



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jani Hyypä

JOUKKORAHOITETTU

AURINKOVOIMALA

Case: Pohjanmaa

Tekniikka
2018

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Jani Hyypä
Opinnäytetyön nimi	Joukkorahoitettu aurinkovoimala - Case: Pohjanmaa
Vuosi	2018
Kieli	suomi
Sivumäärä	73 + 4 liitettä
Ohjaaja	Ossi Koskinen

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, onko Vaasan alueella potentiaalia toteuttaa aurinkosähkön tuotantolaitos kannattavasti joukkorahoituksella. Tämän kysymyksen tueksi tutkittiin minkälaiset tavoitteet ovat realistisia voimalan tyypin ja koon puolesta, mitkä tekijät tällaisessa hankkeessa tulisi erityisesti huomioida ja mitkä ovat tällaisessa hankkeessa merkittävimmin kannattavuuteen vaikuttavat tekijät.

Tutkimuksen teoriaosuudessa käsitellään energiantuotantoa yleisellä tasolla ja paneudutaan aurinkosähkön tekniikkaan. Teoriassa perehdytään rahoituksen perusteisiin ja joukkorahoitukseen. Lopuksi teoriaosuus esittelee muutaman esimerkin joukkorahoitetuista energia-alan hankkeista.

Tutkimuksessa selvisi, että kannattavuuteen vaikuttavia muuttujia on huomattava määrä. Näistä yksi merkittävimmistä on vaikeasti ennakoitava sähkön hinta. Omaan käyttöön sähköä tuottavat aurinkosähköprojektit ovat luonteeltaan verrattain yksinkertaisia. Opinnäytetyön esimerkkilaskelmien mukaan omaan käyttöön sähköä tuottava projekti voidaan toteuttaa kannattavasti, jos tuotettu sähkö pystytään käyttämään kokonaan itse. Sähköä myytäväksi tuottavat ja verkkoon liitettävät sähkön tuotantohankkeet ovat vaativampia ja niiden kannattavuuteen liittyy haasteita. Aurinkosähkölaitos sopii paikalliseen energiaklusterin imagoon. Paikallisilla ei ole tällä hetkellä mahdollisuutta sijoittaa paikallisesti tuotettuun uusiutuvaan sähkön tuotantoon.

ABSTRACT

Author	Jani Hyypä
Title	Crowdfunded Solar Power Plant - Case: Pohjanmaa
Year	2018
Language	Finnish
Pages	73 + 4 liitettä
Name of Supervisor	Ossi Koskinen

The aim of this thesis was to find out whether there is potential for profitable business, based on crowdfunded solar electricity production in Vaasa area. To support this question, the thesis examines realistic objectives considering size and type of a solar power project and what are the main factors affecting a solar power project. Moreover, the thesis examines the profitability of a solar power project.

The theory of the thesis views energy production at a general level, and examines photovoltaic technology, financing and crowdfunding. Finally, the theory presents few examples of crowdfunded energy projects.

The study found that there are a significant number of variables affecting profitability of solar energy projects. One of the most significant is the unpredictability of electricity price. Solar energy projects that produce electricity for own use are relatively simple in nature. According to example calculations made in this thesis, a project that generates electricity for own use can be profitable if the electricity produced can be fully utilized by the producer. Grid-related electricity generation projects are more demanding, and their profitability is challenging. A solar power station would suit the Vaasa energy cluster image. Currently the local people do not have the opportunity to invest in locally produced renewable electricity generation.

Keywords solar electricity, solar energy, electricity generation, financing, crowdfunding, Vaasa

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ESIPUHE	9
1 JOHDANTO	10
1.1 Tutkimusongelma ja tutkimuskysymykset	10
1.2 Tutkimuksen rakenne	11
2 AURINKOENERGIA	12
2.1 Energia nyt ja tulevaisuudessa	12
2.2 Energiamme alkuperä	14
2.3 Aurinkoenergia	16
2.4 Aurinkosähkön nykytilanne	19
2.4.1 Aurinkosähkö maailmalla	20
2.4.2 Aurinkosähkö Suomessa	22
2.5 Aurinkosähkön hinnankehitys	23
2.6 Aurinkosähkön merkittävimmät haasteet ja teoreettiset ratkaisut	24
3 AURINKOSÄHKÖN TEKNIikka	26
3.1 Aurinkopaneelin toimintaperiaate	26
3.2 Sähköverkon ulkopuolinen ja sähköverkkoon kytketty järjestelmä	26
3.3 Paneelityypit	27
3.3.1 Yksikiteiset aurinkopaneelit	28
3.3.2 Monikiteiset aurinkopaneelit	28
3.4 Aurinkosähköjärjestelmän muut komponentit	29
3.4.1 Akku ja energianvarastointi	29
3.4.2 Verkkoinvertteri	29
3.4.3 Kaapelit	29
3.4.4 Turvakytkin	30
3.4.5 Asennus ja huolto	30
3.5 Aurinkosähköön liittyvät laitteet ja tukijärjestelmät	30
4 RAHOITUS	32

4.1	Rahoituksen perusteet	32
4.2	Oma ja vieras pääoma	32
4.3	Tasaerälaina, annuiteetilaina ja tasalyhennyslaina	33
4.4	Rahan aika-arvo	34
4.5	Kannattavuuden määrittäminen	34
4.6	Yritysrahoitus ja projektirahoitus	35
5	JOUKKORAHOITUS	38
5.1	Mitä on joukkorahoitus?	38
5.2	Joukkorahoituksen muodot	39
5.2.1	Tekesin Team Finland Future Watch -palvelun jaottelu	39
5.2.2	Finanssivalvonnan jaottelu	40
5.2.3	Joukkorahoituksen hyvät puolet	42
5.2.4	Joukkorahoituksen huonot puolet	42
5.3	Esimerkkejä joukkorahoituksesta	43
5.3.1	Joukon voima ja Finnoonportti	43
5.3.2	Windcentrale	44
5.3.3	Tanskan tuulivoimaosuuskunnat	45
6	OPINNÄYTETYÖ EMPIRIAN TOTEUTUS	46
6.1	Tutkimusmenetelmä	46
6.2	Puolistrukturoitu teemahaastattelu	47
6.3	Tutkimustulosten analysointi	48
7	OPINNÄYTETYÖN TULOKSET	50
7.1	Hanketta puoltavat tekijät	51
7.1.1	Aurinkosähkön potentiaali	51
7.1.2	Hankkeen tuoma lisäarvo	52
7.1.3	Alueen henki	52
7.2	Hankkeeseen liittyvät haasteet	53
7.2.1	Tekniset haasteet	54
7.2.2	Kannattavuuden haasteet	54
7.2.3	Käytännön haasteet	55
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	57
8.1	Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset	57

8.2	Voimalan toteutustapa	59
8.2.1	Sijainti ja voimalan tyyppi	59
8.2.2	Megawatti-luokan voimala.....	59
8.2.3	Omaan käyttöön sähköä tuottava voimala	60
8.3	Yksinkertaistetut esimerkkilaskelmat	61
8.3.1	Päätelmät esimerkkilaskelmista	65
8.4	Eettiset kysymykset	66
8.5	Luotettavuuden pohdinta	67
8.6	Jatkotutkimusehdotukset.....	68
	LÄHTEET.....	69

LIITTEET

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Maailman primäärienergian lähteet. /2, s. 8/	12
Kuva 2. Arvio energiantarpeen kasvusta ja primäärienergian tuotannon osuuksista. /3, s. 12–14/	14
Kuva 3. Maapallon ellipsirata. /5/	15
Kuva 4. Aurinkoenergian potentiaali maailmankartalla. /9/	17
Kuva 5. Euroopan aurinkosähkön potentiaalikartta. /12, 13/	18
Kuva 6. EU-alueella vuosittain rakennettu sähköntuotanto. /17, s. 13/	20
Kuva 7. Globaali aurinkosähkön kehitys. /18, s. 62/	21
Kuva 8. Sähköntuotantotapojen hinnankehitys. /21/	23
Kuva 9. Aurinkovoimaloiden hinnankehitys ja kulujen osuudet. /21/	24
Kuva 10. Joukkorahoituksen muodot. /36/	41
Kuva 11. Luokat-esimerkki.	50
Kuva 12. Hanketta puoltavat tekijät.	51
Kuva 13. Hankkeen kannalta epäedulliset tekijät.	53
Taulukko 1. Pienen aurinkovoimalan esimerkkilaskelma.	63
Taulukko 2. Suuren aurinkovoimalan esimerkkilaskelma.	64

LIITELUETTELO

LIITE 1. Puolistrukturoidun haastattelun kysymyslomake

LIITE 2. Esimerkki: Tekstin todellisen sisällön ymmärtäminen

LIITE 3. Pienemmän voimalan korkolaskelmat

LIITE 4. Suuremman voimalan korkolaskelmat

ESIPUHE

Energiatekniikan opinnoissa käydään läpi erilaisia energiantuotantomuotoja ja niihin liittyviä liiketoimintamalleja. Eräällä yleisestä energiatekniikasta kertovalla luennoilla kuulin Helsingin alueella toimivasta aurinkosähköön liittyvästä businessmallista. Asiakkaat saivat vuokrata sähköyhtiöltä oman yksittäisen paneelin ja seurata sen tuotantoa. Kustannukset oli pystytty jakamaan siten, että yksittäisen sijoittajan maksama summa jäi kohtuulliseksi. Samalla sijoittaja sai käytännön dataa ja tilastoja aurinkosähkön tuotannosta Suomessa ja mahdollisesti hyvän olon osallistumisesta vihreän sähkön tuotantoon. Myös luennoitsijamme oli halunnut sijoittaa varojaan tähän konseptiin, mutta se olisi edellyttänyt helsinkiläiseen sähköyhtiöön vaihtamista. Sähköyhtiön vaihdosta olisi seurannut huomattavia lisäkustannuksia.

Oma kiinnostukseni tekniikkaa ja erilaisia internetilmiötä kohtaan sai minut tutustumaan aikoinaan joukkorahoitukseen. Tuntui hienolta ajatukselta, että halutessaan pystyy sijoittamaan projektiin, jonka toteutumisesta seuraava käytännön arvo on itselle niin ilmeinen. Oma rahoittajan roolini rajoittui kuitenkin kotikylän viskitislaamon alkupääoman kasvattamiseen viskitynnyriosuuden ostamisella sekä Early Access -peleihin.

Näiden kahden ajatuksen siivittämänä aloin pohtia opinnäytetyöaihetta. Keskusteltuani eri ihmisten kanssa, tulin siihen tulokseen, että yllättävän moni on valmis sijoittamaan aurinkosähköön monista eri syistä. Jotkut halusivat tehdä ekotekoja, osa halusi omistaa omaa sähköntuotantoaan ja joitain, kuten luennoitsijaamme, motivoi oma mielenkiinto alaa kohtaan. Minua taas kiinnosti aiheessa enimmäkseen kannattavan yritystoiminnan mahdollisuus. Uskon myös vahvasti, että aurinkoenergiään liittyvästä ammattitaidosta on tulevaisuudessa minulle hyötyä.

Vaasan alueella ei ollut samanlaista mahdollisuutta sijoittaa aurinkovoimaan kuin esimerkiksi Helsingissä. On siis täysin mahdollista, että ihmiset haluavat osallistua joukkorahoitettuun aurinkovoimaprojektiin, mikäli heille annetaan siihen helppo mahdollisuus.

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, onko Vaasan alueella mahdollista tehdä kannattavaa liiketoimintaa, joka perustuu joukkorahoitteiseen aurinkosähköön. Aiheen valintaan vaikuttivat tekniikan nopea kehittyminen ja sen tuoma markkinatilanteen muutos, vihreää energiaa suosiva ajan henki sekä jo esipuheessa mainitut henkilökohtaiset seikat.

Mikäli tutkimuksen tulokset osoittavat, että tutkimuksen tarkoittamalle yritystoiminnalle on selkeä potentiaali, tutkijan on aikomus ryhtyä käytännön toimenpiteisiin liiketoiminnan aloittamiseksi. Tutkimuksen näkökulma on kannattava liiketoiminta. Riskien ja tutkimuskysymyksiin vaikuttavien tekijöiden selvittämiseksi työssä on perehdytty aiheeseen liittyvään teoriaan. Tutkimus on aloitettu syksyllä 2017 ja sen on tarkoitus valmistua kevään 2018 aikana. Tutkimuksen rajauksena toimivat aurinkopaneelit sähkön tuotantomuotona. Sijoituspaikka mahdolliselle sähköntuotantolaitokselle on Vaasan alue.

1.1 Tutkimusongelma ja tutkimuskysymykset

Tutkimusongelmana ja tutkimuksen tavoitteena on selvittää, onko Vaasan alueella potentiaalia toteuttaa kannattavasti joukkorahoitettu aurinkosähkön tuotantolaitos.

Jotta tutkimuksen tavoite saavutettaisiin, on selvitettävä millaiset kustannukset, skaalautumisominaisuudet, tuotantopotentiaali ja takaisinmaksuaika aurinkovoimalla on tutkimusalueella. Mikäli tällainen hanke muuten vaikuttaa kannattavalta, tulisi seuraavaksi selvittää löytyykö Vaasan alueelta tarpeeksi aurinkovoimaprojektista kiinnostuneita sijoittajia.

Ohjaavat tutkimuskysymykset ovat:

1. Minkä tason tavoitteet ovat realistisia?
2. Mitä tekijöitä tulee ottaa huomioon aurinkosähköhanketta pohtiessa?
3. Mitkä ovat merkittävimmät kannattavuuteen vaikuttavat tekijät?

Kuhunkin kysymykseen vastaaminen vaatii monen eri seikan huomioon ottamista ja tutkimustyötä.

1.2 Tutkimuksen rakenne

Tutkimuksen teoria on jaettu neljään osaan: aurinkoenergia, aurinkosähkön tekniikka, rahoitus ja joukkorahoitus. Teorian aurinkoenergiaosassa käydään läpi ensin lyhyesti energia-alaa kokonaisuudessaan. Sen jälkeen erityisesti aurinkoenergian nykytilannetta. Teorian toisessa osassa perehdytään aurinkoenergian ja erityisesti aurinkosähkön tekniikkaan. Kolmannessa kappaleessa käsitellään ensin rahoitusta yleisesti, sitten yritys- ja projektirahoituksen eroja ja lopuksi joukkorahoitusta.

Tutkimuksen empiirinen osa on jaettu neljään osaan: menetelmät ja toteutus, tulokset, johtopäätökset ja pohdinta. Menetelmät ja toteutus -osassa kerrotaan lyhyesti toteutuksen teoriapohjasta, mitä menetelmiä on valittu käytettäväksi tutkimukseen sekä tutkimuksen analyysiin ja miksi. Tulokset-osassa käydään läpi tutkimuksista saatujen tulosten pohjalta tehty analyysi. Tämän jälkeen pohdinta-osassa tarkastellaan tutkimuksen tuloksia. Viimeisessä osiossa tehdään tuloksien pohjalta johtopäätökset ja joitain jatkotutkimusehdotuksia.

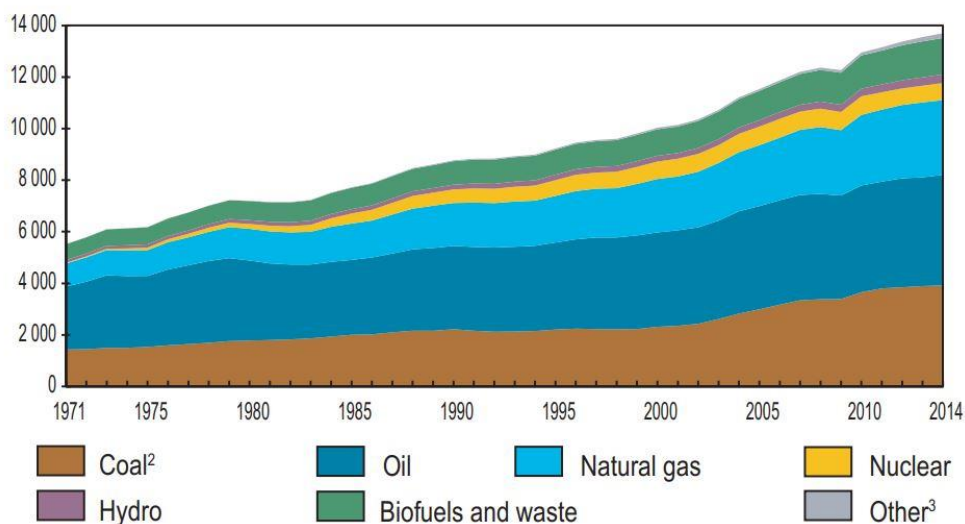
2 AURINKOENERGIA

Tässä luvussa käsitellään aurinkoenergiaa laajemmin historiallisesta ja tilastollisesta näkökulmasta. Teoria kertoo jonkin verran aurinkoenergiasta kokonaisuudessaan, mutta sekä työn teoria että empiirinen osa käsittelevät pääasiassa aurinkosähkön liittyviä asioita.

2.1 Energia nyt ja tulevaisuudessa

Ihmiskunnalla on edessään merkittäviä haasteita, joista moni on vahvassa yhteydessä energiantuotantoon. Suurimpia haasteita ovat väestönkasvu, elintason nousu, ilmastonmuutos, energiatehokkuuden parantaminen sekä yhteiskunnan riippuvuus sähköstä. Haasteet ovat myös vahvasti liitoksissa toisiinsa. Siksi ratkaisu yhteen haasteeseen voi helpottaa myös muissa. /1, s. 16–17/

World¹ total primary energy supply (TPES) from 1971 to 2014 by fuel (Mtoe)



Kuva 1. Maailman primäärienergian lähteet. /2, s. 8/

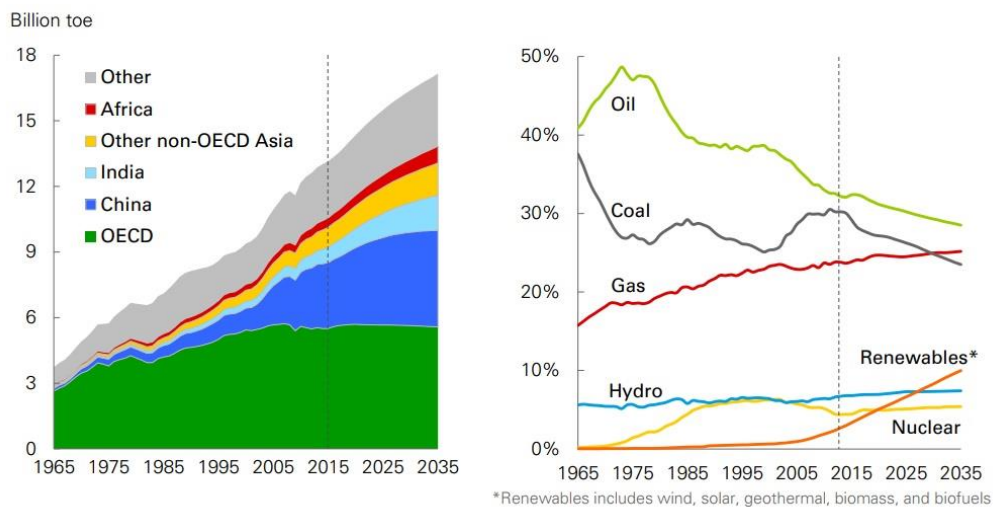
Kuten kuva 1 osoittaa, globaali energiantuotanto on perustunut jo pitkään fossiilille polttoaineille, kuten kivihiileen, öljyyn ja maakaasuun, ja ne kattavat valtaosan

globaalista primäärienergian tuotannosta edelleen. Fossiilisten polttoaineiden varannot ovat kuitenkin ehtymässä. Lisäksi tähän mennessä löydettyjä sekä jo käytössä olevia varantoja on jatkuvasti hitaampi ja kalliimpi hyödyntää.

Esimerkiksi ruoan tuotantomme on vahvasti riippuvainen fossiilisista polttoaineista. Siksi on mahdotonta tuottaa ruokaa tai juomavettä tulevaisuudessa, mikäli olemme riippuvaisia fossiilisista polttoaineista. Tämä seikka, ravinnonpuute ja väestömäärän kasvu yhdessä voivat aiheuttaa kriisin, mikäli emme löydä uusia tapoja tuottaa energiaa.

Elintason nousu on yksi merkittävistä energiantarpeen lisääjistä. Kun kehittyvien maiden elintaso nousee, samalla nousee myös energiantarve. Toisaalta nousevan elintason tuoma korkea koulutustaso on yhteydessä samaan aikaan energiantarpeen lisääntymiseen ja väestönkasvun hidastumiseen, joten tässäkin tapauksessa kaksi kappaleen alussa mainituista haasteista risteää keskenään.

Energiamuodot voidaan jakaa uusiutuviin ja uusiutumattomiin energiamuotoihin. Uusiutumattomat energiamuodot koostuvat lähinnä fossiilisista polttoaineista. Nämä polttoaineet aiheuttavat yleensä hiilidioksidipäästöjä ja niiden varannot ovat rajalliset. Uusiutuva energia perustuu kiertokulkuun. /1, s. 17–28, 4, s. 37/

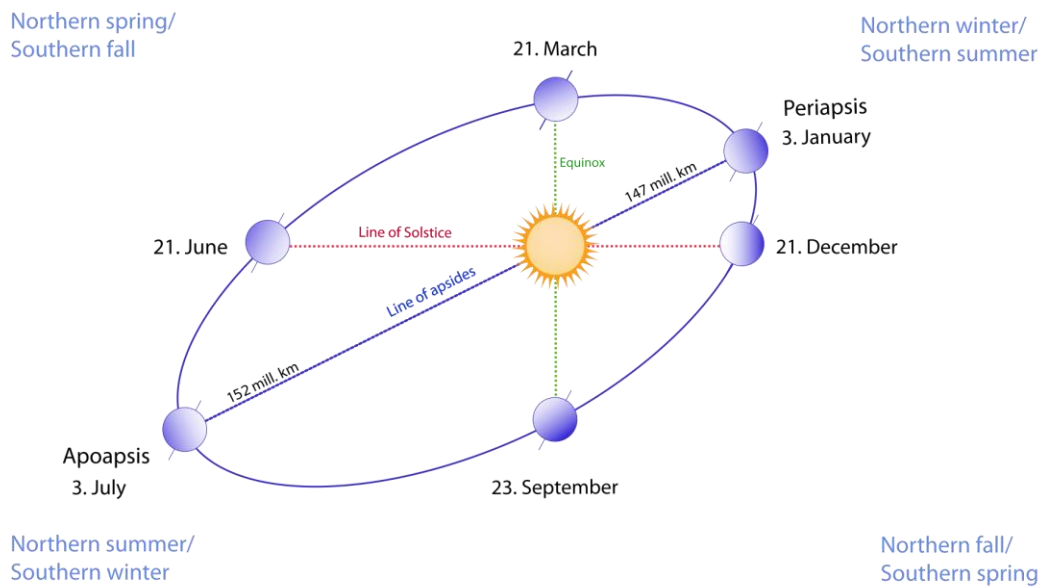


Kuva 2. Arvio energiantarpeen kasvusta ja primäärienergian tuotannon osuuksista. /3, s. 12–14/

Kuvassa 2 näkyy arvio energiantarpeen tulevasta kasvusta ja eri energiamuotojen osuuksista. Kehittyvät maat nojaavat energiantuotannossaan vahvasti fossiilisiin polttoaineisiin niiden käytännöllisyyden vuoksi. Kasvava energiantarve lisää siis nykytilanteessa myös fossiilisten polttoaineiden kulutusta. Uusiutuvien energiamuotojen määrä on kuitenkin maailmanlaajuisesti kasvussa. Tulevien sukupolvien kannalta on oleellisen tärkeää, että uusiutuvat energiamuodot syövät fossiilisten polttoaineiden osuutta globaalista energiantuotannosta. /1, s. 17–28, 4, s. 37/

2.2 Energiamme alkuperä

Aurinko on käytännössä valtava ydinvoimala, joka säteilee energiaa ympärilleen jatkuvalla syötöllä. Maanpäällisistä fissioon perustuvista ydinvoimaloista poiketen auringossa tapahtuva reaktio perustuu ydinfuusioon, jossa energiaa vapautuu, kun vety fuusioituu heliumiksi. Maahan asti päätyvää säteilyenergiaa kutsutaan nimellä insolaatio. Maan kiertorata auringon ympäri on ellipsin muotoinen ja siten maan etäisyys auringosta vaihtelee. Tätä on mallinnettu kuvassa 3. Keskimääräinen etäisyys auringosta on noin 149 miljoonaa kilometriä.



Kuva 3. Maapallon ellipsirata. /5/

Tälle etäisyydelle tehoa kertyy 1360 wattia neliometriä kohden. Neliömetrille ker-
tyvää teoreettista tehomäärää kutsutaan aurinkovakioksi ja se vaihtelee maan ja au-
ringon välisen etäisyyden mukaan. Saamme varastoitua auringon säteilemästä ener-
giamäärästä vain pienen osan, sillä kallistuskulman lisäksi esimerkiksi ilmakehä,
pilvet ja heijastumat verottavat osan säteilevästä energiasta. Näistä vähennyksistä
huolimatta auringosta riittäisi voimaa kattamaan nykyisen globaalin energiankulu-
tuksen 6000-kertaisesti. Emme kuitenkaan kykene ottamaan kaikkea energiaa te-
hokkaasti talteen. Auringon vuodessa maahan säteilemä energiamäärä vastaa noin
satakertaisesti jäljellä olevien fossiilisten polttoaineiden energiamäärää. /6, s. 7–9/

Lukuun ottamatta ydinvoimaa, vuorovesiä ja geotermistä energiaa kaikki käyttä-
mämme energia on lähtöisin auringosta. Tuulet ja tuulivoima, sateet ja vesivoima
sekä kasvit ja bioenergia ovat kaikki auringosta saatavan energian aikaansaamia.
Vaikka aurinko ei säteile ikuisesti, on sen elinjakso miljardeja vuosia. Siksi aurin-
koon perustuvaa energiaa voidaan pitää uusiutuvana.

Fossiiliset polttoaineet ovat aurinkoenergian avulla kasvaneita muinaisia eliöitä,
jotka ovat hautautuneet syvälle maahan ja aikojen saatossa muuttuneet kivihieksi,

maakaasuksi ja öljyksi. Siten polttoaineena käytettävissä materiaaleissa on aina hiiltä ja vedyn yhdisteitä, jotka ovat sitoutuneet niihin auringon säteilyenergiasta. /6, s. 7–9, 12, s. 16–18/

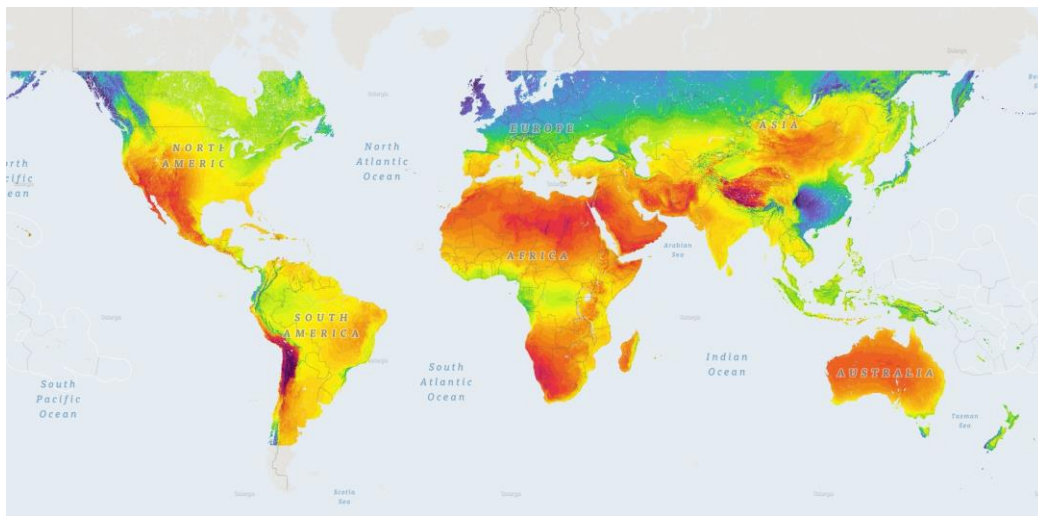
Kun polttoaineita poltetaan, sitoutunut energia vapautuu lämpönä. Tämä lämpö voidaan edelleen käyttää esimerkiksi sähkön tuotantoon pyörittämällä turbiinia, joka puolestaan pyörittää sähköä tuottavaa generaattoria. Vastapainevoimalan avulla talteen voidaan saada jopa 90 prosenttia polttoaineen vapauttamasta lämpöenergiasta. Vastapainevoimala muuttaa 34 % polttoaineen lämpöarvosta sähköksi ja 56 % kaukolämmöksi. /7/

Tällaisessa prosessissa suuri osa energiasta menee kuitenkin hukkaan ja parhaimmillaan kokonaisenergiasta saadaan talteen sähkönä alle 50 prosenttia. Loppuosa vapautuneesta energiasta muuttuu lämmöksi. Tehokkaimmat energian käyttöhyötysuhteet saadaan aikaan silloin, kun käytetään hyödyksi sähkö ja sähköntuotannossa syntynyt hukkalämpö. Sähköä on siis huomattavasti hankalampi tuottaa kuin lämpöä. Lisäksi sähköä voi käyttää monipuolisesti, mutta lämmöllä voi vain lämmitellä. Tämä tekee sähköstä lämpöenergiaa arvokkaampaa.

Sama sääntö pätee myös suoraan auringosta kerättävään energiaan. Auringosta energiaa voidaan kerätä **aurinkokeräimillä lämmöksi** tai **aurinkopaneeleilla sähköksi**. Aurinkokeräimet pystyvät keräintekniikasta riippuen 57–85 prosentin hyötysuhteeseen. Aurinkopaneeleilla sähköksi kerätessä energiasta voidaan tällä hetkellä saada talteen noin 20 prosenttia. On olemassa myös aurinkokeräimen ja aurinkopaneelin yhdistelmiä, jotka niin ikään tuottavat sekä lämpöä että sähköä. /6, s. 10–11, 8/

2.3 Aurinkoenergia

Säteilyenergian määrä vaihtelee eri puolilla maapalloa maan kallistuskulmasta joutu-
tuen. Pohjois- ja etelänavalla maa on aurinkoon nähden loivemmassa kulmassa verrattuna päiväntasaajaan, jossa aurinko paistaa päivällä lähes kohtisuoraan. Kallistuskulman vaikutuksesta säteilyenergia joutuu kulkemaan myös pidemmän matkan ilmakehässä, mikä verottaa säteilyn energiamäärää entisestään. /6, s. 18/



Kuva 4. Aurinkoenergian potentiaali maailmankartalla. /9/

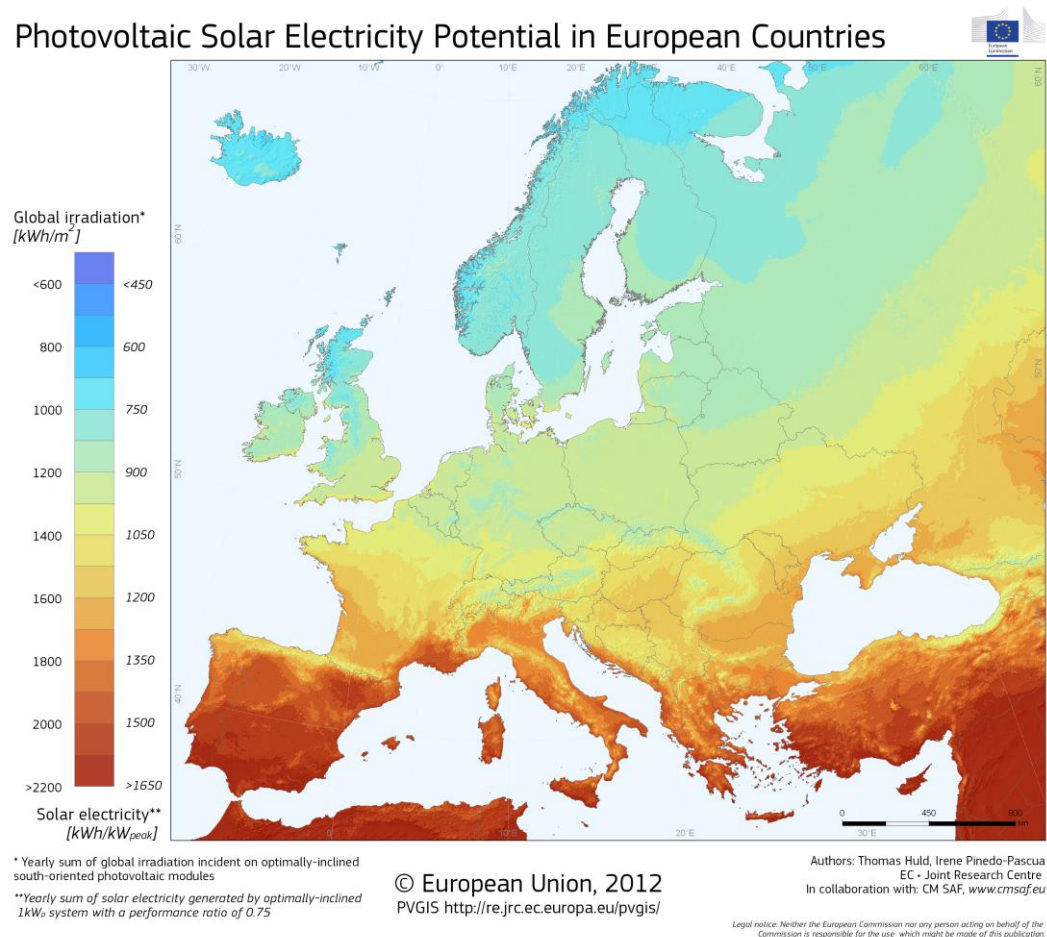
Kuvan 4 kartta näyttää vuosittaisen kesimääräisen aurinkoenergiapotentiaalin. Kartan tekijät eivät ole nähneet tarkoituksenmukaiseksi lisätä kuin aivan Suomen eteläisemmän osan palveluun.

Kartasta voidaan kuitenkin nähdä aiemmassa kappaleessa mainittu ilmiö. Napa-alueilla potentiaali aurinkoenergiaan on heikompi kuin päiväntasaajan etelä- ja pohjoispuolella. Kartan mukaan Eurooppa ei ole optimaalisin paikka aurinkoenergian tuotantoon. Maahan asti ulottuvan säteilyenergian määrä riippuu myös säätilojen vaihtelusta. Esimerkiksi Afrikkaa katsottaessa tämä ilmiö näkyy selvänä. Aivan päiväntasaajalla energiaa ei kerry eniten, sillä päiväntasaajalla sataa huomattavasti.

Vesialueet on jätetty kokonaan pois tästä potentiaalikärtästä. Maapallon pintalasta noin 71 prosenttia on valtamerien peitossa. /10/ Kiina on rakentanut vuonna 2017 maailman suurimman kelluvan aurinkovoimalan. Tämä voimala kelluu järven pinnalla ja provinssihallinto haluaa laajentaa toimintatapaa useisiin uusiin kohteisiin. /11/ Kelluvia aurinkopaneeleita käytetään myös vesialtaissa Intiassa. Näissä altaissa paneelit estävät veden haihtumista ja vesi puolestaan viilentää paneeleita.

Samalla säästetään siis maapinta-alaa sekä vettä ja pystytään tuottamaan enemmän sähköä. /6, s. 18–19/

Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries



Kuva 5. Euroopan aurinkosähkön potentiaalikartta. /12, 13/

Kuvassa 5 näkyy aurinkosähkön potentiaalikartta Euroopasta. Kartta kertoo, miten paljon säteilyenergiaa voidaan varastoida keskimäärin vuositasolla. Etelä-Eurooppaan verrattuna Saksa saa todella heikosti säteilyenergiaa. Tästä huolimatta Saksa on maailman johtava aurinkoenergiamaa.

Kartan mukaan Saksan pohjoispuolella saadaan lähes saman verran säteilyenergiaa vuoden aikana kuin Etelä- ja Länsi-Suomessa. Tämä tapahtuu siitä huolimatta, että

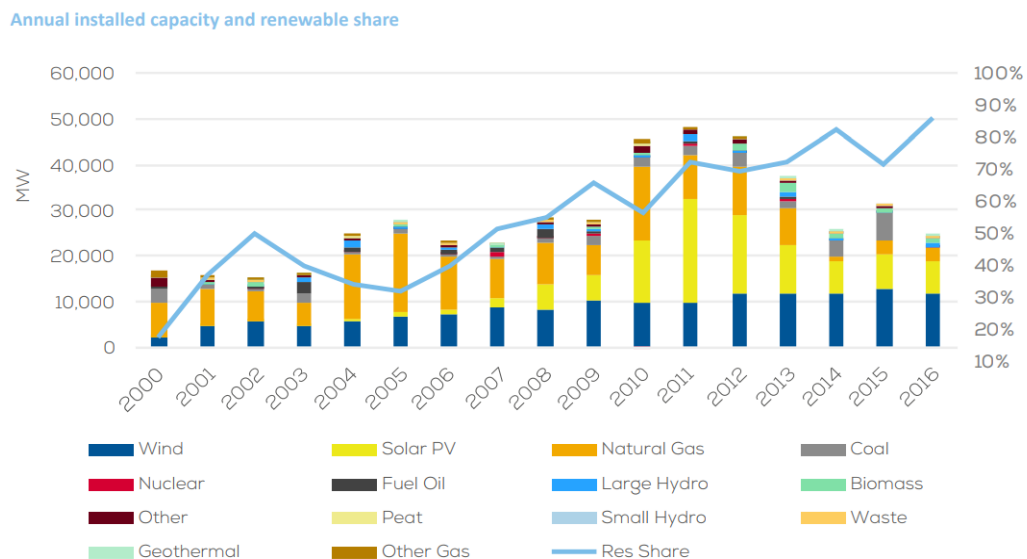
Suomi on Saksaa huomattavasti pohjoisempana. Ilmiön selittää Suomen kannalta positiivisesti energiakertymään vaikuttavat sääolot; Saksassa on enemmän pilviä ja sateita. /6, s. 18–19/

Auringonpaistetta mitataan tunteina kuukaudessa. Suomessa lounaiset rannikkoalueet ovat aurinkoisimpia. Aurinko paistaa lounaassa keskimäärin 1900 tuntia vuodessa. Pohjoiseen ja sisämaahan liikuttaessa auringonpaisteen määrä vähenee. Lapin itäosassa, jossa saadaan vähiten auringonpaistetta, aurinkotunteja kertyy keskimäärin 1300 vuodessa. Helsingissä aurinko paistaa vuoden lyhyimpinä päivinä enintään viisi tuntia vuorokaudessa ja kesällä 20 tuntia päivässä. Toisaalta Sodankylässä kaamosaikaan auringonpaistetunneista ei välttämättä kerry edes minutteja. Keskikesällä taas Sodankylässä 24 tunnin auringonpaiste vuorokaudessa on mahdollinen. /14, 15/

2.4 Aurinkosähkön nykytilanne

Aurinkosähköön tehtävät investoinnit ovat kasvussa. Lisäksi aurinkosähköä pidetään yhtenä parhaista ratkaisuista ihmiskunnan tuleviin energiahuollon tarpeisiin. Seuraavaksi tarkastellaan aurinkosähkön tilannetta maailmalla ja Suomessa. /4, s. 38/

2.4.1 Aurinkosähkö maailmalla



Source: WindEurope

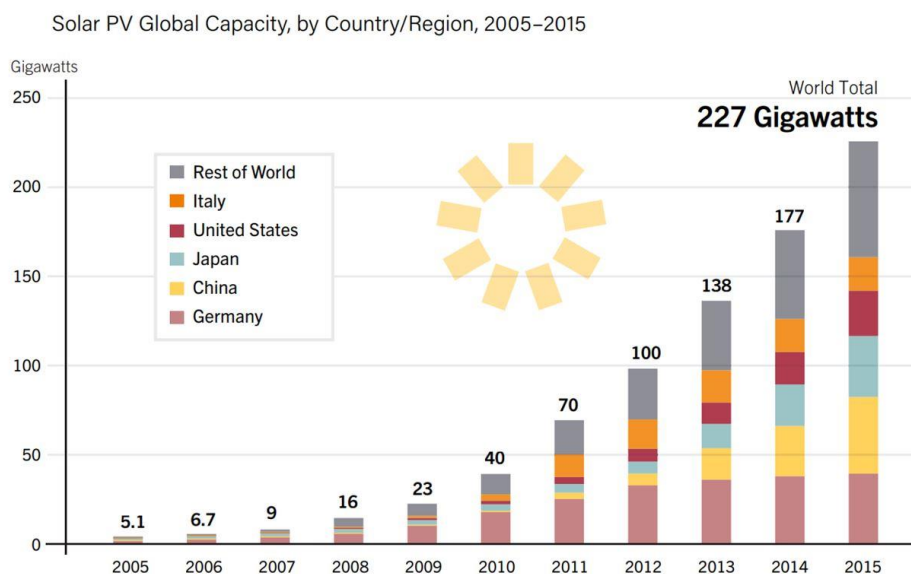
Kuva 6. EU-alueella vuosittain rakennettu sähköntuotanto. /17, s. 13/

Kuva 6 kuvaa Euroopan unionissa rakennettua uutta sähköntuotantoa. Kuvasta voidaan nähdä, että 2000-luvulla EU:ssa rakennetun sähköntuotantokapasiteetin pohjana ovat toimineet tuuli, aurinko ja maakaasu. Muihin energiamuotoihin perustuvaa sähköntuotantoa on rakennettu näihin kolmeen verrattuna vähän.

Aurinkosähkön osuus viimeisen 20 vuoden aikana rakennetusta sähköntuotannosta on merkittävä. Esimerkiksi vuonna 2014 aurinkosähkö vastasi noin kolmasosaa uudesta rakennetusta sähköntuotannosta ja vuosina 2010–2013 vielä huomattavasti enemmän. Tätä selittävät voimakkaat tuki- ja syöttötariffijärjestelmät, jotka vääristävät markkinoita. Syöttötariffijärjestelmässä sähköntuottajalle annetaan tuotannosta takuuhinta. Sitä käytetään ohjaamaan sähkömarkkinoita, kun halutaan lisätä

tiettyä energiamuotoa. Monissa maissa syöttötariffijärjestelmä on käynyt aurinkosähkön kannalta tarpeettomaksi, kun aurinkosähköä on pystytty tuottamaan kannattavasti. /4, s. 38–40/

Kuvassa 6 sininen *Res Share* -viiva kuvaa uusiutuvan energian osuutta uudesta rakennetusta sähköntuotannosta. Kuvan mukaan trendi on nousujohteinen. Uusiutuvan energian osuus sähköntuotannossa on kasvanut Euroopan unionin alueella merkittävästi. Vuosituhannen alussa alle 20 prosenttia uudesta tuotantokapasiteetista perustui uusiutuviin energioihin. Kehitys on ollut siitä asti melko tasaista, ja vuonna 2016 jo 86 prosenttia rakennetusta sähköntuotannosta perustui uusiutuvaan energiaan. Kuvasta 6 voidaan myös nähdä, että aurinkosähkön osuus tuotantokapasiteetista on ollut merkittävä. /17, s. 13/



Kuva 7. Globaali aurinkosähkön kehitys. /18, s. 62/

Kuva 7 näyttää aurinkosähkökapasiteetin kehityksen gigawateissa vuoteen 2015 asti. Saksalla on ollut vuoteen 2015 asti selkeästi suurin aurinkosähkön tuotantokapasiteetti. Myös Japani ja Kiina ovat tehneet suuria lisäyksiä aurinkosähkön tuotan-

toon. Kuvan mukaan vuoden 2015 aikana Saksa ja Kiina ovat tuotantokapasiteetillaan todella lähellä toisiaan. Lisäksi Kiina on ilmoittanut yli 100 miljardin investoinnista aurinkovoimaan vuosien 2016–2020 välillä, tarkoituksenaan viisinkertaistaa aurinkovoimakapasiteettinsa. /4, s. 40–42, 20/

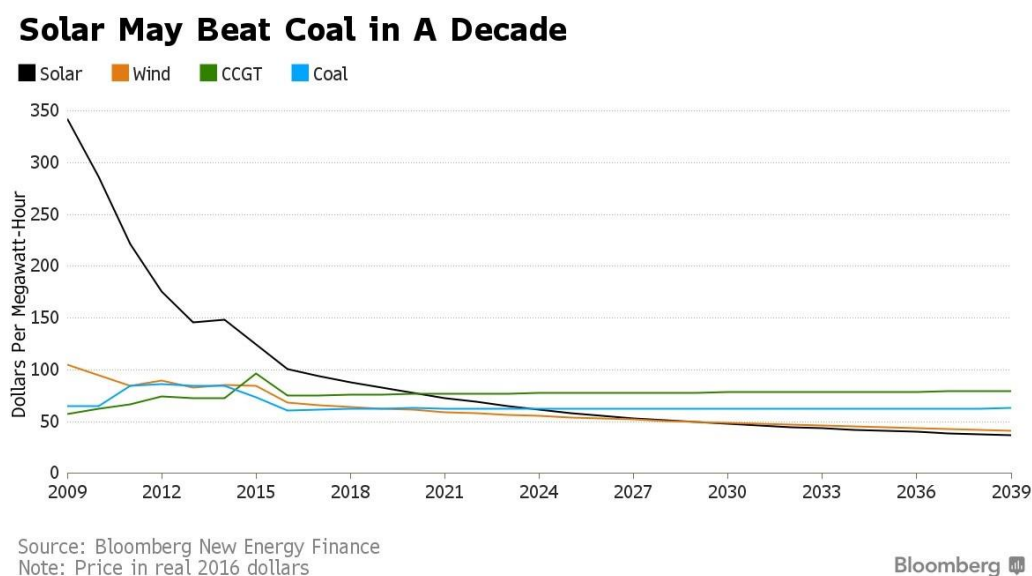
2.4.2 Aurinkosähkö Suomessa

Vuonna 2014 Saksa tuotti 32 terawattituntia aurinkosähköä, mikä vastaa kuutta prosenttia koko Saksan sähkönkulutuksesta. Suomessa käytettiin samana vuonna noin 83 terawattituntia sähköä, mutta aurinkosähkön osuus oli siitä niin vähäinen, että esimerkiksi Energiateollisuus ry ei tilastoinut sitä vuosikatsauksessaan lainkaan. Vuonna 2017 aurinkosähkön osuus Saksan sähkönkulutuksesta oli 7,2 prosenttia, eli noin 40 terawattituntia. /4, s. 41–43, 19/

Vuonna 2015 Energiavirasto ja Finsolar-hanke toteuttivat yhdessä kyselyn. Kyselyssä ilmeni, että Suomessa verkkoon on liitetty arviolta kahdeksan megawatin edestä aurinkosähköä. Saksassa aurinkosähköä tuotetaan noin 5000 kertaa enemmän kuin Suomessa, vaikka teoriassa saman järjestelmän asentaminen Etelä-Suomeen tai Pohjois-Saksaan tuottaa vuosittain saman verran sähköä. Suomessa aurinkosähkön käyttö on siis verrattain vähäistä.

Suomessa aurinkosähköä on käytetty mökeillä 1980-luvulta lähtien. Suomalainen Naps Solar Systems on toimittanut noin puolet Suomen 80 000 mökkisähköjärjestelmästä. Näitä järjestelmiä ei ole kytketty valtakunnan verkkoon, eli ne ovat niin sanottuja suljettuja järjestelmiä. /4, s. 41–43/

2.5 Aurinkosähkön hinnankehitys

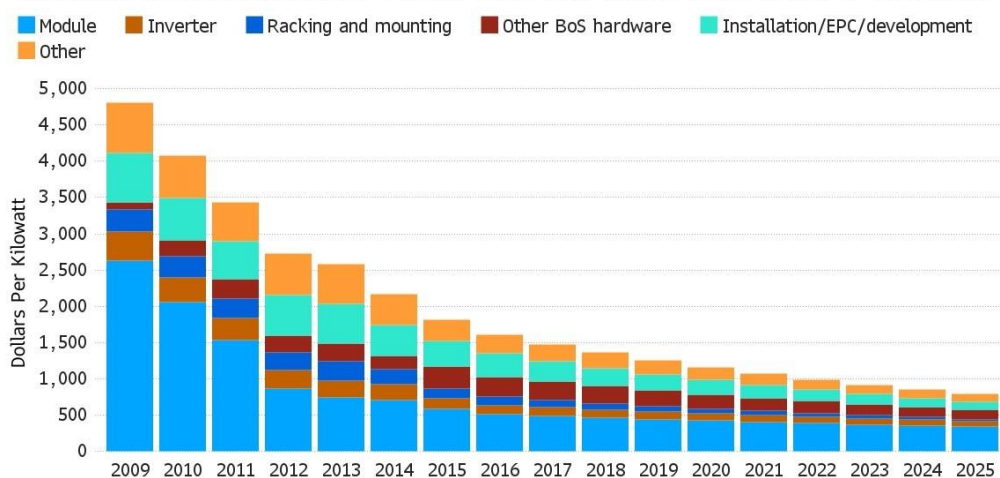


Kuva 8. Sähköntuotantotapojen hinnankehitys. /21/

Aurinkosähkön hinta on laskenut kymmenessä vuodessa roimasti ja sen ennustetaan laskevan edelleen. Kuvassa 8 on vertailtu ja ennustettu eri tuotantomuotojen hinnankehitystä vuosien 2009 ja 2039 välillä. Vertailussa y-akseli edustaa hintaa dollareissa per megawattitunti ja x-akselilla on näkyvissä vuosiluvut. Kuvaajista voi havaita, että aurinkosähkön hinnanpudotus on ollut viimeisen kymmenen vuoden aikana merkittävä. Tälle on useita eri syitä. Esimerkiksi aurinkopaneelien yleistyminen ja Saksan ”energiäkäännö” ovat nostaneet paneelien tuotantoa.

Solar Farm Costs Are Shrinking

The global weighted average of a utility-scale solar project is set to fall by 84 percent



Source: IRENA analysis and Photon Consulting, 2016

Bloomberg

Kuva 9. Aurinkovoimaloiden hinnankehitys ja kulujen osuudet. /21/

Kuvassa 9 aurinkopaneelia on merkitty nimellä ”module” ja se näkyy kuvaajissa pylväiden alimpana osana. Aurinkosähkön investoinneissa suurin kustannusosuus on aurinkopaneeleilla. Siten paneelien hinnanpudotus vaikuttaa vahvasti myös aurinkosähkön tuotannon kokonaishintaan ja tekee siten aurinkosähköstä kilpailukykyisemmän. Vaikka aurinkopaneelien hinnanpudotus selittää aurinkosähkön roimaa hinnanpudotusta, kuva 8 paljastaa, että myös muut järjestelmän investointikustannukset ovat pudonneet merkittävästi. /4, s. 45, 6, s. 21, 21/

2.6 Aurinkosähkön merkittävimmät haasteet ja teoreettiset ratkaisut

Aurinkosähkön käyttöön liittyy vielä useita haasteita. Aurinko paistaa eri puolille maailmaa epätasaisesti. Lisäksi säätilat, kuten pilvinen sää, vaikuttavat voimakkaasti aurinkosähkön saatavuuteen. Ongelmana on siis huono ennustettavuus ja sähköntuotannon epätasaisuus. Auringonpaisteen epätasaisuus on ongelma etenkin korkeilla leveysasteilla. Esimerkiksi Suomessa aurinko paistaa vain vähän juuri talvella, kun sähkönkulutus on suurimmillaan.

Toinen haaste liittyy suoraan myös aiempaan: sähkön tehokkaan varastointikeinon puute. Laajamittainen akkujen käyttö energian säilömiseksi on vielä liian kallista, mutta akkutekniikoita kehitetään monilla tahoilla kustannus- ja toimintatehokkuuden parantamiseksi. Yksi mahdollinen ratkaisu on käyttää auringon energiaa polttoaineen valmistuksessa, eli aurinkoenergia varastoitaisiin polttoaineeseen.

Energian tehokas siirtäminen sieltä missä sitä syntyy, alueille jossa energiaa ei synny, olisi kausiluonteisen energian käyttöä helpottava ratkaisu. Tällaisia teoreettisia ratkaisuja ollaan jo kehitetty. Suurella 800 kilovoltin tasajännitteellä toimivassa verkossa (HVDC - High Voltage Direct Current) 1000 km matkalla energiasta häviää alle kolme prosenttia. Tämä mahdollistaisi energian siirron esimerkiksi Pohjois-Afrikasta meren ali Eurooppaan. Teoriassa jännitettä voisi kasvattaa entisestään hävikin vähentämiseksi ja sitä kautta mahdollistaa vielä pidemmät siirtomatkat. Tämä mahdollistaisi sähkön siirron eri puolille maapalloa. Siten öisin aurinkosähköä voisi tuottaa niissä osissa maapalloa joissa on päivä. Tällä tavoin voitaisiin välttää energian varastoinnin tarve. /1, s. 62, 153–154, 6, s. 21–24, 22/

Aurinkosähkön epätasainen tuotanto on haaste myös nykyiselle sähköverkkojärjestelmälle. Sääolosuhteiden muutokset saattavat aiheuttaa äkillisiä tuotannonlaskuja. Aurinkosähkön tuotanto keskittyy myös päivään, mutta kun iltaisin aurinkosähkön tuotanto alkaa loppua, joudutaan se korvaamaan muilla tuotantomuodoilla. Muussa sähköntuotannossa sähkölaitoksen hidas ylösajo voi vaikuttaa negatiivisesti polttoaineen kulutukseen ja huoltoon. Siten kontrolloimaton aurinkosähkön syöttäminen verkkoon on muun sähköntuotannon kannalta haaste. /1, s. 62, 153–154, 6, s. 21–24/

3 AURINKOSÄHKÖN TEKNIikka

Tässä luvussa käydään läpi aurinkosähkön teknistä toimintaa. Tähän sisältyy aurinkosähkön yleinen toimintaperiaate, aurinkopaneelimallit sekä aurinkovoimalan komponentit. Erityisesti keskitytään sähköverkkoon kytkettyyn järjestelmään ja sen komponentteihin.

3.1 Aurinkopaneelin toimintaperiaate

Kun aurinko paistaa sopivasta puolijohdemateriaalista koostuvalle pinnalle, valo-
hiukkaset eli fotonit pystyvät irrottamaan atomeista varauksenkuljettajia ja syntyy
sähkövirtaa. Yleisesti tällaisena materiaalina käytetään aurinkopaneeleissa piitä.
Piihin lisätään seosaineita (esimerkiksi booria ja fosforia), jotka muodostavat eri
varaukselliset puolijohdekerrokset.

P-tyypin puolijohteeseen jää seosaineen myötä ylimääräisiä elektronittomia auk-
koja. Elektroni katsotaan varaukseltaan negatiiviseksi, joten puolijohdetta nimetään
positiiviseksi puolijohteeksi tai p-tyypin puolijohteeksi. N-tyypin puolijohteeseen
lisätään taas seosainetta, jonka myötä seosaineeseen jää ylimääräisiä elektroneja.
Siten sen varauksesta tulee negatiivinen. Tällaista puolijohdetta kutsutaan negatii-
viseksi tai n-tyyppiseksi puolijohteeksi.

Nämä kerrokset muodostavat yhdessä potentiaalivallin, joka toimii tasasuuntaajan
eli diodin tavoin. Se päästää sähkövirran lävitseen vain yhdestä suunnasta. Aurin-
gosta saapuvat valohiukkaset irrottavat siis ohuessa n-tyyppisessä puolijohdeker-
roksessa varauksenkuljettajia, jotka voivat liikkua kerrosten välillä vain yhteen
suuntaan. Tällä tavoin aurinkokennon virran tuotto lisääntyy. Kun tälle prosessille
saadaan vielä tarpeeksi suuri pinta-ala ja tehdään sarja- ja rinnankytkentöjä, saadaan
aikaan tarvittavat virta ja jännitemäärät. /4, s. 24–25, 58–59, 6, s. 30–37/

3.2 Sähköverkon ulkopuolinen ja sähköverkkoon kytketty järjestelmä

Sähköä voidaan tuottaa omaan käyttöön sähköverkon ulkopuolella. Tällaisesta
hyvä esimerkki on jo aiemmin mainittu tapa tuottaa sähköä mökillä ja varastoida se
akkuihin. Jotkin aurinkosähköstä kirjoitetut kirjat kutsuvatkin tällaista sähköverkon

ulkopuolella toimivaa järjestelmää mökkisähköjärjestelmäksi. Tämä on myös tyyppillinen tapa tuottaa sähköä kehittyvillä markkinoilla, kuten Afrikan laajoilla sähköverkon ulottumattomissa olevilla alueilla. Samanlaisia järjestelmiä ovat esimerkiksi purjeverene tai matkailuauto. /4, s. 43–44, 24/

Toisessa kytkentätavassa tarkoitus on tuottaa sähköä ensin itselle, mutta myydä käyttämättä jäänyt osa sähköverkkoon. Tällöin järjestelmä on siis yhdistyksissä valtakunnalliseen sähköverkkoon. Sähköverkon piirissä olevat akkujärjestelmät ovat harvinaisia, sillä yleensä näissä sähköverkko toimii ”akkuna”, eikä akkuihin investointi ole kannattavaa. Akkuihin turvaudutaan tällaisissa järjestelmissä joskus silloin, kun ollaan sähkötoimituskatkoksille alttiilla alueella tai omaa tuotettua energiaa halutaan käyttää öisin. Suomessa jälkimmäinen perustelu ei vielä toimi ainakaan taloudellisuutta perustellessa.

Kolmas tapa on hyödyntää aurinkopaneelien tuottamaa sähköä suoraan, lataamalla esimerkiksi kännykkää. Samalla tekniikalla voitaisiin esimerkiksi lämmittää vettä, mutta lämmön tuottamiseen tarkoitettujen aurinkokeräimet ovat tähän huomattavasti parempi ratkaisu. /4, s. 43–44/

3.3 Paneelityypit

Pääsääntöisesti laajassa kiinteistökäytössä on kaksi paneelityyppiä: yksikiteiset ja monikiteiset aurinkopaneelit. Käsittelen seuraavaksi näitä kahta paneelityyppiä. On olemassa myös kestävämpi ja taipuisa ohutkalvopaneeli, jota kutsutaan myös nimellä amorfinen aurinkopaneeli. Tätä paneelityyppiä on käytetty hankaliin kohteisiin tai liikkuvaan käyttöön, ja sillä on aiemmin ollut kahta ensimmäisenä mainittua alhaisempi hyötysuhde. Tässä työssä ei käsitellä laajemmin ohutkalvopaneeleita, vaikka tekniikan merkitys tulevaisuudessa voikin olla merkittävä.

Aurinkopaneelit koostuvat pienemmistä aurinkokennoista, joita on paneelissa sarjaan- ja joskus myös rinnankytkettyinä. Sarjakytkennällä voidaan kasvattaa jännitettä ja rinnankytkennällä voidaan kasvattaa virtaa. Nämä yleensä neliön muotoiset, kulmista pyöristetyn kennot kootaan alustalevyille, jota kutsutaan aurinkopaneeliksi. Aurinkopaneeleja vertaillaan usein hyötysuhteella. Hyötysuhde (cp-value) kertoo,

miten suuren osuuden potentiaalisesta säteilyenergiasta paneeli pystyy muuttamaan sähköksi. /4, s. 28, 57–69, 6, s. 38–47/

On olemassa aurinkoa seuraavia, paneelien kallistuskulmaa muuttavia järjestelmiä (tracking). Aurinkoa seuraavat järjestelmät perustuvat suoran säteilyn tehokkaaseen hyödyntämiseen. Aurinkopaneelien keräämä kokonaissäteily koostuu hajasäteilystä ja suorasta säteilystä. Hajasäteily on esimerkiksi pilvistä tai maasta heijastunutta säteilyä. Suomessa hajasäteily on merkittävä osa kokonaissäteilystä. Suomessa aurinkoa seuraavia järjestelmiä ei yleisesti pidetä taloudellisesti järkevinä. /23/

3.3.1 Yksikiteiset aurinkopaneelit

Yksikiteinen aurinkopaneeli on näistä kahdesta ensimmäisenä kehitetty aurinkopaneelityyppi. Yksikiteinen aurinkopaneeli koostuu yhdestä kokonaisesta kiderakenteesta. Tästä rakenteesta se on saanut myös nimensä ja tämä ominaisuus antaa sille myös korkean hyötysuhteen. Rakenteen voi tunnistaa aurinkokennon tasaisesta väristä tai kennojen väliin jäävistä salmiakkikuvioista. Tällä tekniikalla voidaan saavuttaa 16–25 prosentin hyötysuhde. Koska kennot koostuvat yhtenäisistä kiteistä, saadaan niiden rakenteet suunnattua valonlähteeseen optimaalisesti. Paneeli on kuitenkin monikiteistä herkempi ympäristöstä johtuvalle varjostukselle.

3.3.2 Monikiteiset aurinkopaneelit

Monikiteisiä aurinkopaneeleja valmistetaan vaihtelevilla tekniikoilla. Kennosta voidaan valmistaa helpommin eri kokovariaatioita, minkä ansiosta pystytään käyttämään koko aurinkopaneelien pinta-ala. Näissä paneeleissa kiderakenne ei ole yksikiteisenpaneelin tapaan saman suuntainen, joten hyötysuhde jää alhaisemmaksi: hieman alle 20 prosenttia. Saman rakenteen ansiosta paneeli pystyy kuitenkin paremmin hyödyntämään monista eri suunnista tulevan säteilyenergian. Siten myös varjostuksesta aiheutuva haitta on tässä paneelityypissä yksikiteistä pienempi. Monikiteistä aurinkopaneelia käytetään yleisimmin kiinteistöissä. /4, s. 57–59, 6, s. 40–46, 20, 25/

3.4 Aurinkosähköjärjestelmän muut komponentit

Seuraavassa selvitetään mitä muita komponentteja tarvitaan valtakunnanverkkoon kytkettyyn aurinkosähköjärjestelmään, ja mikä on näiden komponenttien rooli järjestelmässä.

3.4.1 Akku ja energianvarastointi

Mikäli osa tuotetusta sähköstä halutaan varastoida tulevaa käyttöä varten, tarvitaan siihen varastointitapa. Suurin valtakunnanverkon sähkönvarastointitapa on vesivoima, mutta kiinteistöissä käytetään yleensä akkua. Akkujen käytössä on oleellista verrata tarvittavan laitteiston investointikustannuksia kilowattituntihinnan tasolla ja osto-myyntisähkön hintaeroa. Tarkoitus on siis laskea, onko akkuihin investointi loppujen lopuksi kannattavampaa kuin syöttää virta suoraan valtakunnanverkkoon. Tässä työssä käytetyssä teoriassa olevien vertailujen mukaan akkuihin investointi ei ole toistaiseksi kannattavaa, mutta pieni muutos osto-myyntisähkön hinnanerossa voi muuttaa tilanteen. /4, s. 54/

3.4.2 Verkkoinvertteri

Verkkoinvertteri tarvitaan muuttamaan paneelien tuottama tasavirta vaihtovirraksi ja synkronoimaan se sähköverkkoon. Verkkoinvertteri huolehtii myös suojustuksista. /4, 139–172/

3.4.3 Kaapelit

Kytkeäntöihin tarvitaan myös kaapelia. Aurinkopaneelin ja verkkoinvertterin välissä (tasavirran puolella) käytetään yleensä eri kaapelia kuin verkkoinvertterin, turvakytkimen ja sähkökeskuksen välissä (vaihtovirran puolella). Tasavirran puolella käytetään usein aurinkokaapeliksikin kutsuttua suojustua teräskaapelia. Kaapelin poikkileikkausala on kuusi tai kymmenen neliömillimetriä. Vaihtovirran puolella käytetään tavallisia sisäasennuskaapeleita. /4, 139–172/

3.4.4 Turvakytkin

Sähköturvallisuusmääräysten mukaan järjestelmään on asennettava turvakytkin, jolle on esteetön pääsy. Turvakytkimen avulla voi tarpeen tullen nopeasti ja helposti erottaa verkkoinvertterin sähkövirrasta. Verkkoinvertterissä on usein tasavirran puolella valmiina turvakytkin. /4, 139–172/

3.4.5 Asennus ja huolto

Mökkisähköjärjestelmässä kytkennät jäävät akkujännitealueelle, joten asentamiseen ei tarvita sähköasennusoikeuksia. Sähköverkkoon kytketyille aurinkosähköjärjestelmälle suositellaan kuitenkin avaimet käteen -pakettia ja kytkennät on jätettävä ammattilaisten käsiin. Paneelit voi kiinnittää myös itse, tosin myös se sujuu ammattilaisilta tehokkaasti. Itse tehdyssä asennuksessa on huolehdittava erityisesti turvallisuudesta kytkentöjen, tavaran kuljettamisen sekä korkeissa paikoissa liikkumisen suhteen. Jo neljällä sarjaan kytketyllä paneelilla voi ylittää tasajännitteen 120 voltin pienoisjänniterajan. Asennus vaatii myös useita muita toimenpiteitä, kuten läpivientejä, turvakytkimien ja invertterien asentamista, kaapelointia ja paneelien rungon kiinnitystä. Näissä kaikissa on otettava huomioon turvamääräykset, tai jätettävä asia ammattilaisen hoidettavaksi.

Vaikka aurinkosähköjärjestelmä ei lähtökohtaisesti tarvitse ylläpitoa, tuotantoa kannattaa seurata esimerkiksi vaurioiden varalta jatkuvasti. Paneelien tekninen käyttöikä on pidempi kuin invertterin. Lumia ei tarvitse välttämättä pudottaa lainkaan. Aurinko lämmittää paneelia siten, että lumi valuu tai sulaa pois yleensä jo alkuvuodesta. /4, s. 71, 139–172/

3.5 Aurinkosähköön liittyvät lait ja tukijärjestelmät

Suomessa ei ole määritelty erillistä syöttötariffia aurinkosähkölle, joten aurinkosähköjärjestelmän suosio nojaa sen kannattavuuteen. Omakotitaloissa järjestelmän asennuksen osalta voi tehdä kotitalousvähennyksen. Asennuksen koko ja veroprosentti vaikuttavat saatavaan hyötyyn.

Asunto-osakeyhtiössä huoneistoiden kohdalla voidaan käyttää kotitalousvähennystä. Asunto-osakeyhtiöt eivät voi tällä hetkellä hyötyä kotitalousvähennyksestä tai saada investointiavustusta. Yritykset, kuten maatilat, voivat hyötyä maksimissaan 30 prosentin investointituista. Tätä investointi- tai energia-avustusta voi hakea paikallisesta ELY-keskuksesta. /4, s. 149–150/

Sähkölle voidaan myöntää sähkön alkuperätakuu. Sähköä voi markkinoida uusiutuvaan energiaan perustuvana ainoastaan, kun sille on myönnetty alkuperätakuu. Takuun myöntää Suomessa Fingrid Oyj. Energiavirasto valvoo tämän lain noudattamista. /26/

Nettomittarointi viittaa laskutustapaan, jossa asiakkaan maksettavaksi jää tietyllä aikavälillä vain energian nettokulutus, eli kulutuksen ja tuotannon erotus. Nettomittarointiin vaikuttaa vahvasti valittu aikaväli, mutta yleisesti voidaan sanoa, että nettomittarointi olisi pientuottajien kannalta edullinen ratkaisu. Sähkøyhtiöille ratkaisu olisi haitallinen, sillä nettomittarointi pienentäisi esimerkiksi sähkön siirtomaksuja ja nostaisi pientuottajien tariffihintoja. /16, s. 32/

Kaavoitus säätelee alueiden käyttöä. Kaavoituksella on eri kaavatasoja. Korkeamman tason kaavat ohjaavat alempien tasojen yksityiskohtaisempaa kaavoitusta. Yleiskaavalla ohjataan kaupungin maankäyttöä ja liikenteen järjestämistä yleisellä tasolla. Yleiskaava kattaa koko kaupungin. Asemakaavat ohjaavat alueiden käyttötarkoitusta ja rakentamisen määrää. Asemakaavoilla määritetään myös talojen korkeudet, katujen leveydet ja muita kaupunkikuvaan vaikuttavia seikkoja. Asemakaava voi koskea yhtä tonttia tai kokonaista asuinalueita. /27/

4 RAHOITUS

Tämä osio teoriasta paneutuu rahoitukseen. Ensin käydään läpi rahoituksen perusteita. Tämän jälkeen teoria käsittelee pääomarakennetta, lainatyyppejä ja kannattavuuslaskentaa.

4.1 Rahoituksen perusteet

Rahoituksen perustehtävänä on ohjata varoja tuottaviin investointikohteisiin. Investoinnissa pääomaa uhrataan tulevien tuottojen saavuttamiseksi. Investoinneista saava hyöty voidaan mitata rahassa, mutta joskus hyöty on välillistä (esimerkiksi työntekijöiden hyvinvoinnin parantaminen). Investoinnin luokitteluun voidaan käyttää monia eri kriteerejä, esimerkiksi investoinnin suuruus tai investoinnin tuottamat kassavirrat. Investointiprojektissa on useita eri vaiheita, kuten kannattavuuslaskelmien laatiminen, päätösten teko ja seuranta.

Yrityksen näkökulmasta rahoituksen kolme ydinkysymystä ovat mihin sijoittaa, mistä hankitaan rahoitus ja mikä on päivittäisen maksuvalmiuden tilanne. Laajasta näkökulmasta kaikki muut rahoitukseen liittyvät kysymykset kytkeytyvät näihin peruskysymyksiin. Rahoitussuunnitelmat voidaan jakaa pitkän ja lyhyen aikavälin suunnitelmiin. /28, s. 11–23/

4.2 Oma ja vieras pääoma

Yritysten on tehtävä erilaisia rahoitusstrategisia päätöksiä. Yksi tärkeä päätös on oman ja vieraan pääoman suhteen valitseminen. Vieras pääoma tarjoaa erilaisia hyötyjä. Esimerkiksi vieraan pääoman korot voidaan vähentää verotuksessa. Liian suuri vieraan pääoman osuus tekee kuitenkin yrityksestä velkaisen ja nostaa esimerkiksi yritystoiminnan riskiä. Yritykset pyrkivät optimaaliseen pääomarakenteseen, eli että yrityksen velkaisuus on optimaalisella tasolla velasta aiheutuvien haittojen ja hyötyjen kannalta. /29, s. 115/

Pääoman hankkimiseen on monia eri tapoja. Etenkin aloittavat yritykset käyttävät usein omaa pääomaa ja julkista rahoitusta toiminnan aloittamiseen. Myös vierasta

pääomaa käytetään, usein vakuutena. Julkista rahoitusta myöntävät Suomessa Finnvera Oyj ja Tekes. Rahoituksen saamiseksi on täytettävä tietyt ehdot ja rahoitusta tarjotaan esimerkiksi lainojen, takausten, pääomasijoitusten ja avustuksien muodossa. Yrityksillä on myös useita muita rahoitusvaihtoehtoja, esimerkiksi pörssiin listautuminen tai erilaiset joukkovelkakirjalainat. Tässä työssä perehdytään tutkimukselle olennaisiin rahoitusmuotoihin. Työ ei käsittele erilaisia rahoitusmuotoja ja velkainstrumentteja laajemmin. /29, s. 20–59/

4.3 Tasaerälaina, annuiteetilaina ja tasalyhennyslaina

Tasaerälainassa maksuerät pysyvät koko ajan saman suuruisina ja laina-aika vaihtelee. Jos lainan viitekorko esimerkiksi nousee, maksuerät pysyvät samoina, mutta suurempi osuus lainanmaksuerästä kuluu korkokuluihin. Lainan lyhennysosuus siis pienenee korkojen kasvaessa, ja tämä vuorostaan pidentää laina-aikaa. Toisaalta korkojen laskiessa lainan lyhennyserä suurenee ja laina-aika lyhenee. Mikäli tasaerälainaan liittyvät laskelmat tehdään matalan korkotason mukaan, voi korkotason nousu aiheuttaa tilanteen, jossa maksuaika venyy alkuperäistä suunnitelmaa pitemmäksi. Merkittävä korkotason nousu voi aiheuttaa myös sen, että maksuerät eivät riitä kattamaan lainan korko-osuutta.

Annuiteetilainalla tarkoitetaan lainaa, jossa laina-aika pysyy vakiona, mutta maksuerien summa voi vaihdella korkokulujen mukaan. Lainan korko tarkistetaan esimerkiksi kerran vuodessa. Maksuerät pysyvät saman suuruisina, mikäli viitekorko pysyy ennallaan. Mikäli lainan korko nousee tai laskee, annuiteetilainan jäljellä olevalle ajalle lasketaan uudet maksuerät. Uudet maksuerät määritetään siten, että laina-aika pysyy samana. Annuiteetilainalle on ominaista, että laina-ajan alussa maksueristä suurin osa koostuu korkokuluista. Toisaalta laina-ajan lopussa maksueristä suurin osa koostuu tyypillisesti lainan lyhennysosuuksista.

Tasalyhennyslainassa tarkoituksena on lyhentää aina sama määrä lainan pääomaa. Jokaiseen maksuerään lisätään korkokulut ja maksuerien suuruus siis vaihtelee korkokulujen mukaan. Lainan viitekorko tarkistetaan esimerkiksi kerran vuodessa. Tasalyhennyslainassa maksuerät ovat aluksi kahta muuta lainatyyppiä suuremmat,

mutta suurempien maksuerien myötä maksuerien suuruus ja velkarasitus pienenevät nopeammin. /30/

4.4 Rahan aika-arvo

Pääoman sitomisesta, siitä aiheutuvasta inflaation vaikutuksesta sekä investointiin liittyvästä riskistä joudutaan maksamaan korvaus, jota kutsutaan koroksi. Toisin sanottuna raha on tänään arvokkaampaa kuin tulevaisuudessa. Koska investoinnin tuotot saadaan yleensä vasta tulevaisuudessa, investointilaskelmissa on otettava huomioon korkojen vaikutus rahan tulevaan arvoon. Tulevat kassavirrat diskontataan eli ”siirretään” nykyhetkeen, jotta saadaan parempi kuva tuotoista. Rahoitusteoriassa tästä käsitteestä käytetään nimeä rahan aika-arvo. Rahan aika-arvo otetaan huomioon aina, kun tarkastellaan eri ajankohtien rahasummia ja sille on olemassa oma laskentakaava. /28, s. 24, 29, s. 60–61/

4.5 Kannattavuuden määrittäminen

Yritykset käyttävät usein kannattavuuden määrittäminen apuvälineenä päätöksenteossa. Määrittäminen on useita. Pääoman tuottoaste on yksi yritysten käytetyimmistä investointilaskentamenetelmistä. Suomalaisissa pk-yrityksissä käytetyimpiä menetelmiä ovat takaisinmaksuaika, sisäisen korkokannan menetelmä ja nykyarvomenetelmä. /29, s. 110–112/

Pääoman tuottoasteella (Return On Investment - ROI) kuvataan tuloksen ja sijoitetun pääoman välistä suhdetta. Tuloksen määrittämiseen voidaan käyttää esimerkiksi vuoden tulosta osoittajassa ja nimittäjässä investoinnin määrää. Pääomantuottoaste ei ota huomioon rahan aika-arvoa ja sen laskemisesta on useita variaatioita. /29, s. 110/

Sisäisen korkokannan menetelmä (Internal Rate of Return) selvittää, millä korkokannalla investoinnin nettonykyarvo tulee nolllaksi. Tämän jälkeen verrataan investoinnin sisäistä korkoa ja investoinnille asetettua tuottovaatimusta, eli laskentakorkoa. Mikäli laskettu sisäinen korkokanta on suurempi kuin tuottovaatimus, investointi on kannattava.

Nettonykyarvomenetelmässä (Net Present Value) investoinnista odotettavat nettotulot diskontataan nykyhetkeen, käyttäen apuna investoinnille määritettyä tuottovaatimusta. Lasketuista nettotuloista vähennetään hankintamenot ja päästään investoinnin nettonykyarvoon. /29, s. 106–107/

Investointia voidaan tutkia myös takaisinmaksuajan mukaan (payback period). Tällöin tutkitaan, miten monta vuotta menee, että investointi alkaa tuottaa voittoa. Toisin sanottuna määritetään, miten monta vuotta menee, jotta investointiin sijoitetut varat on saatu takaisin. /29, s. 110/

4.6 Yritysrahoitus ja projektirahoitus

Perinteisessä yritysrahoituksessa (balance sheet finance) rahoituksella voi olla monia eri lähteitä, kuten lainat, pääomasijoitukset tai erilaiset rahoitusinstrumentit. Nämä kassavirrat kanavoituvat yritykselle, joka kanavoi ne edelleen erilaisiin yrityksen hankkeisiin. Vaikka hankkeet ovat usein projektimuotoisia, yrityksen rahoitusriskit ja kirjanpito eivät ole hanke- tai projektikohtaisia. Hankkeiden rahoituksen takuuna toimii siis koko yrityksen varallisuus. Projektirahoituksessa yksittäinen hanke eriytetään omaksi kokonaisuudekseen. Yrityksen muu varallisuus pidetään tällöin erillään yksittäisestä hankkeesta tai projektista.

Projektirahoitus (project finance) termiä käytetään monenlaisista projektien rahoitusjärjestelyistä, eikä sille ole tarkkaa määritelmää. Yhteistä näille rahoitusprojekteille on kuitenkin se, että niille luodaan niin sanottu Special Purpose Vehicle (SPV) tai Special Purpose Entity (SPE). Nämä molemmat termit viittaavat samaan asiaan. SPV tarkoittaa tiettyä projektia varten luotua tytäryhtiötä. Jos halutaan siis eriyttää jokin projekti emoyhtiöstä, sille luodaan SPV, jonka alla kaikki projektiin liittyvät asiat hoidetaan. Tällä tavoin esimerkiksi projektin kirjanpito ja rahoitusasiat saadaan eriytettyä emoyhtiön kirjanpidosta. Menettelyä käytetäänkin usein esimerkiksi taloudellisen riskin eristämiseen. Menettelyllä mahdollistetaan myös suuren velkavivun käyttö, vaarantamatta emoyhtiötä. Velkavipu tarkoittaa lainarahan käyttämistä oman sijoitetun pääoman tuoton parantamiseksi. Sijoittaja voi velkavipua käyttämällä saavuttaa suuren sijoituksen tuotot, vaikka omaa pääomaa sidottaisiin suhteessa pieni määrä. /31, 32, 33/

Projektirahoituksella on useita merkittäviä eroavaisuuksia perinteiseen yritysrahoitukseen verrattuna. Tapa erottaa yksittäisen hankkeen laki- ja rahoitusasiat eristetyksi kokonaisuudekseen, tekee kassavirtojen sekä projektin kannattavuuden seuraamisesta ja todennettavuudesta helppoa projektin rahoittajille ja hallinnolle. Eriytettyjen talouslaskelmien avulla voidaan tehdä myös parempia ennusteita tulevista kassavirroista. Ennustettavuus auttaa vuorostaan päätöstentekoa. /31/

Projektirahoitukselle on ominaista myös Non-Recourse Finance ja Non-Recourse Debt -menettelyt. Non-Recourse Finance tarkoittaa menettelytapaa, jossa lainaaja on oikeutettu takaisinmaksuun ainoastaan projektin keräämistä voitoista. Lainajalla ei ole siis oikeutta vedota projektin muihin varoihin lainojen takaisinmaksussa. /34/

Perinteisessä yritysrahoituksessa lainaajien vakuutena toimivat koko yrityksen kassavirrat ja varat. Non-Recourse Debt tarkoittaa tilannetta, jossa yksittäisen projektin lainavastuu on laillisesti eristetty projektin aloittaneen emoyhtiön varoista. Lainantajilla ei siis ole oikeutta vedota projektin aloittaneen emoyhtiön varoihin, vaikka projekti osoittautuisi maksukyvyttömäksi. /35/

Projektirahoitus siis vähentää emoyhtiölle koituvaa taloudellista riskiä merkittävästi, mutta toisaalta nostaa samalla lainaajille koituvaa riskiä. Lisäksi projektirahoituksessa uusien projektien riskit pystytään eristämään vanhasta yritystoiminnasta. Projektirahoitusta käytetään usein pitkäaikaisiin infrastruktuurihankkeisiin, teollisuuden projekteihin ja julkisten palveluiden toteuttamiseen silloin, kun palvelun toteutukseen luodulla projektilla on käytettävissä rajalliset resurssit ja lainan takaisinmaksu on tarkoitus hoitaa projektin tuottamista tuloista. Projektirahoitukselle tyypillisiä piirteitä ovat esimerkiksi:

- Projekti voidaan erottaa selkeästi rakennus- ja operointivaiheisiin
- Investoinneista pääosa käytetään aineellisiin hyödykkeisiin
- Projekti päättyy, kun se on valmis.

Valmistuttuaan projektin on tarkoitus tuottaa voittoa. Voittojen maksumenetelystä, velanmaksuista ja muista projektin valmistumisen jälkeisistä toimituksista sovietaan yleensä etukäteen. Joko jokin projektissa toiminut sidosryhmä alkaa keräämään tulevia voittoja ja operoimaan valmistunutta projektia, tai SPV hajoaa ja projekti alkaa tuottamaan voittoa projektin aloittaneelle emoyhtiölle tai muille ennakkoon sovituille tahoille. /31/

5 JOUKKORAHOITUS

Työn joukkorahoitusosio tutkii mitä on joukkorahoitus, mikä on joukkorahoituksen historia ja mitä ovat sen eri muodot. Työ sisältää myös muutaman esimerkin onnistuneesta joukkorahoituksesta. Lähteissä esiintyvistä eroista päätellen joukkorahoitukseen liittyvä teoria on tämä työn kirjoitushetkellä kehitysvaiheessa. Tämä seikka tulee huomioida työtä lukiessa.

5.1 Mitä on joukkorahoitus?

Joukkorahoituksessa pyydetään yleisöltä rahoitusta tiettyyn hankkeeseen. Tavallisesti suuri ihmismäärä rahoittaa pienillä summilla organisaation tai henkilön hankkeen. Rahoittajat voivat saada rahoitusta vastaan aineettomia tai aineellisia hyödykeitä, mutta rahoitusta tehdään myös lahjoitusten pohjalta. Projekteissa käytetään usein joukkorahoitukseen erikoistuneita internetin palvelualustoja. Joukkorahoituksen määritelmästä on useita käsityksiä, ja esimerkiksi joidenkin verkkokauppojen ja joukkorahoituksen eroissa on epäselvyyksiä. /36, 37, s. 5-6, 38, s. 1/

Joukkorahoituksen perusajatus ei ole uusi, mutta suurin osa modernin joukkorahoituksen kehityksestä tapahtui vuosien 2006 ja 2009 välillä. 2000-luvun finanssikriisin myötä monen Yhdysvaltalaisen kasvuyrityksen oli hankala löytää perinteisiä rahoittajia. Pankkien ja pääomasijoittajien kiristäessä nyörejään syntyi markkinarako uusille rahoituskanaville. Lisäksi korkomarkkinoiden tilanne työnsi sijoittajia etsimään tuottoja vaihtoehtoisista lähteistä. Näiden seikkojen seurauksena syntyi suuria joukkorahoitusta tarjoavia palvelualustoja, kuten Kickstarter ja Indiegogo.

Vastaavat palvelualustat yleistyivät nopeasti myös muualla. Euroopan komissio julkaisi syksyllä 2015 raportin, joka tutki joukkorahoitusmarkkinoita vuosien 2013 ja 2014 aikana. Vuonna 2014 palveluntarjoajien määrä oli noussut 23,2 prosenttia vuoteen 2013 verrattuna. EU:ssa toimi tutkimusjakson aikana yhteensä 510 palveluntarjoajaa. Maailmanpankin ennusteen mukaan vuonna 2025 joukkorahoituksen suosio on kasvanut niin suureksi, että sen rahavirrat ovat 1,8 kertaiset tämän hetken riskipääomasijoittamiseen verrattuna. Tämä tarkoittaisi 96 miljardia dollaria. Tätä

kasvua on selitetty kotitalouksien innokkuudella sijoittaa likvidejä varojaan joukkorahoitushankkeisiin. /36, 37, s. 7, 13–14, 38, s. 2–3/

Joukkorahoitus on kasvanut nopeasti myös Suomessa, vaikka sen kautta kulkevat rahavirrat ovat toistaiseksi pieniä. Lakien puuttuminen on saattanut hidastaa alan kehitystä. Joukkorahoituslaki tuli voimaan tämän työn kirjoitushetkellä vajaa vuosi sitten, syyskuussa 2016. Tätä ennen alalla sovellettiin esimerkiksi lottolaitoslain tai arvopaperimarkkinalain lainsäädäntöä. /37, s. 13–14/

5.2 Joukkorahoituksen muodot

Joukkorahoitus voidaan jakaa lähteestä esimerkiksi kahteen pääryhmään, jotka jakautuvat edelleen yhteensä neljään, viiteen tai vielä useampaan ryhmään. Jotkut lähteet jakavat joukkorahoituksen myös kolmeen tai vielä useampaan pääryhmään. Nämä ryhmät eroavat toisistaan usein rahoittajalle tarjotun vastineen perusteella.

5.2.1 Tekesin Team Finland Future Watch -palvelun jaottelu

Tekesin Team Finland Future Watch -palvelun toteuttaman Askelmerkkejä joukkorahoitukseen -oppaan mukaan Suomen käytetyimmät joukkorahoituksen muodot ovat **tuotepohjainen**, **osakepohjainen** ja **lainapohjainen** joukkorahoitus.

Tuotepohjainen joukkorahoitus toimii kuluttajan suuntaan ennakkomyynnin tapaan. Pääasiallisena tarkoituksena on jonkin tuotteen valmistaminen ja markkinoille tuominen. Sijoittajan suorittamaa maksua kutsutaan tällöin rahoitukseksi ja saatavaa tuotetta vastikkeeksi. Ennakkomyynnistä poiketen esimerkiksi palautus- tai kaupan perumisoikeus puuttuu joukkorahoituksessa. Suosituimpia alustoja tämän tyyppiselle joukkorahoitukselle ovat olleet Kickstarter- ja GoFundM-nimiset palveluntarjoajat, ja menestyneimpiä projekteja kymmeniä miljoonia dollareita keränneet Pebble-älykellon joukkorahoituskampanjat. /37, s. 17–24/

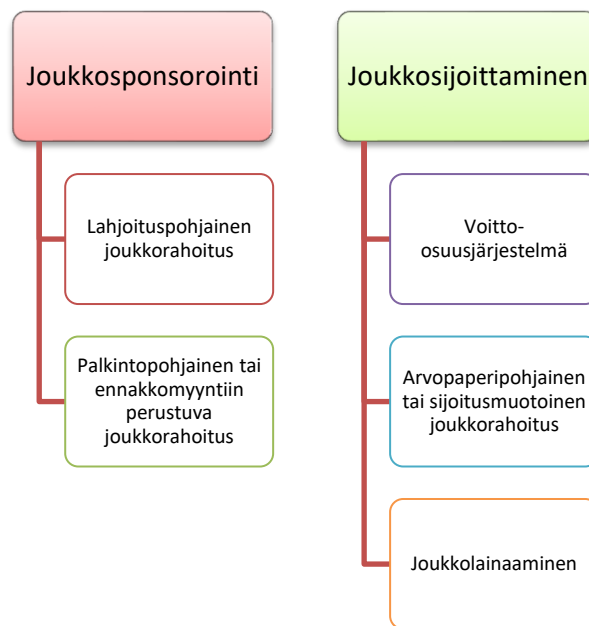
Osakepohjainen joukkorahoitus on sijoittamista omistusta vastaan. Tyypillisesti suuri määrä sijoittajia ostaa yrityksestä kohtuuhintaisia pieniä osuuksia. Tämä on siis sijoitustoimintaa. Omistuksen on tarkoitus tuottaa voittoa. Tämän tyyppisen

joukkorahoitusmuodon odotetaan kasvattavan etenkin Euroopan rahoitusmarkkinoita. Askelmerkkejä joukkorahoitukseen -oppaan mukaan tällä joukkorahoitusmuodolla on suuri kasvupotentiaali esimerkiksi sen pankeille ja pääomasijoitusyhtiöille sopivan sijoitusluonteen ansiosta. /37, s. 45–50/

Lainapohjainen joukkorahoitus tarkoittaa rahoittajajoukolta otettua lainaa. Yleensä lainan välittäjänä toimii alaan erikoistunut palvelu. Yksityishenkilöiden välisiä lainoja kutsutaan vertaislainoiksi. Toimiala on lähtöisin vertaislainoista, mutta nykyisin sitä käytetään myös muihin tarkoituksiin. Lainoja toteutetaan yritysten välillä sekä yksityishenkilöiden ja yritysten välillä. Lainan on tarkoitus tuottaa korkotuottoa ja lainan riskiä vähennetään tyypillisesti laajalla lainaajapohjalla. Lainapohjaisen joukkorahoituksen tarkoitus on saattaa yhteen lainaaja ja lainantarjoaja. Käytännössä tämä muistuttaa hyvin paljon pankkien 100–150 vuotta vanhaa toimintamallia ja sen ideologisenä tarkoituksena voidaan pitää vaikutusvaltaisten pankkien korvaamista kevyemmällä rakenteilla. Myös kiinteistö- ja rakennussektorin lainoittaminen joukkolainoilla on kasvattanut suosiotaan maailmalla. /37, s. 76–78/

5.2.2 Finanssivalvonnan jaottelu

Kuvassa numero 10 näkyy Suomen Finanssivalvonnan jaottelu joukkorahoituksen muodoista ja kuvan jälkeen Finanssivalvonnan määritelmä kustakin joukkorahoituksen muodosta. /36, 37, s. 5, 38, s. 2–3, 39, s. 32–33/



Kuva 10. Joukkorahoituksen muodot. /36/

”**Lahjoituspohjaisessa joukkorahoituksessa** yleisöltä kerätään lahjoituksia tiettyyn hankkeeseen tietyn ajanjakson ajan mainostamalla keräystä Internetin ja sosiaalisen median välityksellä.”

”**Palkintopohjaisessa tai ennakkomyyntiin perustuvassa** joukkorahoituksessa rahoittajille tarjotaan jonkinlaista vastiketta, kuten mahdollisuus osallistua rahoittamaansa kulttuurikokemukseen tai tuote, joka on kehitetty ja valmistettu kerätyillä varoilla.”

”**Voitto-osuusjärjestelmissä** sijoittajalle luvataan osa rahoitettavan hankkeen tuottamista tulevista voitoista.”

”**Arvopaperipohjaisessa tai sijoitusmuotoisessa joukkorahoituksessa** yritykset laskevat sijoittajia varten liikkeeseen osakkeita tai velkainstrumentteja. Menettely poikkeaa säännelystä listautumisannista muun muassa siten, että liikkeeseen lasketuilla osakkeilla ei yleensä käydä kauppaa jälki-markkinoilla eikä niihin liity merkintätakuuta.”

”**Joukkolainamisessa** kampanjan järjestäjät lainaavat yleisöltä rahaa ja lupaavat maksaa pääoman takaisin tietyillä ehdoilla korkoineen tai ilman korkoa.” /36/

5.2.3 Joukkorahoituksen hyvät puolet

Verrattuna perinteisiin pankeilta tai pääomasijoittajilta saatuihin rahoitusmuotoihin, joukkorahoitus antaa projektin toteuttajalle paremman kontrollin sekä projektin toteutuksesta, että projektista saatujen ansioiden jakamisesta. Jos pääomasijoittajilla tai pankeilla ei ole projektissa valtaa, voidaan onnistua pienentämään rahoituksesta aiheutuvia kuluja.

Toinen hyvä puoli on joukkorahoituksen riskiä jakava luonne. Joukkorahoitusta voidaan verrata esimerkiksi vakuutuksiin: riski jakautuu suurelle sijoittajien massalle. Tällä tavoin yksittäisen sijoittajan taloudellinen riski saadaan pidettyä pienenä.

Joukkorahoituskampanjoiden myötä projektin toteuttajat pääsevät markkinatestamaan ideoitaan. Kolmas hyvä puoli on siis joukkorahoituskampanjoiden myötä saatava markkinadata esimerkiksi sijoittajilta saatavan palautteen muodossa. Tämän markkinadatan avulla voidaan hankkia lisärahoitusta esimerkiksi pankeilta. /38, s. 4/

5.2.4 Joukkorahoituksen huonot puolet

Moni yrittäjä ei välttämättä halua jakaa liikaa tietoa projekteistaan ennakoon. Joukkorahoitus ei välttämättä siis sovi kaikille sen julkisen luonteen vuoksi. Usein ihmisten ”lauma-ajattelu” ohjaa ihmisiä sijoittamaan vain muutamaan parhaiten esillä olevaan projektiin. Lisäksi joukkorahoitusprojektin toteuttajalta saattaa puuttua kokonaan rahoitukseen ja markkinointiin liittyvät tietotaidot. Tästä voi seurata monenlaisia ongelmia ja virheitä, esimerkiksi projektin hinnoittelua tai mainostamista koskevissa seikoissa.

Joukkorahoituksen käyttäminen on kallista. Palveluntarjoajien osuus on noin 10 prosenttia kerätyistä pääomasta. Palveluun liittyy usein muita maksuja. Joukkorahoitusprojektin toteuttajan on huomioitava myös mahdollisten voittojen tai muiden sijoittajille luvattujen vastikkeiden kulut.

Joukkorahoitukseen liittyy usein muita kuluja. Joukkorahoituskampanjan päivittäiseen hoitamiseen liittyvien kulujen lisäksi on otettava huomioon promootioviideon kustannukset, tilanpäivitykset, palautteiden käsittely ja muut viestintään liittyvät kulut. /38, s. 4/

5.3 Esimerkkejä joukkorahoituksesta

Seuraavaksi työ käsittelee kahta esimerkkiä joukkorahoitetuista energiahankkeista. Toinen näistä on Suomesta ja toinen Hollannista.

5.3.1 Joukon voima ja Finnoonportti

Suomalainen Joukon Voima Oy on kestäviin energiaratkaisuihin erikoistunut joukkorahoituspalvelu. Sen nettisivut tarjoavat joukkorahoituksesta ja kestävästä energiasta kiinnostuneille mahdollisuuden rahoittaa omia projekteja ja osallistua projektien rahoitukseen. Yrityksen nettisivujen mukaan tarkoitus on luoda ympäristöystävällisempi ja yhteisöllisempi tulevaisuus sekä siirtää energiantuotantoon liittyvää päätäntävaltaa kuluttajille.

Vuonna 2016 Joukon Voima järjesti Finnoonportin kiinteistön joukkorahoituksen. Projekti yhdisteli kiinteistöalaa ja kestäviä energiaratkaisuja. Tavoitteena oli rakentaa Etelä-Espooseen energiatehokkaat toimitilat erilaista yritys- ja harrastustoimintaa varten. Projektin kestäviä energiaratkaisuja olivat maalämpöpumppu ja kiinteistön katolle rakennettava aurinkosähköjärjestelmä, jonka kapasiteetiksi arvioitiin 130–150kW. Loppuosa kiinteistön sähköntarpeesta sitouduttiin kattamaan EKOenergia-ympäristömerkin saaneilla sähköntuotantolähteillä. Hankkeelle oli perustettu erillinen hankkeesta vastaava Kiinteistö Oy Finnoonportti, jonka tarkoituksena oli sekä vastata tarvittavista lainoista että omistaa ja hallinnoida valmistuvaa kiinteistöä.

Hankkeesta vastaavan Finnoonportin emoyhtiö Invo Future Oy rahoitti projektia 1,4 miljoonan euron arvoisella appottiluovutuksella. Tämä tarkoitti käytännössä rakennussuunnitelmia ja -lupia sekä tulevaa tonttia. Hankkeen kokonaisbudjetti oli 8 miljoonaa euroa. Rakennuttamista varten oli neuvoteltu pankkilaina. Pankkilainan suuruus riippui myytyjen kiinteistöjen määrästä. Joukkorahoitukseen pääsi mukaan

200 € minimisijoituksella, vuotuiseksi koroksi sijoitetuille varoille luvattiin 7,0 %, joka tilitettäisiin puolivuositain ja laina-ajaksi ilmoitettiin kaksi vuotta. Joukkorahoituksen minimitavoitteeksi asetettiin 500 000 €. Mikäli minimitavoite olisi jäänyt täyttämättä, pääoma olisi palautettu rahoittajille. Lainojen vakuutena toimi hankittavan kiinteistön tontti ja rakennus. Vakuus oli toissijaisessa asemassa pankkilainaan nähden.

Joukkorahoitushanke päättyi 16.6.2016 ja se keräsi yhteensä 605 415 €. Tavoitesumma ylittyi siis reippaasti. Vaikka joukkorahoitushankkeen rahoitusosuus oli onnistunut, hankkeen toteutus on törmännyt ongelmiin. Toteuttajien tavoitteena on riskitasojen hallinta, joten rakennustöitä ei haluta aloittaa ennen päävuokralaisen tai ostajan lopullista varmistumista. Rakennustöitä ei ole aloitettu viimeisen 2017 toukokuussa julkaistun tiedotteen mukaan. Tiedotteessa kerrotaan, että rakentamisen voimakas kasvu on nostanut rakentamisen kustannuksia. Vuoden 2017 alussa julkaistu tiedote kertoo, että neuvottelut potentiaalisen päävuokralaisen kanssa olivat kariutuneet. Joukkorahoituslainan takaisinmaksun näkymät ovat kuitenkin pysyneet ennallaan. /40, 41, 42/

5.3.2 Windcentrale

Vuonna 2010 perustettu Windcentrale on erikoistunut joukkorahoitteisiin tuulivoimahankkeisiin. Sen tavoitteena on ollut nopeuttaa Hollannin siirtymistä uusiutuvaan energiaan tarjoamalla kuluttajille mahdollisuuden omistaa osuuksia tuulivoimaloista. Pitemmällä tähtäimellä yhtiön tavoite on, että viisi prosenttia Hollannin talouksista tuottaa oman sähkönsä Windcentralen tarjoamien palvelujen kautta. Windcentralella on työn kirjoitushetkellä yli 15 000 asiakasta. Yhtiö on suunnannut palvelunsa toistaiseksi kuluttaja-asiakkaille.

Windcentralen vuonna 2013 toteuttama joukkorahoituskampanja keräsi 1,3 miljoonaa euroa 13 tunnin aikana. Tuulivoimala oli jaettu kampanjassa 6 648 osuuteen, joista kunkin hinta oli 200 €. Tämän lisäksi asiakkaat maksavat 23 € vuosittaista huoltomaksua. Yksi osuus vastaa 500 kWh keskimääräistä vuosituottoa. Tuotettu

sähkö vähennetään asiakkaan sähkölaskusta. Palveluun on yhdistetty myös lisäarvoa tuottavaa tekniikkaa; omaa tuotantoa voi seurata reaali-ajassa kännykkään hankittavalla apilla tai tietokoneen kautta.

Projektin suosio yllätti Windcentralen perustajajäsenen Harm Reitsmanin. Yrityksen aiemmin vuonna 2012 toteuttamaan kampanjaan osallistui 5 200 taloutta, jotka rahoittivat yhteensä 20 000 osuutta. Hänen mukaansa yritykseltä meni neljä ja puoli kuukautta kerätä projektiin tarvittavat sijoittajat, kun 2013 toteutettuun projektiin rahoittajat löytyivät muutamassa tunnissa.

Käytännössä Windcentrale ostaa useita vuosia vanhoja tuuliturbiineja. Jokaiselle tuuliturbiinille on tehty sopimus tuulivoimayhtiö Vestaksen kanssa. Vestas vastaa myös turbiinien huollosta. Tuotettu sähkö myydään Greenchoice-energiayhtiön kautta. /43, 44/

5.3.3 Tanskan tuulivoimaosuuskunnat

Vuosi ennen Tshernobylin ydinvoimalaonnettomuutta Tanska hylkäsi suunnitelmat uuden ydinvoiman rakentamisesta. Tanskan hallituksen jo aiemmin tekemien energialinjausten myötä hallitus alkoi myöntää 40 prosentin investointitukia uusille tuulivoimaloille. Vuonna 1985 Tanskalla oli hallussaan puolet maailman tuulivoimamarkkinoista. Kehityksen vauhdittamiseksi Tanskan hallitus alkoi myöntää verohelpotuksia sähköntuotantoon osallistuville kotitalouksille. Tämän seurauksena tanskalaiset alkoivat hankkia kokonaisia tuulivoimaloita. Useimmat kuitenkin osallistuivat energiantuotantoon osuuskuntien kautta. Osuuskunnat tekivät investointeja yhteisiin tuulivoimaloihin. Tällainen toiminta osoittautui suosituksi. Osuuskuntien määrä nousi yli kahteen tuhanteen vuoteen 1996 mennessä. 2000-luvun alussa 86 prosenttia Tanskan tuulivoimaloista oli pystytetty näiden osuuskuntien toimesta. Vuonna 2004 noin 150 000 kotitaloutta osallistui energiantuotantoon tuulivoimaosuuskuntien tai oman tuulivoimatuotannon kautta. /45/

6 OPINNÄYTETYÖ EMPIRIAN TOTEUTUS

Tässä luvussa käsitellään tutkimustyön teoriapohjaa. Lisäksi tarkastellaan mitä tutkimustapoja käytettiin tämän tutkimuksen toteutuksessa ja miksi tutkimustavat valittiin. Lopuksi tutkitaan kahta esimerkkiä aurinkovoimalan kannattavuuslaskelmasta.

6.1 Tutkimusmenetelmä

Tutkija vaikuttaa tutkimukseen päättämällä tutkimuksen asetelman. Empiirisessä tutkimuksessa on selvennettävä aineiston keräämis- ja analyysimetodit. Tällä tavoin lukija saa mahdollisuuden arvioida tutkimusta ja sen uskottavuutta. /52, s. 20–21/

Laadulliseen tutkimukseen voidaan hankkia aineistoa monin eri tavoin. Tutkimuksen aineistoa voivat olla esimerkiksi muistioidot, elämäkerrat ja päiväkirjat. Primäriaineiston tutkija kerää itse kentältä esimerkiksi haastattelujen muodossa. Yleensä haastattelu taltioidaan, mutta vaihtoehtona on myös muistiinpanojen tekeminen. /53 s. 132, 156/

Tutkimuksen resurssit, kuten aika ja raha, ratkaisevat usein tutkimusnäytteen koon. Laadullisessa tutkimuksessa pyritään muun muassa ymmärtämään toimintaa. Tarkoituksena ei ole tilastolliset yleistämiset. Pääsääntöisesti ammattikorkeakouluissa tehdyissä opinnäytetyöissä aineiston koko on pieni. Siksi haastateltavien tulisi olla sellaisia henkilöitä, jotka omaavat kokemusta ja tietävät haastateltavasta ilmiöstä mahdollisimman paljon. Haastateltavien valinta tulee siis olla tarkoitukseen sopivaa ja harkittua. Tutkimusraportissa on kerrottava, mitkä ovat olleet valintaperusteet. /52, s. 85–87/

Tässä tutkimuksessa käytettiin kvalitatiivista, eli laadullista tutkimusmenetelmää. Kvalitatiivinen tutkimusmenetelmä sopi tämän tutkimuksen toteutukseen, sillä tutkimuksessa esitettyihin kysymyksiin vastaaminen vaati kokemusta ja asiantuntemusta.

6.2 Puolistrukturoitu teemahaastattelu

Haastatteluja käytetään usein laadullisessa tutkimuksessa aineistonkeruumenetelmänä. Haastattelu sopii aineistonkeruumenetelmäksi, jos tutkitaan käyttäytymistä, mielipiteitä tai alueita joista ei tiedetä paljoa. Haastattelua voidaan suositella esimerkiksi silloin, kun halutaan aiheesta syvällistä ja laaja-alaista tietoa. Haastattelun haittapuolina ovat sen hitaus ja kustannukset. Tutkija saattaa myös vaikuttaa tutkitavaan esimerkiksi ohjailemalla vastaajaa. /53 s. 143/

Lomakehaastattelussa itse kysymykset, kysymysten esitysjärjestys ja niiden muoto ovat täysin määrätty. Strukturoimaton eli avoin haastattelu muistuttaa keskustelua. Siinä käytetään avoimia kysymyksiä, ja haastattelijan on tarkoitus syventää haastateltavien vastauksia. Näiden välimuoto on puolistrukturoitu haastattelu. Kysymykset voivat esimerkiksi olla kaikille samat, mutta vastaukset avoimia. Tarkoitus on lukita tietty näkökulma, mutta ei kaikkia. Teemahaastattelu on puolistrukturoitu haastattelumenetelmä. Menetelmässä haastattelu etenee valittujen teemojen varassa. Haastattelumuoto ei siis sido haastattelua haastattelijan näkökulmaan, vaan tuo esille haastateltavan näkemykset. Haastattelun teemat ovat kuitenkin kaikille haastateltaville samat. /55, s. 44–48/

Puolistrukturoitu teemahaastattelu valittiin tämän työn aineistonkeruumenetelmäksi, sillä se antaa mahdollisuuden syventää haastattelun aikana esille tulleita seikkoja, joita vielä haastattelun teemoja ja tutkimuskysymyksiä luotaessa ei osattu ottaa huomioon. Teemahaastattelun rungon myötä keskustelu saadaan pysymään valittujen teemojen ympärillä.

Haastatteluihin osallistui yhteensä kolme asiantuntijaa, joista jokaisella oli kattava tietous Vaasan alueesta ja energia-alasta. Haastateltavien määrä oli pieni. Haastatteluihin varattiin paljon aikaa ja niissä perehdyttiin kysymyksiin perinpohjaisesti. Ensimmäiseen haastatteluun osallistuneen asiantuntijan toiveena oli, että haastatteluja ei nauhoiteta. Tämä loi haastatteluun avoimen ilmapiirin. Tottunut tietokonekirjoittaja pystyy kirjottaessaan keskittymään haastattelutilanteeseen. Tätä ensimmä-

mäisessä haastattelussa hyväksi koettua toteutustapaa käytettiin myös muissa haastatteluissa. Haastattelussa käytetty haastattelulomake (Liite 1) löytyy tämän tutkimuksen liitteistä.

6.3 Tutkimustulosten analysointi

Kokonaiskäsitys tutkimusmateriaalista saadaan lukemalla läpi kerättyä aineistoa. Pienistä aineistomääristä pelkkä lukeminen voi olla riittävä keino löytää ratkaisu. Aineisto voi vaatia tiivistämistä ja pilkkomista. Tiivistämisessä ja pilkkomisessa tavoitteena on tuoda esille tutkimusaineistosta kokonaisuuden kannalta oleelliset seikat. /53, s. 129–132/

Aineiston käsittely tehdään siten, että käsitellystä aineistosta pystytään johtamaan ratkaisu tutkimusongelmaan. Aineiston analyysin apuna voidaan käyttää aineistolähtöistä tai teorialähtöistä analyysiä. Aineistolähtöinen analyysi tarkoittaa, että aineisto jaetaan asiasisältöihin ja näille asiasisällöille annetaan nimet. Jaottelu perustuu puhtaasti aineistoon. Teorialähtöisessä analyysissä kerätty aineisto sovitetaan olemassa oleviin teorioihin. Silloin tarkastellaan, löytyykö aineistosta teoriaan sopivia olettamia ja tekijöitä. /53, s. 171–172/

Aineistolähtöinen analyysi voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen. Aineiston pelkistäminen (reduointi), aineiston ryhmittely (klusterointi) ja teoreettisten käsitteiden luominen (abstrahointi). /52, s. 85–87/

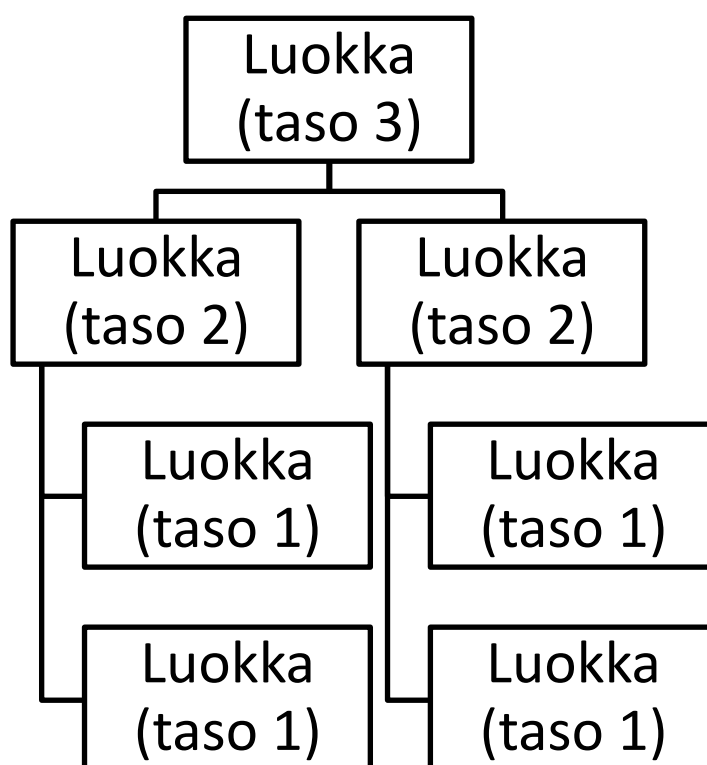
Aineiston pelkistäminen, eli reduointi, tarkoittaa informaation tiivistämistä tai pilkkomista osiin. Opiskelijat voivat tehdä tätä esimerkiksi tenttikirjaa lukiessaan. Kunkin kappaleen sisältöä voidaan kuvata yhdellä sanalla. Ensimmäisen vaiheen jälkeen pelkistämässä luodut käsitteet yhdistetään edelleen luokiksi. Luokittelun yksikkönä voidaan käyttää ominaisuutta, piirrettä tai käsitystä. Tätä kutsutaan aineiston ryhmittelyksi, eli klusteroinniksi. /53, s. 129–132, 164, 52, s. 108–110/

Klusterointi on osa kolmannen vaiheen, eli abstrahoinnin prosessia. Abstrahoinnissa erotetaan tutkimuksen kannalta olennainen tieto. Abstrahointi jatkaa edellisessäkin vaiheessa tehtyä luokittelua ja yhdistelyä. Luokittelun myötä aineisto tiivistyy ja aineistosta muodostuu ylä- ja alaluokkia. /52, s. 110–111/

Tässä opinnäytetyössä käytettiin aineistolähtöistä analyysiä. Opinnäytetyön aiheeseen ja tutkimuskysymyksiin ei löydy tarpeeksi suoraa teoriaa, jotta analyysi voitaisiin toteuttaa teoriapohjaisesti. Aineisto pelkistettiin, minkä jälkeen löydetyt käsitteet yhdisteltiin edelleen luokiksi. Tämän jälkeen jatkettiin luokittelua ja yhdistelyä niin kauan kuin se oli tarkoituksenmukaista. Liitteessä 2 on esitetty yksinkertainen aiheesta poikkeava esimerkki siitä, miten aineisto voidaan tiivistää ja luokitella.

7 OPINNÄYTETYÖN TULOKSET

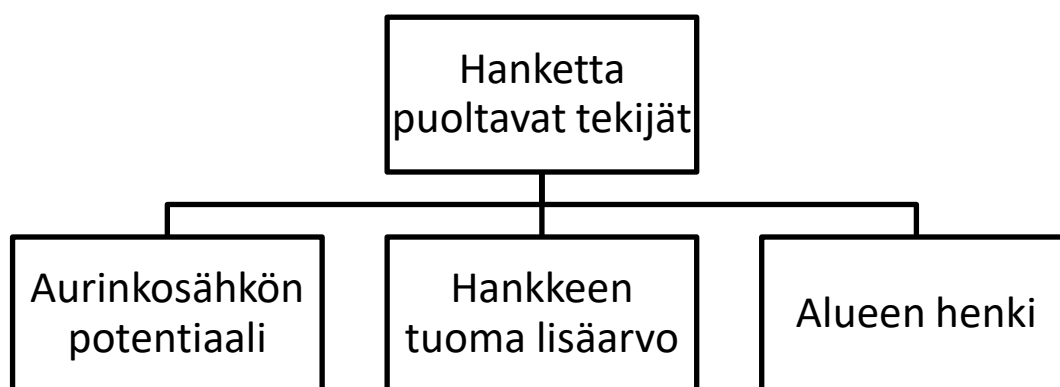
Tämä luku käsittelee haastattelujen tuloksia aiemmassa luvussa kuvatun analyysiteorian kautta. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, onko Vaasan alueella potentiaalia toteuttaa kannattavasti joukkorahoitettu aurinkosähkön tuotantolaitos. Ohjaavia tutkimuskysymyksiä olivat: minkä tason tavoitteet ovat realistisia, mitä tekijöitä tulee ottaa huomioon hanketta pohiessa ja mitkä ovat suurimmat kannattavuuteen vaikuttavat tekijät. Kyselylomakkeessa viitattiin megawattiluokan aurinkosähkön tuotantolaitokseen. Tässä työssä käytetty luokkien esitystapa on havainnollistettu kuvassa 11.



Kuva 11. Luokat-esimerkki.

7.1 Hanketta puoltavat tekijät

Hanketta puoltavista tekijöistä voitiin tunnistaa kolme eri alaluokkaa: **Aurinkosähkön potentiaali**, **joukkorahoituksen lisäarvo** ja **alueen henki**. Nämä kolme teemaa toistuiivat useasti eri haastatteluissa.



Kuva 12. Hanketta puoltavat tekijät.

7.1.1 Aurinkosähkön potentiaali

Haastattelujen tulosten mukaan aurinkosähkö tulee korvaamaan nykyistä sähkön tuotantoa tulevaisuudessa. Aurinkosähkön potentiaalinen tuotantokapasiteetti on merkittävä. Aurinkoenergian hyödyntämiselle on myös useita muita mahdollisuuksia, esimerkiksi lämmöntuotanto aurinkoenergiasta. Jokaisen kiinteistön tontilla on potentiaalia tuottaa kiinteistön lämmitykseen tarvittava energia. Aurinkoenergia voi olla myös kustannustehokas ja helppo ratkaisu kaukana infrastruktuurista oleviin energijärjestelmiin. Aurinkosähköä voi tuottaa kokonaan itse käytettäväksi. Tällöin oman aurinkosähkön tuotantokulut kilpailevat ostettavan sähkön kustannusten kanssa.

Haastatteluissa selvisi, että kiinnostus aurinkoenergiaa kohtaan on kasvamassa, ja aurinkosähkön tuotannossa on odotettavissa eksponentiaalista nousua. Palvelumallit ovat kehittyneet ja hintataso on laskenut. Tämän myötä asiakkaille on pystytty tarjoamaan helpompia ja edullisempia pakettiratkaisuja. Myös aurinkosähköön liittyvä tietoisuus on lisääntynyt erityisesti yritysten parissa.

7.1.2 Hankkeen tuoma lisäarvo

Haastatteluissa ilmeni, että aurinkosähköön liittyy tuotetun sähkön lisäksi imagolinen lisäarvo. Esimerkiksi kauppakeskukset ovat alkaneet rakentaa katoilleen aurinkosähköjärjestelmiä antaakseen itsestään vihreämmän kuvan. Aurinkosähköön tehdään sijoituksia useista eri syistä. Motivaattorina voivat toimia esimerkiksi hyvään asiaan sijoittaminen tai uusi ja mielenkiintoinen tekniikka.

Haastatteluissa ilmeni, että joukkorahoituskampanjalla voidaan luoda yrityksille ja projekteille lisäarvoa lisäämällä tietoisuutta ja sitouttamalla rahoittajia. Joukkorahoituskampanjat ovat usein pitkäkestoisia ja näkyvyys laaja. Siksi joukkorahoituskampanjoiden yhteydessä pystytään mainostamaan myös muita yrityksen toimintaan liittyviä osa-alueita, joita ei välttämättä muuten pystytä tuomaan esiin. Siksi joukkorahoituksen kustannukset voi mieltää markkinointikustannuksiksi.

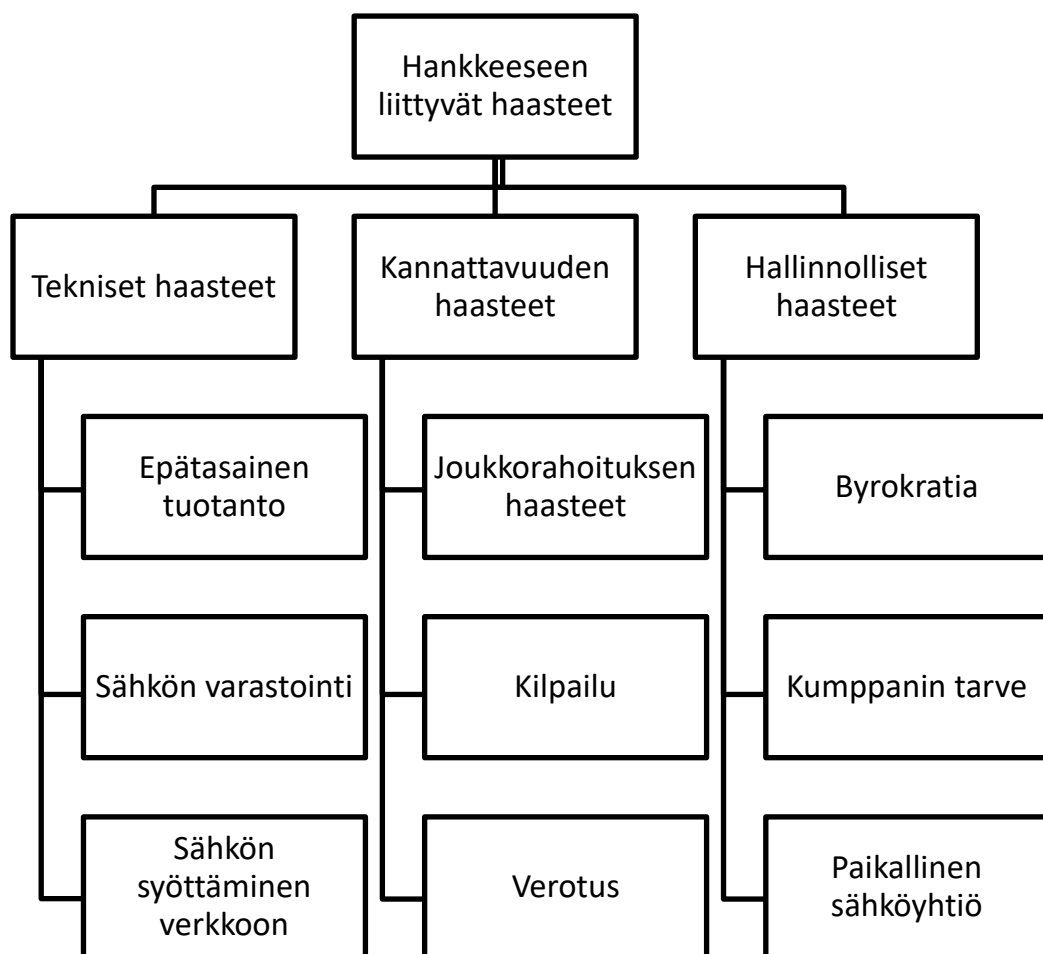
7.1.3 Alueen henki

Haastatteluissa toistui useasti, että Vaasan aluetta pidettiin hengeltään sopivana paikkana joukkorahoitetun aurinkosähköhankkeen toteutukseen. Haastatteluissa viitattiin pohjalaiseen yrittäjähenkisyyteen. Haastateltavat arvelivat, että pohjanmaan alueella on tietynlaista yrittäjähenkisyyttä, mikä saa paikalliset ihmiset ottamaan keskimääräistä suurempia riskejä yrittäjyyteen liittyvissä asioissa.

Haastatteluissa kävi ilmi myös, että Vaasaa ja Vaasan aluetta mainostetaan Suomen energiapääkaupunkina ja energiaklusterina. Vaasan alueella hyödynnetään aurinkoenergiaa jonkin verran, mutta alueella ei ole merkittävää aurinkosähkön tuotantoa. Aurinkosähkön hyödyntäminen on alueen imagoon verrattuna vähäistä.

7.2 Hankkeeseen liittyvät haasteet

Haastattelussa selvisi, että aurinkosähköön liittyy useita haasteita. Aurinkoenergia-hankkeen kokoluokka ja toteutustapa muuttavat haasteiden luonnetta. Hankkeeseen liittyvät haasteet koostuvat kolmesta eri tason 2 luokasta: Tekniset haasteet, kannattavuuden haasteet ja hallinnolliset haasteet. Tunnistetut luokat ovat vahvassa vuorovaikutuksessa keskenään.



Kuva 13. Hankkeen kannalta epäedulliset tekijät.

7.2.1 Tekniset haasteet

Teknisten haasteiden alaisia käsitteitä olivat aurinkosähkön **epätasainen tuotanto, sähkön varastointi ja sähkön syöttäminen verkkoon**.

Haastatteluissa ilmeni, että aurinkosähkön **epätasainen tuotanto** tuottaa useita eri haasteita. Aurinkosähkö ei voi nykytekniikalla olla ainoa sähköntuotantoratkaisu. Sää ja etenkin vuodenaajat vaikuttavat Vaasan alueella aurinkosähkön tuotantoon merkittävästi. Marraskuusta helmikuuhun aurinkoon perustuvien järjestelmien tuotto on vaatimatonta. Samalla aikavälillä sähkön tarve on suurimmillaan. Tämä haaste voi ratketa tulevaisuudessa, mikäli pystytään kehittämään sähkön tehokas ja edullinen varastointitapa.

Haastattelujen tulosten mukaan **sähkön varastointi** onkin suurin tekninen haaste laajamittaiselle aurinkosähkön käyttöönotolle. Koko sähköntuotannon rakenne voi muuttua, mikäli aurinkopaneelien hyötysuhdetta saadaan nostettua ja energiaa pystyttäisiin varastoimaan hyvällä hyötysuhteella.

Haastatteluissa ilmeni, että **sähkön syöttäminen verkkoon** tuo mukanaan useita teknisiä haasteita. Hankkeen kokoluokka vaikuttaa etenkin tästä näkökulmasta hankkeen toteutukseen merkittävästi. Yhden megawatin kokoluokan aurinkovoimala on lähtökohtaisesti kytketty verkkoon. Finngrid Oyj on vastuussa valtakunnan sähköverkon tasehallinnasta. Taajuus pitää pysyä verkossa vakiona. Aurinkosähkön tuotantoa on hankala ennustaa. Siksi isommista voimalayksiköistä on tiukka hallinta. Verkkoon kytketyissä järjestelmissä on myös keskusteltava sähköverkon omistajan kanssa. Sähköverkon ylläpitoon liittyy myös muuta sääntelyä, kuten grid-koodi. Grid-koodi kertoo teknisiä spesifikaatioita siitä, miten toimitaan osana sähköverkkoa, esimerkiksi tuotannon irti- ja takaisinkytkentätilanteissa.

7.2.2 Kannattavuuden haasteet

Haastatteluissa ilmeni, että aurinkosähkön kannattavuuteen liittyy erilaisia haasteita. Näiden haasteiden alaisia käsitteitä olivat **joukkorahoituksen haasteet, kilpailijat ja verotus**.

Haastatteluissa selvisi, että joukkorahoituksen hinta on muihin rahoitusmuotoihin verrattuna korkea. Kun käytetään joukkorahoitusta, voi olla hankala aloittaa projekteja ennen kuin koko pääoma on kasassa. Rahoituksen saaminen ja rahoituksen saamisen ajankohta ovat epävarmoja. Omalla pääomalla projektin voisi aloittaa halitummin. Tälle teemalle annettiin nimeksi **Joukkorahoituksen haasteet**.

Haastatteluiden mukaan yksi aurinkosähkön merkittävistä haasteista on **kilpailu**. Sähkön markkinahinnalla on suora vaikutus aurinkosähkön kannattavuuteen. Vaikutus riippuu siitä, myydäänkö sähkö verkkoon vai käytetäänkö tuotettu sähkö itse. Sähköstä käydään kauppaa sähköpörssissä ja sähköyhtiöt tekevät sopimuksia sähköntuottajien kanssa. Suuret voimalaitokset ovat tehokkaita sähköntuottajia. Jotta aurinkosähköä pystyttäisiin myymään kannattavasti verkkoon, sähköntuotannon hinnan tulee olla kilpailukykyistä muiden sähköntuottajien tuotantohintojen kanssa. Pienillä toimijoilla ei ole mahdollisuuksia laajamittaiseen kilpailuun sähkömarkkinoilla.

Haastatteluissa selvisi myös, että kannattavuuteen vaikuttaa merkittävästi **verotuskäytännöt**. Rärkeimmät esimerkit tulevat tilanteista, joissa omaan käyttöön tarkoitettussa järjestelmässä ylitetään kaavoitettujen tonttien rajoja. Tonttien rajojen ylittäminen aiheuttaa sähkönsiirto- ja verokustannuksia. Myös liiallinen sähköntuotanto voi aiheuttaa verokustannuksia. Muun muassa tällaiset tekijät ovat estäneet aurinkosähköprojekteja.

7.2.3 Käytännön haasteet

Haastatteluissa tuli esille haasteita, jotka eivät sopineet suoraan teknisiin- tai kannattavuuden haasteisiin. Näille haasteille on luotu oma luokka Käytännön haasteet. Käytännön haasteiden alaisia käsitteitä ovat **byrokratia**, **kumppanin tarve** ja **pai-kallinen sähköyhtiö**.

Haastatteluista ilmeni, että monenlainen **byrokratia** on haaste erilaisille aurinkosähköhankkeille. Tähän liittyivät vahvasti myös verotukselliset haasteet. Aurinkosähkölaitoksen toteutukseen liittyy lisäksi erilaisia lupa-asioita, joihin haastattelut viittasivat, mutta joita ei käyty läpi tarkemmin.

Haastattelujen tulosten mukaan joukkorahoitettua aurinkovoimalaa toteuttaessa on **tarpeen hankkia yhteistyökumppani**. Tähän on useita eri syitä. Rahoituksen ja sijoittajien hankkiminen voi olla hankalaa, mikäli hankkeen toteuttajalla ei ole uskottavuutta toteuttaa hanketta. Jos aurinkovoimalahankkeen taustalle saadaan esimerkiksi paikallinen sähköyhtiö, luo tämä hankkeelle uskottavuutta. Tuntemattomalla taholla ei ole uskottavuutta. Hankkeen uskottavuutta lisää esimerkiksi, jos hankkeen toteuttaja tekee tarpeelliset alkuinvestoinnit etukäteen. Tällöin sijoittajille voidaan tarjota jotain konkreettista. Uskottavuuden lisääminen voi lisätä rahoittajien määrää ja tuoda mukanaan suurempia sijoitussummia.

Haastattelujen tulosten mukaan Vaasan alueella tehtävän aurinkovoimalahankkeen toteutuksessa on todennäköisesti toimittava jonkin asteisessa yhteistyössä **paikallisen sähköyhtiön** kanssa. Paikallisen sähköyhtiön toiminta on koettu hankalaksi. Vaasan kaupunki omistaa 99 % paikallisesta sähköyhtiöstä. Vaasan kaupunki päättää omistajuutensa myötä, miten paikallisessa sähköyhtiössä toimitaan. Muun muassa omistusrakenne on poistanut organisaatiosta uudistushalukkuuden. Paikallisesta sähköyhtiöstä voi olla hankala saada yhteistyökumppania aurinkovoimalahankkeeseen. Omistusrakenteen takia Vaasan kaupungin ei ole järkevää tukea mitään paikallisen sähköyhtiön kanssa kilpailevia hankkeita.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tässä luvussa tarkastellaan, mitä päätelmiä opinnäytetyön perusteella voidaan tehdä, esitetään kaksi esimerkkilaskelmaa Vaasan sijoitetusta aurinkosähkö projek-teista ja pohditaan opinnäytetyön eettisyyttä ja luotettavuutta. Lisäksi tutkittujen asioiden pohjalta tehdään johtopäätöksiä.

8.1 Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, onko Vaasan alueella potentiaalia toteuttaa kannattavasti joukkorahoitettu aurinkosähkön tuotantolaitos. Tutkimuksessa selvisi, että megawattiluokan aurinkovoimalahanketta puoltavia tekijöitä on siihen liit-tyviin haasteisiin verrattuna vähän. Aurinkosähkön kannattavuus ja aurinkosähkö-hankkeeseen liittyvät haasteet riippuvat vahvasti siitä, millaista järjestelmää ollaan rakentamassa. Pienemmän, omaan käyttöön sähköä tuottavan järjestelmän toteutta-minen on toteutukseltaan yksinkertaisempi. Osa tutkimusosassa esiin tulleista haas-teista ilmeni jo opinnäytetyön teoriaosuudessa. Paikallisuudesta riippuvat haasteet ilmenivät kuitenkin vasta empiriaosuuden aikana.

Ensimmäinen ohjaava tutkimuskysymys oli: Minkä tason tavoitteet ovat realis-tisia? Tutkimuslomakkeessa mainittiin erikseen megawattiluokan aurinkovoimala. Tutkimuksessa selvisi, että hankkeeseen liittyvät haasteet riippuvat vahvasti aurin-kosähköjärjestelmän tyypistä. Megawattiluokan aurinkovoimalahanke sisältää eri-laisia haasteita, jotka poikkeavat merkittävästi pienemmistä hankkeista. Sen koko-luokka ja tarve myydä tuotettu sähkö verkkoon edellyttävät kustannuksia ja hank-keen monimutkaisuutta lisääviä sopimuksia ja hallinnollisia toimenpiteitä. Mega-wattiluokan aurinkovoimalan toteutus vaatisi mitä todennäköisemmin yhteistyötä paikallisen sähköyhtiön kanssa. Yhteistyö paikallisen sähköyhtiön kanssa on koettu hankalaksi.

Yksi ilmennyt megawattiluokan hankkeen toteutuksen haaste oli, että pienellä toi-mijalla ei yksin ole välttämättä tarpeeksi uskottavuutta rahoituksen hankkimiseen ja hankkeen toteutukseen. Uskottavuutta joukkorahoituskampanjalle voisi luoda

esimerkiksi se, että osa alkuinvestoinneista olisi omaa tai yhteistyökumppanin pää-omaa. Pelkän joukkorahoituksen käyttäminen hankkeen rahoittamiseen voi olla haasteellista, sillä joukkorahoituksen hinta on muihin rahoitusmuotoihin verrattuna korkea.

Moni haastateltavista puhui myös pienemmistä, omaan käyttöön sähköä tuottavista järjestelmistä. Jos kaikki tuotettu sähkö pystytään käyttämään itse, tuotantohinnan tarvitsee alittaa sähkön ostohinta. Aurinkosähkön tuotanto on suurimmillaan kesällä, kun tarve on yleisesti pienimillään. Tällaiselle järjestelmälle tulisi löytää kohde, jonka sähkönkäyttötarve kohtaa tuotannon myös kesällä.

Toinen ohjaava tutkimuskysymys oli: Mitä tekijöitä tulee ottaa huomioon aurinkosähköhanketta pohtiessa? Tutkimuksessa ilmeni useita huomioon otettavia haasteita, joita on hankala laittaa prioriteettijärjestykseen. Mahdollisimman hyvän vastauksen saaminen edellyttää esiin tulleiden seikkojen tarkkaa pohdintaa ja huolellisia kannattavuuslaskelmia. Megawattiluokan aurinkovoimalahankkeeseen kannattavuuteen liittyviä tekijöitä on niin paljon, että tässä opinnäytetyössä ehdittiin vain sivuamaan osaa niistä.

Vahvimmin esille tullut hanketta puoltava tekijä oli alueen imagon sopivuus aurinkosähköhankkeelle. Vaasan alueella on useita energia-alan yrityksiä. Aurinkosähköä käytetään lähikunnista jo esimerkiksi Närpiössä, mutta Vaasassa ei ole tehty laajamittaisia hankkeita. Mikäli Vaasan alueen väestöltä löytyy halua sijoittaa paikallisesti tuotettuun aurinkosähköön, tätä markkinapotentiaalia ei tällä hetkellä hyödynnetä.

Kolmas ohjaava tutkimuskysymys oli: Mitkä ovat merkittävimmät kannattavuuteen vaikuttavat tekijät? Tutkimuksessa tuli esiin seikkoja, jotka vaikuttavat kannattavuuteen suorasti. Näistä tärkeimpiä olivat joukkorahoituksen korkea hinta, järjestelmätyypin (käytetäänkö tuotettu sähkö itse vai syötetäänkö se verkkoon) vaikutus kannattavuuteen ja järjestelmän koon (megawattiluokan hankkeen mukana tuomat haasteet) vaikutus kannattavuuteen vaikuttavien tekijöiden lisääntymiseen.

Suomen maantieteellinen sijainti ja vaihtelevat sääolot tuovat mukanaan haasteita ja epäsuoria haasteita, kuten tarpeen varastoida sähköä. Jos tuotettu sähkö pystytetään varastoimaan tehokkaasti ja edullisesti, se voitaisiin käyttää myös tarpeen mukaan itse. Myös tämä vaikuttaisi aurinkosähköhankkeiden kannattavuuteen.

8.2 Voimalan toteutustapa

Tässä luvussa käydään läpi kaksi karkeaa esimerkkilaskelmaa voimalan kannattavuudesta. Lisäksi otetaan kantaa siihen, minne voimala kannattaisi sijoittaa ja millainen hanke kannattaisi opinnäytetyössä selvinneiden tietojen pohjalta toteuttaa.

8.2.1 Sijainti ja voimalan tyyppi

Teoriaosuuden kappale 2.3 Aurinkoenergia osoittaa, että koko Suomeen verrattuna Vaasan alue sopii aurinkosähkön tuotantoon hyvin. Kappaleessa mainittiin, että Etelä- ja Länsi-Suomi sopivat sääolojensa myötä aurinkosähkön tuotantoon yhtä hyvin kuin Pohjois-Saksa. Tämän ilmiön voi nähdä esimerkiksi kuvan 5 kartasta.

Ilmatieteenlaitoksella on säteilymittausasemia eri puolilla Suomea. Paraisia lukuun ottamatta länsirannikolla ei ole mittausasemia. Esimerkiksi Paraisten sääasematietojen mukaan kokonaissäteilyn määrä olin vuonna 2015 noin 1070 kWh/m², 2016 noin 1067 kWh/m² ja 2017 noin 1061 kWh/m². Parainen on kuitenkin kaukana Vaasasta, joten mittausaseman tiedot eivät ole tarpeeksi relevantteja. Monet sivustot tarjoavat vuosittaisen keskiarvon määrittäviä karttoja. Vaasan alueella vuosittaisen säteilyn määrän keskiarvo on lähteistä riippuen noin 1100 kWh/m². /46, 47/

8.2.2 Megawatti-luokan voimala

Haastatteluissa kävi ilmi, että Vaasan energiapääkaupunki-status ei näy mitenkään Vaasaan saavuttaessa. Tässä mielessä aurinkovoimalan sijoittaminen suurimpien kulkuyhteyksien varrelle olisi kaupungin imagon kannalta suotavaa. Kaavoituksen kannalta esimerkiksi Vaasaan johtava E12-moottoritieosuus sijaitsee osittain Mustasaaren kunnan puolella. Tällä hetkellä moottoritien alkupään molemmat puolet ovat peltoalueita. Tämän moottoritien alkupää olisi hyvä sijoituspaikka aurinkovoi-

malalle sen näkyvyyden kannalta. Lisäksi Mustasaaren strategisen yleiskaavan mukaan moottoritien alkupäähän ei saa sijoittaa uutta melulle herkkää maankäyttöä lentokentän läheisyydestä johtuen. Tämä puoltaa maankäytön sopivuutta esimerkiksi aurinkovoimalalle. Projekti saattaa vaatia kaavoitusmuutoksia. Vaasan ja Mustasaaren kunnat ovat tehneet aiemminkin tiivistä yhteistyötä kaavoituksen suhteen. /48, 49/

Mustasaaren yleiskaavaan on merkitty erikseen tuulivoimaloiden alueita. Vaasa tai Mustasaari eivät ole ottaneet erikseen kaavoituksessaan huomioon aurinkosähköä. Kaavoituksen avulla voidaan vaikuttaa käytännössä esimerkiksi paneeliasennuksia helpottavilla talorakenteiden suuntauksilla. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston vuonna 2011 julkaisemassa Östersundomin yleiskaavaluonnoksessa aurinkosähkö on huomioitu erikseen esimerkiksi seuraavasti:

”Yleiskaavassa varaudutaan mahdollisuuteen asentaa aurinkosähköpaneelija Porvoonväylän pohjois- ja eteläpuolelle noin 6 kilometrin matkalle. Tätä varten kaavaluonnoksessa on erillinen määräys: Viheralueelle Porvoonväylän molemmille puolille saadaan sijoittaa aurinkosähkön valmistamiseen ja varastointiin liittyviä laitteita.” /50, s. 68/

Kappaleessa 5.3.3 mainittiin Tanskan tuulivoimaosuuskunnista. Osuuskuntia on useita ja niiden omistus pohja on kuluttajapainotteinen. Samaa tyyliä voitaisiin käyttää magawatti-luokan verkkoon kytketyn aurinkovoimalan kohdalla Vaasan alueella. Parhaimmillaan joukkorahoitustyyppinen hanke tarjoaa Vaasan alueen asukkaille mahdollisuuden sijoittaa paikalliseen ja uusiutuvaan sähköntuotantoon ja edistää Vaasan alueen energiaklusteri-imagoa.

8.2.3 Omaan käyttöön sähköä tuottava voimala

Suurimpien kulkuyhteyksien käyttö sijoitusperusteena tarkoittaa käytännössä sitä, että sähkö tullaan myymään verkkoon. Omaan käyttöön sähköä tuottavan aurinkovoimalan sijoittaminen suurten kulkuyhteyksien varrelle voi osoittautua hankalaksi, sillä sähköä käyttävä kohde pitäisi löytyä samalta sijainnilta.

Mikäli projektin luonteeksi valitaan pienempi omaan käyttöön sähköä tuottava aurinkovoimala, on löydettävä kohde, joka voi toimia yhtä aikaa aurinkovoimalan sijoituspaikkana ja sähkön käyttäjänä. Tällä tavoin toimivat esimerkiksi Ruokakeskon eri puolella Suomea sijaitsevat aurinkovoimalat. Imagollisesti sopivia rakennuksia, ja esimerkiksi opinnäytetyöaiheina lisäarvoa tuottavia kohteita, ovat teknilliset korkeakoulut. Sopivia vaihtoehtoja ovat myös yritystilat ja kaupat, joiden kuuksittainen sähkönkulutus pysyy vuoden ympäri tarpeeksi korkeana. /51/

Pienemmän voimalan ajatusta tukee esimerkiksi Vaasan yliopiston Levón-instituutin toteuttama Energiakylä-raportti. Raportin johtopäätöksissä todetaan seuraavasti:

”Yksittäisillä SUURILLA investoinneilla EI ratkaista tarvetta uusiutuvan energian lisäämiseen, vaan mielestämme pienistä yksiköistä muodostuu suuri virta, joka on myös tehokkaampi kokonaisuutena, on toimintavarmempi ja hyödyttää suurempaa joukkoa.” /16, s. 53/

8.3 Yksinkertaistetut esimerkkilaskelmat

Oy Merinova Ab toteutti vuonna 2016 karkeat esimerkkilaskelmat kahdesta erilaisesta aurinkovoimalasta. Tässä työssä on sovellettu näitä laskelmia. Ensimmäisessä esimerkkilaskelmassa voimalatyyppejä on suuri 1 MW sähköä verkkoon tuottava aurinkovoimala. Toisessa esimerkissä kyseessä on 7,8 kW omaan käyttöön sähkö tuottava aurinkovoimala. Laskelmat sopivat hyvin tämän opinnäytetyön pohjaksi.

Laskelmien loppuun on lisätty tasalyhennyslainan korko-osuudet kymmenen ja viiden prosentin korkokannalla laskettuna sekä niiden vaikutus takaisinmaksuaikaan. Oletuksena on, että käytetään lainapohjaista joukkorahoitusta. Korko on laskettu järjestelmien kokonaishintojen perusteella. Suuremman voimalan kohdalla laina-aikana käytetään 30 vuotta ja pienemmän voimalan kohdalla 20 vuotta. Lainalle on laskettu vuosittaiset takaisinmaksuerät. Lainaa aletaan maksaa takaisin vasta projektin toisena vuonna, eli lainan takaisinmaksueriä on laskelmissa yhteensä 29 ja 19. Toiminta-ajan lainakorkoa voi pitää myös sijoitetun pääoman tuottovaateena, kun oletetaan että tuottotavoite on tasaerälainan mukainen. Korkolaskelmat löytyvät opinnäytetyön liitteistä 3 ja 4. /52, s. 96–105/

Laskelmissa käytetyt kustannusarviot ovat lainaosuuksia lukuun ottamatta Merinovan arvioita. Oletukset ja käytetyt luvut ovat perusteltuja, mutta laskelmaa on yksinkertaistettu esimerkiksi sähkön hinnan osalta, jonka on oletettu pysyvän vakiona koko tarkastelujakson ajan. Suuremman voimalan laskelmassa käytetty sähkön myyntihinta on sähköpörssin spot-hintojen toukokuun kuukausikeskiarvo tarkastelujaksolta 2001–2016. Toukokuussa sähkön hinta on normaalisti vuoden alhaisin. Tarkastelun ulkopuolelle on jätetty useita eri tekijöitä, kuten mahdollinen tontin vuokra, inflaatio, järjestelmään kohdistuvat verot ja muut vastaavat maksut. /52, s. 96/

Taulukko 1. Suuren aurinkovoimalan esimerkkilaskelma.

Suurempi voimala (verkkoon kytketty)		
Huipputeho (kWp)	1000,00	
Järjestelmän kokonaishinta (EUR)	1150000,00	
Tuki (%)	40,00%	
Tuettu hinta (EUR)	690000,00	
Huipputehon hinta (EUR)/kWp)	690,00	
Vuotuinen tuotto (kWh/kWp)	850,00	Vaasa
Energiaa vuodessa (kWh)	850000,00	
Energian myyntihinta (EUR)/kWh)	0,03168	
Vuotuinen sähkön myynnin tuotto (EUR)	26928,00	
Takaisinmaksu (vuosia)	35,45	
Käyttöaika (vuotta)	30	
Energian tuotto käyttöaikana (kWh)	25500000,00	
Taloudellinen tuotto käyttöaikana (EUR)	807840,00	
Laiteinvestoinnit käytön aikana (EUR) (järjestelmän kokonaishinnasta)	92000,00	8%
Vuotuinen käyttökustannus hankinnasta (%/v)	0,5%	
Vuotuiset käyttökustannukset (EUR)/vuosi	5750,00	
Käyttökustannus toiminta-aikana (EUR)	172500,00	
Käyttökulut (EUR) käyttöaikana	264500,00	
Tuoton ja investoinnin erotus (EUR)	-146660,00	
Oman sähkön tuotantohinta (EUR)/kWh)	0,0374	
Myyntihinta - omakustannushinta (EUR)	-0,0058	
Vuotuinen lyhennyserä (EUR)	122737,28	10%
Korko laina-ajalta (EUR)	3682118,40	
Takaisinmaksuaika tasaerälyhennyslainalla (vuotta)	125,6607	
Vuotuinen lyhennyserä (EUR)	75952,35	5%
Korko laina-ajalta (EUR)	2278570,50	
Takaisinmaksuaika tasaerälyhennyslainalla (vuotta)	85,3208	

Taulukossa 1 on esitetty suuremman aurinkovoimalan laskelma. Esimerkkilaskelmasta käy ilmi, että laskelman oletuksilla tehtynä tällainen projekti ei ole kannattava. Voimalan teoreettinen käyttöikä (30 vuotta) on lyhyempi kuin sen takaisinmaksuaika (35,45 vuotta). Jos sijoitetulle pääomalle lisätään kustannuksia tasaerälainan koron muodossa, projektin kannattavuus on surkea. Sähkön myyntihinta vaikuttaa keskeisesti voimalan kannattavuuteen. Sähkön hintaa on hankala ennustaa.

Esimerkiksi 2017 toukokuun sähkön spot-hintojen keskiarvo on 0,04093 euroa/kWh. Tällä sähkön myyntihinnalla laskettuna vastaavan projektin takaisinmaksuajaksi tulee 27,43 vuotta. Teoriassa mainitun sähkön alkuperätakuun taloudellinen hyödyntäminen voisi vaikuttaa kannattavuuteen. Alkuperätakuun vaikutusta ei ole tutkittu tässä opinnäytetyössä. /52, s. 99/

Taulukko 2. Pienen aurinkovoimalan esimerkkilaskelma.

Pienempi voimala (omaan käyttöön sähköä tuottava)		
Huipputeho (kWp)	7,80	
Järjestelmän kokonaishinta (EUR)	16680,00	
Arvonlisävero (%)	24%	
Arvonlisävero (EUR)	4003,20	
Arvonlisäveroton hinta	12676,80	
Energiatukiprosentti (%)	25,00%	
Energiatuki (EUR)	3169,20	
Tuettu hinta (EUR)	9507,60	
Huipputehon hinta (EUR)/kWp)	1218,92	
Vuotuinen tuotto (kWh/kWp)	850,00	Vaasa
Energiaa vuodessa (kWh)	6630,00	
Energian ostohinta (EUR)/kWh)	0,0800	
Vuotuinen sähkön tuotto (EUR)	530,40	
Takaisinmaksu (vuosia)	23,90	
Käyttöaika (vuotta)	30,0	
Energian tuotto käyttöaikana (kWh)	198900,00	
Taloudellinen tuotto käyttöaikana (EUR)	15912,00	
Laiteinvestoinnit käytön aikana (EUR) (järjestelmän kokonaishinnasta)	1267,68	10%
Vuotuinen käyttökustannus hankinnasta (%/v)	0,5%	
Vuotuiset käyttökustannukset (EUR)/vuosi	63,38	
Käyttökustannus toiminta-aikana (EUR)	1901,52	
Käyttökulut (EUR) käyttöaikana	3169,20	
Tuoton ja investoinnin erotus (EUR)	3235,20	
Oman sähkön tuotantohinta (EUR)/kWh)	0,0637	
Myyntihinta - omakustannushinta (EUR)	0,0163	
Vuotuinen lyhennyserä (EUR)	1994,04	10%
Korko laina-ajalta (EUR)	39880,80	
Takaisinmaksuaika tasaerälyhennyslainalla (vuotta)	88,08	
Vuotuinen lyhennyserä (EUR)	1380,18	5%
Korko laina-ajalta (EUR)	27603,60	
Takaisinmaksuaika tasaerälyhennyslainalla (vuotta)	67,5053	

Taulukossa 2 on kyseessä pienempi aurinkovoimala. Laskelmassa on oletettu, että kaikki tuotettu sähkö pystytään käyttämään itse. Omaan käyttöön tuotettu sähkö korvaa suoraan ostetun sähkön, joten sähkön tuotannon hintaa verrataan sähkön ostohintaan. Tämän esimerkkilaskelman mukaan projektin takaisinmaksuaika on 23,9 vuotta. Sähkön ostohinta vaikuttaa merkittävästi pienemmän projektin kannattavuuteen. 10 %:n ja 5 %:n lainat venyttävät takaisinmaksuaikaa kymmenillä vuosilla. Voimala tuottaa laskelman mukaan 30 vuoden käyttöaikana yhteensä 17901,00 euroa. Kun tästä vähennetään voimalan arvonlisäveroton hinta, jää voimalan arvioidun 30 vuoden käyttöiän tuotoksi 5224,20 euroa.

Paneelien parantuvat hyötysuhteet ja aurinkojärjestelmien hintojen jatkuva aleneminen muuttavat järjestelmien kannattavuutta tulevaisuudessa. Myös erilaiset kannusteet voivat vauhdittaa tulevaisuudessa aurinkojärjestelmien yleistymistä. /52, s. 101–102/

8.3.1 Päätelmät esimerkkilaskelmista

Esimerkkilaskelmien perusteella voidaan sanoa, että jo pienet muutokset sähkön hinnassa vaikuttavat merkittävästi projektien kannattavuuteen. Suurikorkoisen lainan käyttö tai merkittävät tuottovaatimukset eivät sovi aurinkosähköprojektiin viime vuosien sähkön hinnoilla. Käytetyt esimerkkilaskelmat liikkuvat kannattavuuden rajoilla, mutta pienetkin muutokset kriittisissä tekijöissä vaikuttavat kannattavuuslaskelmaan merkittävästi. Joukkorahoitetun aurinkovoimalan arvo voidaan löytää myös projektin tuomasta lisäarvosta.

On myös mahdollista vuokrata aurinkovoimalan paneelit asiakkaiden käyttöön ja nostaa yrityksen kannattavuutta hakemalla tuottoa paneelien vuokraamispalvelusta. Joukkorahoituksen muotona voidaan käyttää myös osakepohjaista joukkorahoitusta, eli rahoittajat ostavat sijoituksellaan osan hankkeesta, jolloin lainan korkoa ei tarvitse ottaa huomioon. Joukkorahoituskampanja kuitenkin aiheuttaa muita lisäkustannuksia, joita laskelmissa ei ole huomioitu.

8.4 Eettiset kysymykset

Tutkimuksen eettisyydestä puhuttaessa, puhutaan myös tutkimuksen laadusta. Tutkijan vastuulle jää tutkimuksen laadun varmistus. Tähän kuuluvat esimerkiksi sopivan tutkimusasetelman valinta ja laadukas raportointi. Tutkimuksen tekijä valitsee myös tutkimuksen aiheen. Tutkimuksen luomien merkitysten arviointi on etukäteen hankalaa. Tutkimusasetelman eettisiä ongelmia on sitä hankalampi pohtia, mitä avoimempaa tiedonkeruumenetelmää käytetään. Tutkijan vastuulle jää tutkimuksen aiheen valinnan eettisyyden pohtiminen. /53, s. 125–130/

Tutkijan eettiset ratkaisut ja tutkimuksen uskottavuus ovat vahvassa yhteydessä. Tieteellisen käytännön noudattaminen on uskottavuuden edellytys. Hyvälle tieteelliselle käytännölle on määritelty kriteerejä. Tutkijan on noudatettava tiedeyhteisön tunnustamia toimintatapoja. Näitä ovat esimerkiksi rehellisyys, huolellisuus ja tarkkuus tutkimustyössä ja tulosten tallentamisessa sekä arvioinnissa. Hyvän tieteellisen käytännön mukaista on myös esimerkiksi tutkimuksen kannalta oleellisten sidonnaisuuksien ilmoittaminen ja se, että tutkimuksen vaiheet on toteutettu vaatimusten edellyttämällä tavalla. Tieteellisen käytännön loukkauksia ovat esimerkiksi huolimattomuudesta johtuva harhaanjohtava raportointi. Tieteellinen vilppi tarkoittaa vääristeltyjen, keksittyjen tai ilman lupaa lainattujen tulosten omaan käyttämistä. /53, s. 132–133/

Tämän opinnäytetyön aiheenvalinnan taustalla on henkilökohtaisen taloudellisen hyödyn tavoittelu. Opinnäytetyön toteutuksessa on toimittu mahdollisimman eettiseksi, huolelliseksi ja rehelliseksi koetulla tavalla koko opinnäytetyöprosessin ajan. Ennen opinnäytetyön aloittamista toteutettiin hyväksytysti opinnäytetyösuunnitelma. Aineiston keräämistä varten tehty teemahaastattelulomake ja tutkimuksen teoreettinen pohja hyväksyttiin opinnäytetyöohjaajan toimesta ennen tutkimusosuuden aloittamista.

Haastateltavat henkilöt eivät olleet tutkijalle ennestään tuttuja. Työn tekovaiheessa on pyritty välttämään ohjailevia kysymyksiä, pitämään objektiivinen näkökulma ja seuraamaan tutkimushaastattelun ohjenuora. Haastatteluihin osallistuneiden hen-

kilöiden nimiä ei mainita tutkimuksessa ja he osallistuivat tutkimukseen vapaaehtoisesti. Haastateltaville kerrottiin ennen haastatteluja selkeästi tutkimuksen tarkoitus. Haastatteluihin osallistuneille henkilöille luvattiin, että mikäli koetaan tarpeelliseksi mainita haastateltava nimeltä, häneltä pyydetään vielä erillinen hyväksyntä. Kaikki saadut vastaukset on käsitelty luottamuksellisesti. Opinnäytetyössä tehdyt tulkinnat on tehty rehellisesti kerätyn aineiston pohjalta.

8.5 Luotettavuuden pohdinta

Luotettavuus tarkoittaa, että tutkimustulokset ovat todenmukaisia, eli tutkimustulokset vastaavat tutkittavaa ilmiötä. Kvalitatiivisen tutkimuksen tavoite on ymmärtää ilmiötä. Tavoitteena on, että tehdyt tulkinnat ovat oikeita ja vastaavat todellisuutta ja tutkimustulokset on johdettu aineistosta oikein. Laadullisen tutkimuksen takana ei kuitenkaan välttämättä ole aina yhtä oikeaa tulkintatapaa. Mitä enemmän todisteita ja todistajia saadaan väitteiden taakse, sitä pitävämpi on tulkinta. Tulkinnat eivät saa olla ristiriidassa keskenään. Aineistojen valinta jää tutkijan päätettäväksi. Luotettavuuden arvioinnissa on hyödyllistä perehtyä alan teoriaan. Tutkija voi myös hakea tukea omille tulkinnoilleen aiemmista tutkimustuloksista. Tämä edellyttää kuitenkin aikaisempien tutkimusten olemassaoloa. /54, s. 352–357/

Tutkimuksen luotettavuuden arvioinnissa on hyvä muistaa mitä ollaan tutkimassa ja miksi, miten itse on sitoutunut aiheeseen, millaiset aineistonkeruumenetelmät olivat ja mitä ongelmia niihin voi liittyä, millä perusteella tutkimukseen valittiin haastateltavat, oliko tutkijan ja haastateltavan välisellä suhteella vaikutusta tutkimustuloksiin, millainen oli tutkimuksen aikataulu, miten aineiston analyysi toteutettiin, miten tutkimuksen luotettavuutta arvioitiin ja miten tutkimuksen raportointi toteutettiin. Jotta lukija pystyy arvioimaan tutkimuksen tuloksia, hänen on saatava tarpeeksi tietoa siitä, miten tutkimus on toteutettu. /53, s. 140–141/

Tässä opinnäytetyössä on vastattu kaikkiin edellisessä kappaleessa mainittuihin kysymyksiin. Tässä opinnäytetyössä esitettyjen asioiden pohjalta lukijalla on täydet edellytykset arvioida tutkimuksen tuloksia ja tutkimuksen toteutustapaa. Kerätyn aineiston pohjalta tehdyt tulkinnat on tehty mahdollisimman totuudenmukaisesti,

eivätkä ne sisällä ristiriitoja. Asiantuntijoiden valinnat on tehty tarkasti, mutta haastateltujen asiantuntijoiden määrä on vähäinen. Haastattelu esimerkiksi paikallisen sähköyhtiön palveluksessa toimivalta ammattilaiselta olisi täydentänyt tätä tutkimustyötä merkittävästi. Yhteydenotoista huolimatta paikalliselta sähköyhtiöltä ei saatu osallistujia tämän opinnäytetyön haastatteluihin. Aineistoon pohjautuvat tulokset on toteutettu tutkijan näkemyksen mukaan parhaiten aineistoon sopivalla tavalla. Tutkija on perehtynyt alan teoriaan kattavasti ennen opinnäytetyön tutkimusosan aloittamista. Tutkija ei ole löytänyt aiempaa suoraan aiheeseen liittyvää tutkimustietoa, johon verrata omia löydöksiään.

8.6 Jatkotutkimusehdotukset

Tämän opinnäytetyön myötä syntyi joitain ehdotuksia ja aiheita jatkotutkimuksille. Nämä tutkimusehdotukset ja aiheet vastaavat pääosin tämän opinnäytetyön aikana syntyneisiin, avoimeksi jääneisiin kysymyksiin.

- Aurinkoenergian huomioon ottaminen Pohjanmaan alueen kaavoituksessa
- Energiapääkaupunki -imagon saavuttamisen keinot
- Kvantitatiivinen kyselytutkimus Vaasan alueen potentiaalisesta aurinkosähkön asiakaskunnasta
- Aurinkosähköosuuskunnan soveltamisen hyödyt ja haitat Suomessa
- Aurinkosähköprojektin toteutus korkeakoulun yhteyteen (esim. Vaasan ammattikorkeakoulun katolle).

LÄHTEET

- /1/ Klimstra, J. & Hotakainen, M. 2011. Smart Power Generation. 3rd improved edition. Helsinki. Avain Publishers.
- /2/ International Energy Agency. 2016. Key world energy statistics 2016. Viitattu 14.8.2017. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Key-World2016.pdf>
- /3/ BP Energy Outlook 2017 edition. 2017. Viitattu 18.9.2017. <https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2017/bp-energy-outlook-2017.pdf>
- /4/ Käpylehto, J. 2016. Aurinkosähköt kotiin, kerrostaloon ja yritykseen. Helsinki. Into Kustannus Oy.
- /5/ Wikipedia artikkeli Earth's orbit 2017. Viitattu 15.8.2017. https://en.wikipedia.org/wiki/Earth%27s_orbit
- /6/ Perälä, R. 2017. Aurinkosähköä. Helsinki. Alfamer / Karisto Oy.
- /7/ Osmo Soininvaara. 14.10.2010. Sähkölämmitys, kaukolämpö vai maalämpö – Osmo Soininvaaran laskelmat. Viitattu 11.4.2018. <https://suomenkuvalehti.fi/jutut/kotimaa/talous/soininvaara-laskelmat/>
- /8/ Motiva. 11.11.2016. Aurinkokeräinten hyötysuhteet. Viitattu 11.4.2018. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampo-jarjestelmat/aurinkokerainten_hyotysuhteet
- /9/ The World Bank & International Solar Alliance (ISA) 2017. Solar Atlas. Viitattu 16.8.2017. <http://globalsolaratlas.info/>
- /10/ Duxbury, A. 1998. Ocean. Earth Feature. Encyclopædia Britannica. Viitattu 16.8.2017. <https://www.britannica.com/science/ocean>
- /11/ Bradsher, K. 2017. China Looks to Capitalize on Clean Energy as U.S. Retreats. The New York Times. Viitattu 16.8.2017. <https://www.nytimes.com/3417/06/05/business/energy-environment/china-clean-energy-coal-pollution.html>
- /12/ Šúri, M., Huld, T.A., Dunlop, E.D. & Ossenbrink H.A. 2007. Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries. Solar Energy, 81, 1295–1305, <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>
- /13/ Huld, T., Müller, R. & Gambardella, A. 2012. A new solar radiation database for estimating PV performance in Europe and Africa. Solar Energy, 86, 1803–1815.

- /14/ Nykyinen ilmasto – 30 vuoden keskiarvot. Ilmasto-opas. Viitattu 2.5.2018. <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/1c8d317b-5e65-4146-acda-f7171a0304e1/nykyinen-ilmasto-30-vuoden-keskiarvot.html>
- /15/ Vaasan yliopisto auringonpaistetunnit vaihtelevat vuodessa suuresti. 5.7.2017. Ilmatieteenlaitos. Viitattu 2.5.2018. <http://ilmatieteenlaitos.fi/auringonpaistetunnit>
- /16/ Vaasan yliopisto – Levón-instituutti. 2015. Energiakylä Kylien kehittäminen kohti energiaomavaraisuutta Pohjanmaan maakunnissa. Viitattu 3.5.2018. https://www.univaasa.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-693-7.pdf
- /17/ Wind in Power 2016 European Statistics. 2017. Wind Europe. Viitattu 16.8.2017. <https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/WindEurope-Annual-Statistics-2016.pdf>
- /18/ Renewables 2016 Global Status Report. 2016. REN21 Secretariat. Viitattu 17.8.2017. http://www.ren21.net/wp-content/uploads/3416/06/GSR_2016_Full_Report.pdf
- /19/ Dr. Harry Wirth. 2018. Recent Facts about Photovoltaics in Germany. Viitattu 11.4.2018. <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/recent-facts-about-photovoltaics-in-germany.pdf>
- /20/ China to invest £292bn in renewable power by 2020. 2017. The Guardian. Viitattu 18.8.2017. <https://www.theguardian.com/business/3417/jan/05/china-invest-renewable-fuel-2020-energy>
- /21/ Shankleman, J. & Martin, C. 2017. Solar Could Beat Coal to Become the Cheapest Power on Earth. Bloomberg. Viitattu 17.8.2017. <https://www.bloomberg.com/news/articles/3417-01-03/for-cheapest-power-on-earth-look-skyward-as-coal-falls-to-solar>
- /22/ James Case. 2017. Direct Current Transmission and the Future of Electricity. Viitattu 11.4.2018. <https://sinews.siam.org/Details-Page/direct-current-transmission-and-the-future-of-electricity> §
- /23/ Motiva. 11.11.2016. Auringonsäteilyn määrä Suomessa. Viitattu 11.4.2018. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa
- /24/ Off-Grid Electric verkkosivut. Viitattu 22.8.2017. <http://offgrid-electric.com/innovation/>
- /25/ SolarReviews verkkosivut. Viitattu 22.8.2017. <http://www.solarreviews.com/solar-energy/pros-and-cons-of-monocrystalline-vs-polycrystalline-solar-panels/>

- /26/ Sähkön alkuperätakuu. Energiavirasto. Viitattu 2.5.2018. <https://www.energiavirasto.fi/sahkon-alkuperatakuu>
- /27/ Helsingin kaupunki. 15.6.2017. Kaavoituksen tasot. Viitattu 2.5.2018. <https://www.hel.fi/helsinki/fi/asuminen-ja-ymparisto/kaavoitus/kaavoituksen-tasot>
- /28/ Martikainen, T. & Matikainen, M. 2002. Rahoituksen perusteet. 5., uud. painos. Juva. Martikainen Capital Oy & Werner Södeström Oy.
- /29/ Martikainen, M. & Vaihekoski, M. 2015. Yritysrahoituksen perusteet. 1. painos. Helsinki. Sanoma Pro Oy.
- /30/ Lyhennystapa ja takaisinmaksu. Finanssivalvonnan verkkosivut. Viitattu 3.10.2017. <http://www.finanssivalvonta.fi/fi/Finanssiasiakas/Tuotteita/Lainat/Asuntolainat/Lyhennystapa/Pages/Default.aspx>
- /31/ Dizaji, F. A. 2011. Study of Project Finance Versus Corporate Finance. Journal of Economic Theory 5. Medwell Journals. Department of Electronic Commerce, Nooretouba, University, Tehran, Iran. Viitattu 7.9.2017. <http://docsdrive.com/pdfs/medwelljournals/jeth/3411/132-105.pdf>
- /32/ What Is Leverage. Wall Street Oasis. Viitattu 30.4.2018. <https://www.wallstreetoasis.com/finance-dictionary/what-is-leverage>
- /33/ Special Purpose Vehicle (SPV) Definition. Wall Street Oasis. Viitattu 30.4.2018. <https://www.wallstreetoasis.com/finance-dictionary/what-is-a-special-purpose-vehicle-spv>
- /34/ Non-Recourse Finance. Investopedia, LCC. Viitattu 11.9.2017. <http://www.investopedia.com/terms/n/nonrecoursedebt.asp>
- /35/ Non-Recourse Debt. Investopedia, LCC. Viitattu 11.9.2017. <http://www.investopedia.com/terms/n/non-recoursefinance.asp>
- /36/ Finanssivalvonnan verkkosivut. Mitä on joukkorahoitus? Viitattu 5.9.2017. http://www.finanssivalvonta.fi/fi/Finanssiasiakas/Tuotteita/Sijoittaminen/muut_tuotteet/joukkorahoitus/Pages/Default.aspx
- /37/ Artman, H. 2016. Askelmerkkejä joukkorahoitukseen Team Finland Future Watch. Viitattu 29.8.2017. <https://www.slideshare.net/futurewatch/askelmerkkeja-joukkorahoitukseen-lokakuu-2015-team-finland-future-watch>
- /38/ Delivoria, A. 2017. Crowdfunding in Europe Introduction and state of play. EPRS | European Parliamentary Research Service. Viitattu: 30.8.2017. [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/3417/595882/EPRS_BRI\(2017\)595882_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/3417/595882/EPRS_BRI(2017)595882_EN.pdf)
- /39/ European Commission. 3.5.2016. Brussels. SWD (2016). COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT - Crowdfunding in the EU Capital Markets

Union. Viitattu: 30.8.2017. https://ec.europa.eu/info/system/files/crowdfunding-report-03052016_en.pdf

/40/ JoukonVoima -verkkosivut. 19.5.2016. Finnoonportti – Auringolla sähköistetty ja maalämmöllä lämmitetty toimitilakeskus. Viitattu: 9.10.2017. http://joukonvoima.fi/projektit/finnoonportti/?_ga=2.184788201.1961151869.1507529161-1226888639.1505981762

/41/ Finnoonportin sijoittajakirje. 2.5.2017. Finnoonportin tilanteesta, koronmaksusta ja vero-ohjeista. Viitattu: 9.10.2017. http://joukonvoima.fi/content/uploads/3417/05/finnoonportti-sijoittajakirje.pdf?_ga=2.223954011.1961151869.1507529161-1226888639.1505981762

/42/ Finnoonportin sijoittajakirje. 27.1.2017. Finnoonportin tilanteesta, koronmaksusta ja vero-ohjeista. Viitattu: 9.10.2017. http://joukonvoima.fi/content/uploads/3417/01/Finnoonportti-Sijoittajakirje-12017-1.pdf?_ga=2.160531581.1961151869.1507529161-1226888639.1505981762

/43/ de Windcentrale verkkosivut. Viitattu 11.10.2017. <https://www.windcentrale.nl/meer-over-ons/>

/44/ Bayar, T. 2013. China Looks to Capitalize on Clean Energy as U.S. Retreats Dutch Wind Turbine Purchase Sets World Crowdfunding Record. Renewable Energy World. Viitattu 11.10.2017. <http://www.renewableenergyworld.com/articles/3413/09/dutch-wind-turbine-purchase-sets-world-crowdfunding-record.html>

/45/ Kosonen, K. 2014. Tuulen kesyttäjät - Kuinka start up -hipit synnyttivät maailmanluokan tuulivoimateollisuuden. Viitattu 30.4.2018. <http://www.greenpeace.org/finland/fi/media/blogi/tuulen-kesyttjt/blog/51085/>

/46/ Ilmatieteenlaitos - havaintojen lataus -verkkosivut. Viitattu 3.5.2018. <http://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>

/47/ Areva Solar aurinkolaskuri -verkkosivut. Viitattu 3.5.2018. <https://www.areasolar.fi/fi/aurinkolaskuri>

/48/ Mustasaaren kunta, kaavoitusosasto. 21.2.2018. Kaavoituskatsaus 2018. Viitattu 2.5.2018. <https://www.mustasaari.fi/assets/Boende/Planlaggning/Framlagdaplanner/planlaggningsoversikten/Planlaggningsoversikt-2018-webb.pdf>

/49/ Mustasaaren kunta. 5.4.2013. Mustasaaren strateginen yleiskaava. Viitattu 2.5.2018. <https://www.mustasaari.fi/assets/Boende/Planlaggning/Generalplaner/Plankarta-Strategisk-generalplan.pdf>

/50/ Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto 24.2.2011. Östersundomin yleiskaavaluonnos selostus. Viitattu 2.5.2018. https://www.hel.fi/hel2/ksv/ostersundom/kaavaluonnos_selostus_210411.pdf

/51/ K-Ryhmä. 19.12.2016. K-RYHMÄSTÄ SUOMEN SUURIN AURINKOSÄHKÖN TUOTTAJA. Viitattu 21.5.2018. <https://www.kesko.fi/media/uutiset-ja-tiedotteet/uutiset/2016/k-ryhmasta-suomen-suurin-aurinkosahkon-tuottaja/>

/52/ Ala-Myllymäki, E. 2016. Oy Merinova Ab – Aurinkodemo. Viitattu 5.5.2018. https://www.merinova.fi/wp-content/uploads/3116/09/aurinkodemo_loppuraportti.pdf

/53/ Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2013. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Vantaa. Hasaprint Oy.

/54/ Kananen, J. 2015. Opinnäytetyön kirjoittajan opas. Suomen yliopistopaino Oy.

/55/ Hirsijärvi, S. & Hurme, H. 2000. Tutkimushaastattelu - Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki. Helsinki University Press ja tekijät.

LIITE 1

Puolistrukturoidun haastattelun kysymyslomake

Kysymyslomakkeen rakenne:

1. Kysymys

- a. Tarpeen mukaan käytettävät ohjaavat aiheet ja kysymykset

Haastattelukysymykset

1. Mikä on aurinkosähkön nykytilanne ja tulevaisuus Suomessa?
 - a. Suurimmat haasteet
 - b. Aurinkosähköä edistävät tekijät
2. Mitä mieltä olet joukkorahoituksesta aurinkosähkölaitoksen rahoittajana?
 - a. Huonot ja hyvät puolet
 - b. Mitä rahoitustapaa käyttäisit mieluiten hankkeen yhteydessä? Miksi?
3. Mitä opinnäytetyössä tarkoitetun hankkeen toteutus vaatii?
 - a. Toteuttajalta
 - b. Vaadittujen pätevyyksien kannalta
 - c. Ajallisesti
 - d. Työvoiman ja taloudellisten resurssien kannalta
 - e. Vähimmäissuuruusluokka
4. Onko tällainen hanke mielestäsi realistista toteuttaa?
 - a. Suurimmat esteet ja suurimmat hanketta puoltavat tekijät
 - b. Käytettävissä olevien pienten resurssien näkökulmasta
 - c. Taloudellisesta näkökulmasta

5. Arvioitko Vaasan alueen olevan otollinen paikka tällaisen hankkeen toteutukselle?
 - a. Teoreettisen tuotantokapasiteetin puolesta
 - b. Sopiiko hanke alueen henkeen
 - c. Onko alueella tarpeeksi asiakkaita
6. Tuleeko mieleen muuta kommentoitavaa opinnäytetyön aiheen suhteen?
 - a. Yleisesti hyvää tai huonoa opinnäytetyöaiheeseen liittyen
 - b. Olisitko itse valmis tukemaan tällaista hanketta? Miksi?

LIITE 2

Esimerkki: Tekstin todellisen sisällön ymmärtäminen /53, s. 165/

Raakateksti	Luokka (taso 1)	Luokka (taso 2)
Jeren koulu-aika oli yhtä menoa, hän oli mukana lähiöjengissä, joka teki pieniä myymälävarkauksia ja muita rötöksiä.	RÖTÖSTELYÄ	EPÄSOSIAALINEN KÄYTÖS
Jengillä oli tapana kovistella viikonloppuisin pultsareita rautatiesillan alla.	PAHOINPITELY	EPÄSOSIAALINEN KÄYTÖS
Jere tapasi sitten jengissä Mallun, jonka kanssa hän alkoi hengaila, ja pian Mallu tulikin raskaaksi.	TEINIRASKAUS	EPÄSOSIAALINEN KÄYTÖS
Jere ehdotti aborttia, mutta Mallu piti päänsä.	OMAPÄISYYS	
Mallu sai sitten sossulta ensiasunnon, kotiinsa hänellä ei ollut enää menemistä.	ENSIASUNTO	SOSIAALIHUOLTO
Jere häippäisi kuviosta kesään mennessä.	JÄTTÄMINEN	EPÄSOSIAALINEN KÄYTÖS

LIITE 3

Pienemmän voimalan korkolaskelmat

Vuosi	Mak- suerä (€)	Lainan osuus (€)	Koron osuus (€)	Maksamaton osuus (€)	Korko
1				16.680,00	
2	1.380,18	546,18	834,00	16.133,82	5%
3	1.380,18	573,49	806,69	15.560,33	
4	1.380,18	602,16	778,02	14.958,17	
5	1.380,18	632,27	747,91	14.325,90	
6	1.380,18	663,89	716,29	13.662,01	
7	1.380,18	697,08	683,10	12.964,93	
8	1.380,18	731,93	648,25	12.233,00	
9	1.380,18	768,53	611,65	11.464,47	
10	1.380,18	806,96	573,22	10.657,51	
11	1.380,18	847,30	532,88	9.810,21	
12	1.380,18	889,67	490,51	8.920,54	
13	1.380,18	934,15	446,03	7.986,38	
14	1.380,18	980,86	399,32	7.005,52	
15	1.380,18	1.029,90	350,28	5.975,62	
16	1.380,18	1.081,40	298,78	4.894,22	
17	1.380,18	1.135,47	244,71	3.758,75	
18	1.380,18	1.192,24	187,94	2.566,51	
19	1.380,18	1.251,85	128,33	1.314,65	
20	1.380,18	1.314,45	65,73	0,21	
Vuosi	Mak- suerä (€)	Lainan osuus (€)	Koron osuus (€)	Maksamaton osuus (€)	Korko
1				16.680,00	
2	1.994,04	326,04	1.668,00	16.353,96	10%
3	1.994,04	358,64	1.635,40	15.995,32	
4	1.994,04	394,51	1.599,53	15.600,81	
5	1.994,04	433,96	1.560,08	15.166,85	
6	1.994,04	477,36	1.516,68	14.689,49	
7	1.994,04	525,09	1.468,95	14.164,40	
8	1.994,04	577,60	1.416,44	13.586,80	
9	1.994,04	635,36	1.358,68	12.951,44	
10	1.994,04	698,90	1.295,14	12.252,55	
11	1.994,04	768,79	1.225,25	11.483,76	
12	1.994,04	845,66	1.148,38	10.638,10	
13	1.994,04	930,23	1.063,81	9.707,87	
14	1.994,04	1.023,25	970,79	8.684,61	

15	1.994,04	1.125,58	868,46	7.559,04
16	1.994,04	1.238,14	755,90	6.320,90
17	1.994,04	1.361,95	632,09	4.958,95
18	1.994,04	1.498,14	495,90	3.460,81
19	1.994,04	1.647,96	346,08	1.812,85
20	1.994,04	1.812,76	181,28	0,09

LIITE 4

Suuremman voimalan korkolaskelmat

Vuosi	Maksuerä (€)	Lainan osuus (€)	Koron osuus (€)	Maksamaton osuus (€)	Korko
1				1.150.000,00	
2	75.952,35	18.452,35	57.500,00	1.131.547,65	5%
3	75.952,35	19.374,97	56.577,38	1.112.172,68	
4	75.952,35	20.343,72	55.608,63	1.091.828,97	
5	75.952,35	21.360,90	54.591,45	1.070.468,06	
6	75.952,35	22.428,95	53.523,40	1.048.039,12	
7	75.952,35	23.550,39	52.401,96	1.024.488,72	
8	75.952,35	24.727,91	51.224,44	999.760,81	
9	75.952,35	25.964,31	49.988,04	973.796,50	
10	75.952,35	27.262,52	48.689,83	946.533,98	
11	75.952,35	28.625,65	47.326,70	917.908,32	
12	75.952,35	30.056,93	45.895,42	887.851,39	
13	75.952,35	31.559,78	44.392,57	856.291,61	
14	75.952,35	33.137,77	42.814,58	823.153,84	
15	75.952,35	34.794,66	41.157,69	788.359,18	
16	75.952,35	36.534,39	39.417,96	751.824,79	
17	75.952,35	38.361,11	37.591,24	713.463,68	
18	75.952,35	40.279,17	35.673,18	673.184,52	
19	75.952,35	42.293,12	33.659,23	630.891,39	
20	75.952,35	44.407,78	31.544,57	586.483,61	
21	75.952,35	46.628,17	29.324,18	539.855,44	
22	75.952,35	48.959,58	26.992,77	490.895,86	
23	75.952,35	51.407,56	24.544,79	439.488,31	
24	75.952,35	53.977,93	21.974,42	385.510,37	
25	75.952,35	56.676,83	19.275,52	328.833,54	
26	75.952,35	59.510,67	16.441,68	269.322,87	
27	75.952,35	62.486,21	13.466,14	206.836,66	
28	75.952,35	65.610,52	10.341,83	141.226,14	
29	75.952,35	68.891,04	7.061,31	72.335,10	
30	75.952,35	72.335,59	3.616,76	-	
				0,49	

Vuosi	Maksuerä (€)	Lainan osuus (€)	Koron osuus (€)	Maksamaton osuus (€)	Korko
1				1.150.000,00	
2	122.737,28	7.737,28	115.000,00	1.142.262,72	10%
3	122.737,28	8.511,01	114.226,27	1.133.751,71	
4	122.737,28	9.362,11	113.375,17	1.124.389,60	
5	122.737,28	10.298,32	112.438,96	1.114.091,28	
6	122.737,28	11.328,15	111.409,13	1.102.763,13	
7	122.737,28	12.460,97	110.276,31	1.090.302,17	
8	122.737,28	13.707,06	109.030,22	1.076.595,10	

9	122.737,28	15.077,77	107.659,51	1.061.517,33
10	122.737,28	16.585,55	106.151,73	1.044.931,78
11	122.737,28	18.244,10	104.493,18	1.026.687,68
12	122.737,28	20.068,51	102.668,77	1.006.619,17
13	122.737,28	22.075,36	100.661,92	984.543,81
14	122.737,28	24.282,90	98.454,38	960.260,91
15	122.737,28	26.711,19	96.026,09	933.549,72
16	122.737,28	29.382,31	93.354,97	904.167,41
17	122.737,28	32.320,54	90.416,74	871.846,87
18	122.737,28	35.552,59	87.184,69	836.294,28
19	122.737,28	39.107,85	83.629,43	797.186,43
20	122.737,28	43.018,64	79.718,64	754.167,79
21	122.737,28	47.320,50	75.416,78	706.847,29
22	122.737,28	52.052,55	70.684,73	654.794,74
23	122.737,28	57.257,81	65.479,47	597.536,94
24	122.737,28	62.983,59	59.753,69	534.553,35
25	122.737,28	69.281,95	53.455,33	465.271,40
26	122.737,28	76.210,14	46.527,14	389.061,26
27	122.737,28	83.831,15	38.906,13	305.230,11
28	122.737,28	92.214,27	30.523,01	213.015,84
29	122.737,28	101.435,70	21.301,58	111.580,15
30	122.737,28	111.579,27	11.158,01	0,88