuotanto on rajallista.

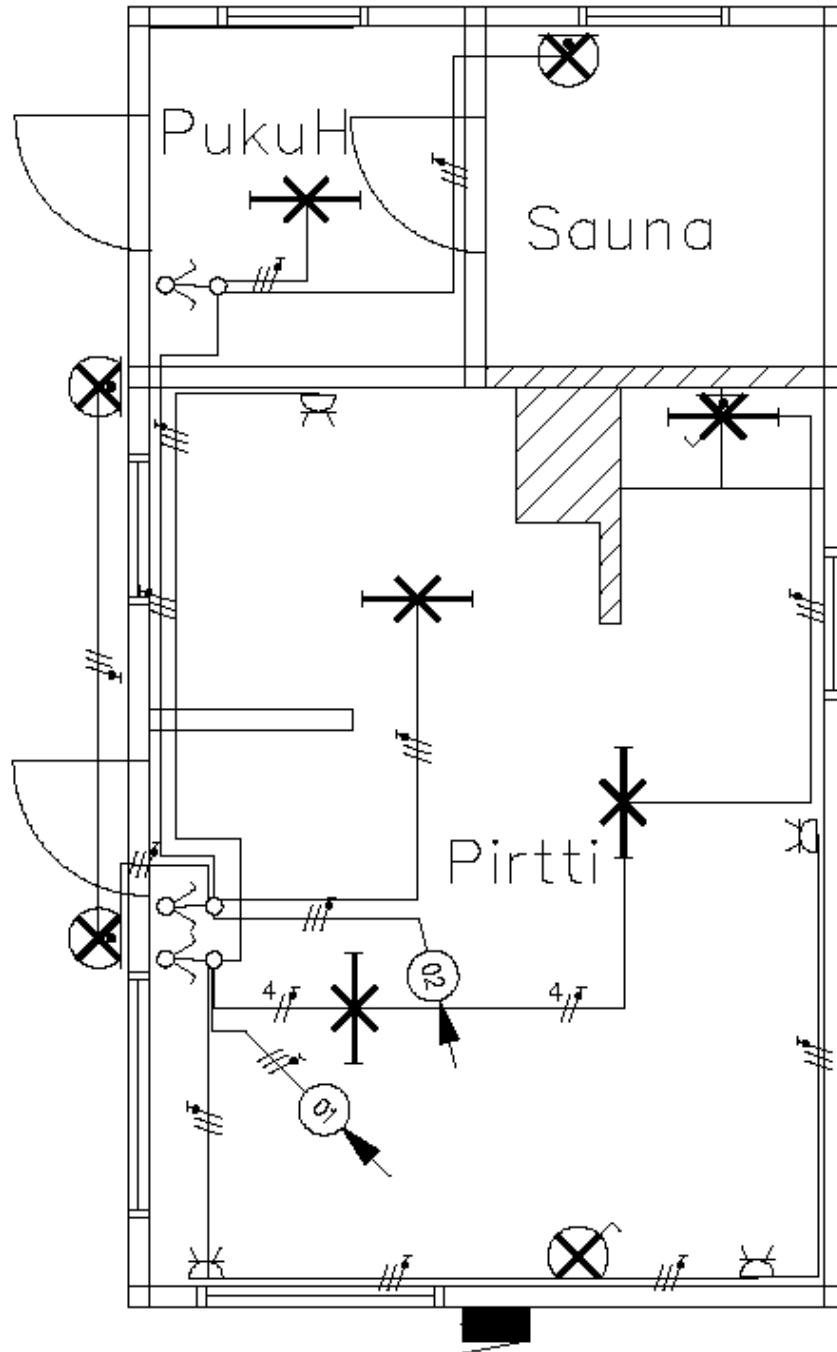
Työssä suunniteltiin omavarainen sähköjärjestelmä 30 m² kesämökkiin. Sähköjärjestelmä riittää kattamaan käyttäjän perustarpeet kesäaikana. Järjestelmä on mitoitettu tuottamaan keskikesällä energiaa lähes tarpeiden mukaan. Keväällä ja syksyllä tuotto on pienempi, joten joudutaan turvautumaan akkukapasiteettiin enemmän. Akkukapasiteetin käyttö laskee päivien määrää, mitä mökillä voidaan viettää. Keväällä ja syksyllä mökillä pystytään viettämään maksimissaan 2 vuorokautta.

LÄHTEET:

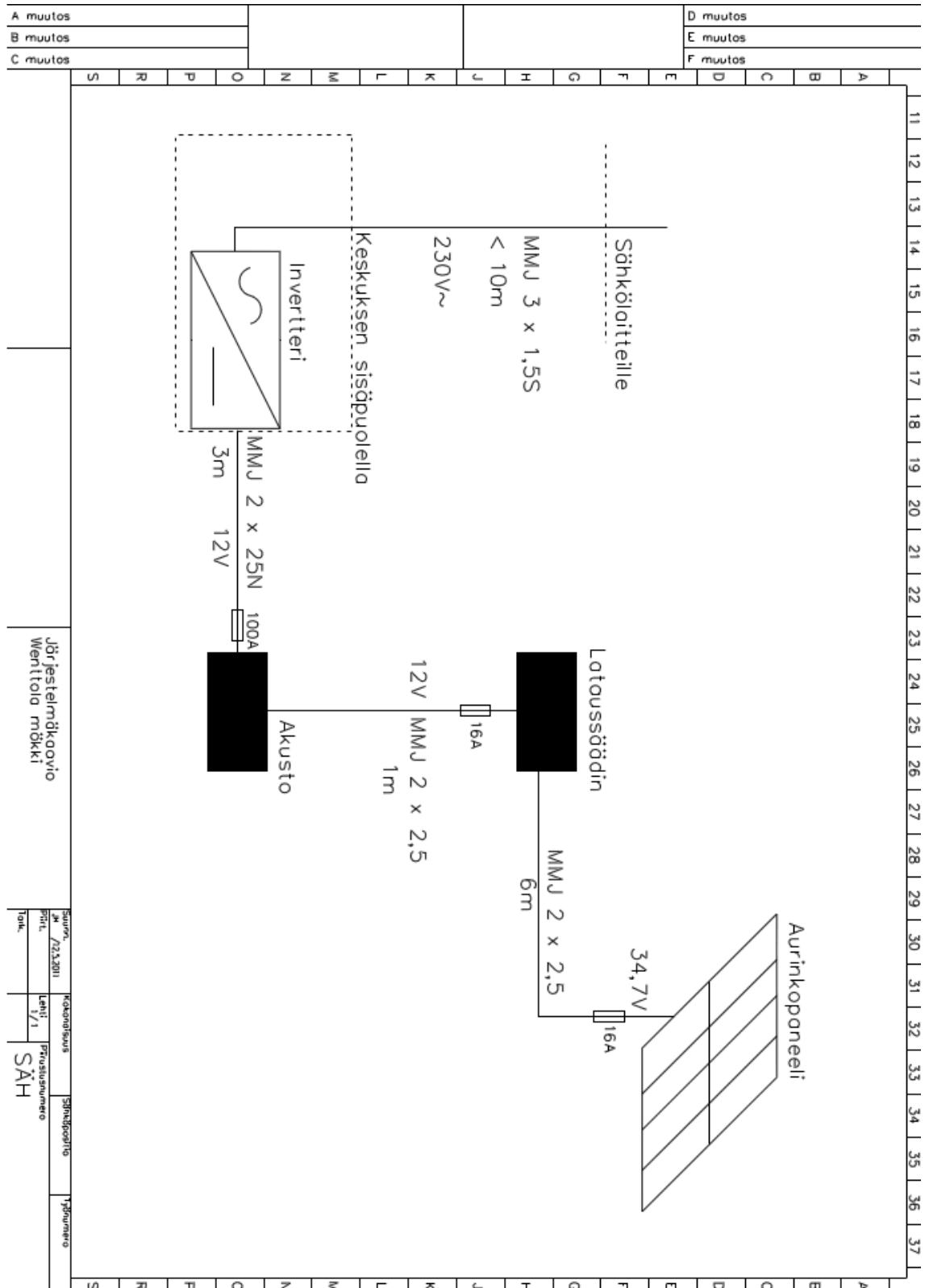
1. tilastokeskus [www-sivu] [viitattu 15.04.2011] Saatavissa:
<http://www.stat.fi/til/rakke/index.html>
2. Sähköala.fi [www-sivu] [viitattu 15.04.2011] Saatavissa:
http://www.sahkoala.fi/koti/lehti/lammin_koti/fi_FI/ekotehokas_mokki/
3. LVI tekniset urakoitsijat [www-sivu] [viitattu 15.04.2011]
<http://www.lvi-tu.fi/toimiala-asiat/energiatehokkuus/mitae-on-energiatehokkuus>
4. VTT energiatehokas rakentaminen [www-sivu] [viitattu 16.04.2011] saatavissa:
http://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/miten_tehdaan_energiatehokas_koti
5. Muistio rakentamismääräysten osasta D3 [sähköinen julkaisu] [viitattu 17.04.2011] saatavissa:
http://www.energiatehokaskoti.fi/files/299/Muistio_rakentamismaaraysten_osasta_D3.pdf
6. Tasauslaskentaopas 2010 [sähköinen julkaisu] [viitattu 02.05.2011] saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=120826&lan=fi>
7. Korjaustietoa.fi [www-sivu] [viitattu 07.05.2011] saatavissa:
<http://www.korjaustieto.fi/pientalot/pientalojen-energiatehokkuus/energiatehokkuus-pientaloissa/pientalon-energiankulutus-ja-paastot.html>
8. Vapaa ajan asunnon energiankulutus [www-sivu] [viitattu 07.05.2011] saatavissa:
<http://www.vtt.fi/uutta/2008/20080715.jsp>
9. New & renewable energy systems group [www-sivu] [viitattu 06.05.2011] saatavissa: <http://www.tkk.fi/Units/AES/projects/renew/pv/pv-toiminta.html>
10. Tkk.fi [sähköinen julkaisu] [viitattu 06.05.2011] saatavissa:
<http://dmkk.savonia.fi/energialabra/images/stories/paneelit.pdf>
11. Wikipedia.org [www-sivu] [viitattu 06.05.2011] saatavissa
http://fi.wikipedia.org/wiki/Lauhkea_vy%C3%B6hyke
12. Tuulivoimala.com [sähköinen lähde] [viitattu 06.05.2011] saatavissa:
<http://www.fantasygarden.fi/tiedostot/Mokkisahkoopas.pdf>
13. Eurosolar [www-sivu] [viitattu 26.04.2011] saatavissa:
<http://www.eurosolar.fi/lataussaatimet/>
14. SFS 600 käsikirja 2007, s 48.
KTM päätös sähköalan töistä 5.7.1996/516 luku 3 9 § -10 §
15. SFS 600 käsikirja 2007, s 43.
KTM päätös sähkölaitteistojen turvallisuudesta 17.12.1999/1193 7 §

16. Stand-alone Solar-electric systems 2010, s 52.
17. JN-solar [www-sivu] [viitattu 21.04.2011] saatavissa:
http://www.jn-solar.fi/index.php?main_page=index&cPath=1
18. Stand-alone electric systems 2010, s 132-133.
19. JN-solar [www-sivu] [viitattu 21.04.2011] saatavissa:
http://www.jn-solar.fi/index.php?main_page=index&cPath=30
20. Stand-alone solar electric systems 2010, s 137.
21. Stand-alone electric systems 2010, s 109.
22. Wikipedia.org [www-sivu] [viitattu 03.05.2011] saatavissa:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/S%C3%A4hk%C3%B6johto>
23. VirtuaaliAMK [WWW-sivu] [viitattu 04.05.2011] saatavissa:
<https://www.amk.fi/opintojaksot/030503/1132057231100/1132058059176/1132059471132/1133272908995.html>
24. Solarpower.fi [WWW-sivu] [viitattu 04.05.2011] saatavissa:
<http://www.solarpower.fi/products.php?g1=a1c76f>
25. Philips.com [WWW-sivu] [viitattu 03.05.2011] saatavissa:
<http://www.ecat.lighting.philips.com/l/fi/fi/>
26. SFS-käsikirja 600 2007, s 267-281
27. Eur-lex.eu [WWW-sivu] [viitattu 19.05.2011] saatavissa:
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31999D0035:FI:NOT>

LIITE 1. Tasopiirustus



LIITE 2. Järjestelmäkaavio



LIITE 3. Keskuskaavio

A muutos		B muutos		C muutos		D muutos		E muutos		F muutos																
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	R	S	RHYMA	OSOITE	TUNNUS	JOHDOCUS	kVA/kW	A / A	HUOM			
																	02	sauna - /puukuhone - /ulkovalot		MNU 3 x 1,55		10A				
																	01	Pöytä valot ja PR		MNU 3 x 1,55		10A				
																		Invertterillä tulena syöttö		MNU 3 x 1,55	400W	16A				

Keskuskaavio
Wenttola mökki

Suunn. / Piir. / Tark. / Kokoisuus / Piirinumero / SÄH / Isthilgeallit / Tapa numero