

AURINKOENERGIAKERÄIN

Simo Pussinen

Opinnäytetyö
Turun Ammattikorkeakoulu
Muotoilun koulutusohjelma
Teollinen muotoilu
Kevät 2013

AURINKOENERGIAKERÄIN

Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella itsenäisesti seisova ja maahan asennettava aurinkoenergiakeräinkonsepti. Työn toimeksiantajana oli Juras Oy, joka on suomalainen monialainen yritys. Tavoitteena oli aikaansaada lopputulos, joka toimii sekä itsenäisenä energiantuottojärjestelmänä että osana puskurijärjestelmää.

Työssä tutkittiin aurinkoenergiakeräinten yleistä toimintaperiaatetta, rakenteen vaatimuksia, Suomen ympäristön asettamia edellytyksiä materiaalivalinnoille ja niiden soveltamista uudenaikaiseksi konseptiksi. Haastatteleamalla ja dokumenttiaineistoa tutkimalla saatiin selville perustietoa ongelmakentästä. Suurimmiksi kysymyksiksi nousivat laitteen kiinnitys erilaisiin maaperiin ja materiaalivalinnat sääolosuhteita kestäviksi.

Tutkimuksen pohjalta todettiin, että laitteen kiinnitys maahan on toissijainen asia konseptoinnin kannalta ja sen toteuttaminen jätetään laitteen loppukäyttäjän harkinnan varaan riittävän ohjeistuksen kera. Materiaalivalinnoissa päädyttiin pääasiassa teräkseen, jotta laite olisi kestävä sekä edullinen valmistaa. Laitteeseen suunniteltiin optiikan optimoinnin näkökulmasta aseteltujen tyhjiöputkien kiinnikkeet, lämmön siirtämistä varten tarvittavat komponentit, säädettävällä nivelmekanismilla varustettu teline ja sähköä keräävä sekä auringon säteilyä optimoiva peili.

ASIASANAT:

Teollinen muotoilu, aurinkoenergia, ekoenergia, aurinkolämmitys, aurinkokeräimet

SOLAR THERMAL SYSTEM

The subject of my thesis was to design an independently standing ground installable solar thermal system. The customer of my thesis was Juras Ltd which is a Finnish conglomerate. My aim was to accomplish a result working as an independent energy providing system and as a part of a buffer system.

Basic principles of solar thermal systems, structural demands, demands on the materials placed by Finnish nature and their application as a new concept were studied in the work. By interviewing and doing documentary study, basic knowledge about problems related to solar thermal systems was found. The biggest questions were about how to attach the device securely to different soils and how to make the system withstand different weather conditions. Based on the research the attachment was noted as a peripheral matter. It was determined that the hands-on realization of the attachment would ultimately be left in the hands of a customer with sufficient instructions. Steel was selected as the base of my design because of its durability and cheap price. Things designed were brackets for vacuum tubes, components required for heat transmission, a rack with an adjustable joint mechanism, a mirror for optimizing heat energy accumulation and an amorphous solar cell sheet for collecting solar power.

KEYWORDS:

Industrial design, solar energy, eco energy, solar thermal heating, solar thermal collector

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO

2 TUTKIMUS

- 2.1 Juras Oy
- 2.2 Tavoitteet
- 2.3 Viitekehys
- 2.4 Aiheen rajaus ja kohderyhmä
- 2.5 Tutkimuskysymykset
- 2.6 Prosessikaavio
- 2.7 Tutkimusmenetelmät
 - 2.7.1 Dokumenttianalyysi
 - 2.7.2 Benchmarking
 - 2.7.3 Avoimet haastattelut
 - 2.7.4 Focus group -haastattelu
 - 2.7.5 Mindmap
 - 2.7.6 Mood-, visual- ja userboardit

3 TUTKIMUSTULOKSET

- 3.1 Kilpailevat tuotteet
- 3.2 Focus group -haastattelun tulokset
- 3.3 Rakenteelliset seikat
- 3.4 Aurinkoenergiakeräimet
- 3.5 Aurinko

4 KONSEPTOINTI

- 4.1 Suunnittelun lähtökohdat
- 4.2 Ideointi
- 4.3 Materiaalit
- 4.4 Konseptointi
- 4.5 Lopullinen konsepti

5 PÄÄTELMÄT

LÄHTEET

KUVAT

- 5 Kuva 1. Mindmap.
- Kuva 2. Viitekehys.
- 7 Kuva 3. Prosessikaavio.
- Kuva 4. Aurinkokeräinkollaasi 1.
- 7 Kuva 5. Aurinkoenergian siirtyminen nesteessä.
- 8 Kuva 6. Aurinkoenergiakeräinkollaasi 2.
- 9 Kuva 7. Aurinkoenergiakeräimen toimintaperiaate.
- 10 Kuva 8. Tyhjiöputken rakenne.
- 11 Kuva 9. Tyhjiöputken pinnoitteet.
- 12 Kuva 10. Auringon kierto.
- 12 Kuva 11. Moodboard.
- 12 Kuva 12. Monumenttikollaasi.
- 12 Kuva 13. Säätoimikollaasi.
- 13 Kuva 14. Telineen säätoimikollaasi.
- 13 Kuva 15. Nivelmekanismi.
- 13 Kuva 16. Nivelmekanismin toiminta.
- Kuva 17. Putkien kannattimen säädin.
- 15 Kuva 18. Putken kiristin.
- 16 Kuva 19. Putkien asettelu telineessä.
- 17 Kuva 20. Putkiteline.
- 18 Kuva 21. Kuplakollaasi.
- 19 Kuva 22. Solurakenne putkitelineessä.
- 23 Kuva 23. Kiinnitin putkitelineessä.
- Kuva 24. Kumituki putkitelineeseen.
- 26 Kuva 25. Putkien kiinnikkeet.
- 26 Kuva 26. Peilin perusrakenne.
- 27 Kuva 27. Peili ja amorfinen kalvo.
- 39 Kuva 28. Telineratkaisu.
- 40 Kuva 29. Keskusputki ja lämmönjohtimet.
- 41 Kuva 30. Nivelen ja keskusputken liitos.
- Kuva 31. Tuotteen elinkaari.
- 45 Kuva 32. Aurinkoenergiakeräin.
- Kuva 33. Aurinkoenergiakeräin käyttöympäristössään.
- 47

1 JOHDANTO

Opinnäytteeni aiheena on suunnitella itsestään seisova ja maahan asennettava aurinkoenergiakeräin. Aurinkoenergiakeräimellä tarkoitan ulkona sijaitsevaa aurinkoenergiajärjestelmän yksikköä, joka vastaanottaa auringon säteilyn ja hyödyntää sitä eteenpäin tarkoituksenmukaisella tavalla. Tässä tapauksessa keräin kerää sekä lämpö- että sähköenergiaa. Työni tarkoitus on tuoda markkinoille uudenlainen vaihtoehto nykyisille keräimille. Tuotteen visuaalisen ilmeen tulee erota merkittävästi jo olemassa olevista laitteista ja sen käytettävyyden tulee olla hyvä.

Tutkimuksen alussa keskityn keräämään haastatteluilla ja kirjallisella aineistolla perustietoa aurinkoenergiakeräimistä, niiden toimintaperiaatteesta, käytettävyydestä, käyttöolosuhteista ja mahdollisista rajoitteista. Saatuaani riittävästi tietoa laitteen vaatimuksista ympäristönsä suhteen keskityn tutkimaan käytettävyyttä, jotta laitteesta saadaan sekä helppokäyttöinen että turvallinen.

Tutkimukseni tarkoituksena on siis kerätä tietoa mahdollisimman helposti ja turvallisesti käytettävän aurinkoenergiakeräimen suunnitteluun pääasiassa yksityishenkilöiden käyttöön. Haasteena työssä on saada keräin sopimaan mahdollisimman useaan eri käyttöympäristöön. Työn lopputuloksena on aurinkoenergiakeräinkonsepti, jolla haetaan uusia yhteistyökumppaneita, markkinoita ja asiakkaita maailmanlaajuisesti, mutta aluksi vain Suomen markkinoihin keskittyen. Otan siis tutkimustyössäni huomioon pääsääntöisesti vain Suomen olosuhteet ja rajoitteet.

2 TUTKIMUS

2.1 Juras Oy

Työni toimeksiantaja on raisiolainen Juras Oy, jonka päätoimiala on kiinteistöjen isännöinti. Juras Oy:llä on kuitenkin isännöintityön lisäksi aputoiminimi, Juras Kiinteistöt ja Analyysi, jolle teen opinnäytteeni. Sen alla tutkitaan ja kehitetään uusiutuvia energiatekniikan muotoja. Tätä opinnäytettä tehdessä kehityksen kohteina ovat erityisesti kompressoritekniikkaan kytketyt puskurijärjestelmät ja aurinkoenergian hyödyntäminen.

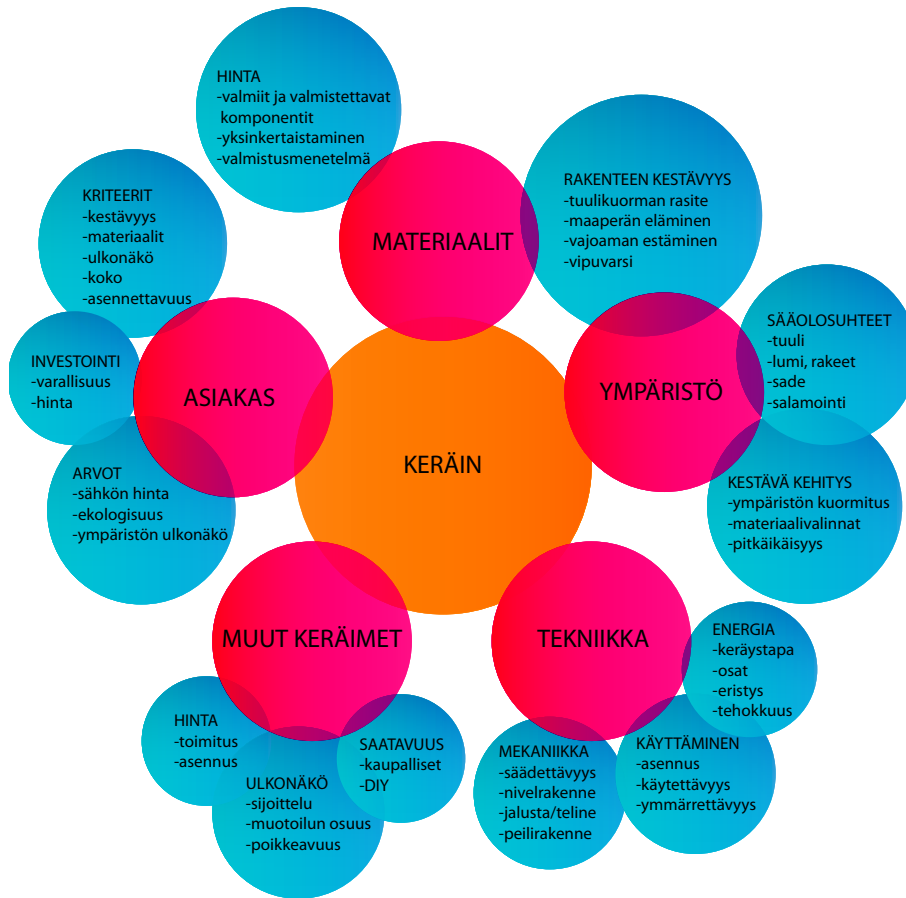
JURAS

2.2 Tavoitteet

Opinnäytteeni käsittelee lämpöenergiaa hyödyntävää aurinkoenergiakeräintä, jonka lisäominaisuutena on sen omaan sähköntarpeeseen riittävä sähköpaneeli. Näin laite ei vaadi ulkopuolisia energianlähteitä toimiakseen optimaalisesti. Ajatus tästä syntyi toimeksiantajallani jo aiemmin, ja kävimme sitä alustavasti läpi jo vuonna 2012 yhdessä toteuttamamme toisen projektin aikoihin. Aurinkoenergiakeräimen tarkempi suunnittelu on odottanut toteutustaan siis jo jonkin aikaa. Näkökulma ja perusidea aiheeseen olivat siis jo valmiina työtä aloittaessani.

Toimeksiantaja antoi alussa melko vapaat kädet laitteen ideointiin. Suuntaviivoiksi asetettiin lähinnä ne perusajatukset, että laitteen tulisi olla jonkinlainen pilarimainen ja maahan asennettava kokonaisuus. Siinä siis olisi teline, ja tämän telineen tulisi olla käyttäjän säädettävissä mahdollisimman hyvän asennuskulman saavuttamiseksi sekä mahdollisia huoltoja varten. Niiden lisäksi laitteessa tulisi olla energian keräämistä optimoiva peilijärjestelmä, joka mahdollisesti ohjautuisi automaattisesti auringon sijainnin mukaan. Hinnan tulisi olla kohtuullinen ja jopa mahdollisesti alittaa kilpailijoiden hintaluokka, mutta siihen ei kohdistettu kovinkaan suurta huomioarvoa vielä tässä kohtaa laitteen kehitysprosessia. Juras Oy:n on tarkoitus pitää itsellään oikeus tuotantoon, mutta saada joku toinen yritys yhteistyökumppaniksi valmistajan rooliin.

Kysyessäni yhtiön yhteyshenkilöltä tarkempaa tavoitetta työlleni sain vastaukseksi: "Lämpöpylonin tutkimuksen ja tuotekehityksen tavoitteena on luoda omavoimainen järjestelmä, joka kykenee toimimaan sekä puskurijärjestelmän osana että itsenäisenä energiantuotantoyksikkönä" (J. Rantala, henkilökohtainen tiedonanto 25.2.2013).

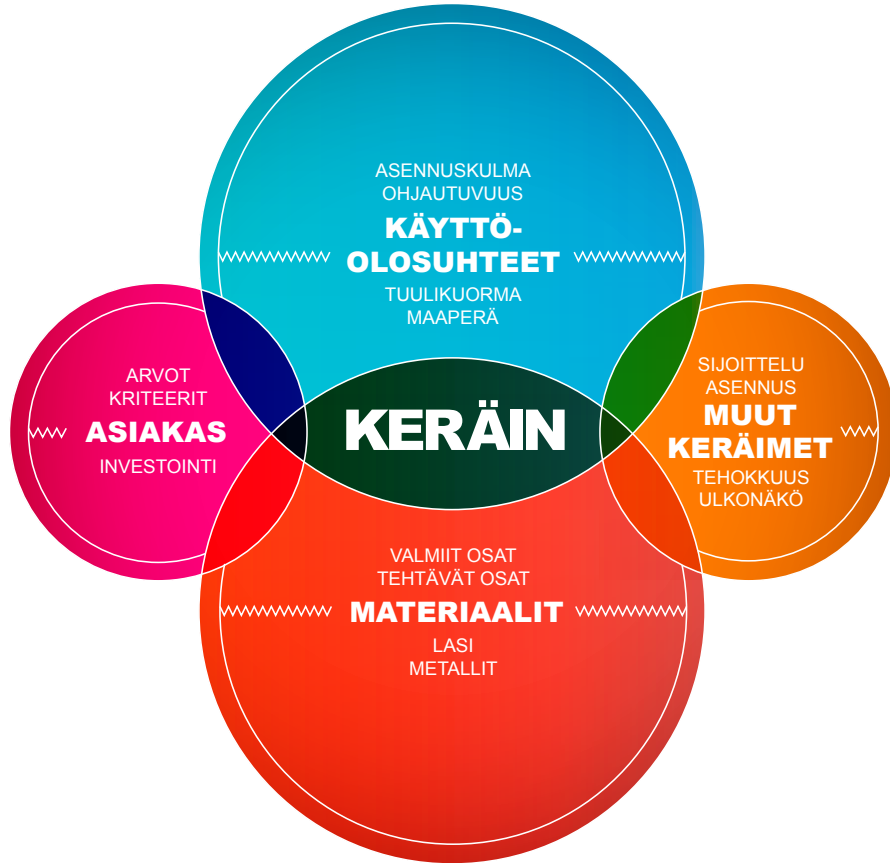


Kuva 1. Mindmap.

Tavoitteiden määrittelyn jälkeen aloitin perusasioiden selvittämisen. Ensimmäiseksi kävin läpi mitä asioita aiheeseen liittyvät kuuluvat, jotta pystyn määrittelemään työn tavoitteet ja tutkimuksellisuuden paremmin. Sitä varten laadin mindmapin työhöni vaikuttavista ja liittyvistä asioista. Mindmapillani sain selvitettyä itselleni aiheen olennaisia seikkoja, ja se puolestaan auttoi viitekehityksen kehittämisessä. Keskeisiksi asioiksi nousivat materiaalit, ympäristö, keräimen tekninen puoli, muut olemassa olevat keräinvaihtoehdot ja asiakkaan näkökulma. Tämän työn tavoitteisiin soveltuu mielestäni parhaiten tutkimus teknisyyden, ympäristön ja materiaalien kautta, joten tarkastelen aihetta tarkemmin lähinnä niiltä näkökulmilta.

2.3 Viitekehys

Viitekehys on eräänlainen jalostuneempi muoto miellekartoista. Se kertoo tiedon siitä, mikä on oleellista työn kannalta. Siihen on siis tiivistetty raja-arvoja työstä, työhön suoraan vaikuttavia asioita, ja samalla se myös ohjaa tutkimuksellisuutta toimimalla suuntaviivana tutkittavalle tiedolle.



Kuva 2. Viitekehys.

Oman viitekehysten keskiössä on aurinkoenergiakeräin. Sen ympärillä on neljä suurempaa asiakokonaisuutta, joista tärkeämmiksi nousivat käyttöolosuhteet ja materiaalit. Käyttöolosuhteilla on suuri merkitys suunnitteluun: laitteen pitää toimia ääriämpötiloissa, sen pitää pystyä liikkumaan halutulla tavalla talvellakin, asennuksen pitää olla sopiva erilaisille maaperille ja sen pitää sietää riittävä määrä tuulikuormaa. Materiaalien vaatimukset tulevat suurelta osin ympäristön kautta, sillä niiden on oltava kestäviä, helposti saatavilla olevia ja edullisia.

2.4 Aiheen rajaus ja kohderyhmä

Aiheen määrittelyn loppuvaiheilla minulle selvisi, että aihetta oli rajattava entistä tarkemmin, sillä olin juuttunut tutkimuksessani hieman paikoilleen. Selvitettävien asioiden listalla oli erityisesti kohderyhmät ja sitä kautta mahdollisesti esille tulevat vaatimukset.

Kävimme toimeksiantajan kanssa läpi mahdollisia asiakkaita heidän näkökulmastaan ja kyselin tietoa toimituksesta, myynnistä ja laitteen asennuksen jälkeisestä siirtelystä. Tuotteen ensisijainen markkina-alue tulisi olemaan Suomi ja mahdollisesti markkinoiden laajentuessa aikaa myöten vastaavanlaisessa ilmastossa sijaitsevat valtiot. Laitteen suunnittelussa otetaan huomioon erityisesti paljon pimeässä sijaitsevan keräimen erikoisvaatimukset auringonvalon keräämisestä tiettyihin vuorokaudenaikoihin, joten se eroaa optiikan näkökulmasta paljonkin useimmista markkinoilla olevista ratkaisuista.

Laitetta tullaan markkinoimaan kahdesta tai kolmesta osasta koostuvana kokonaisuutena: itse keräin, nivelletty jalustarakenne ja mahdollinen yläosan korvake, joka mahdollistaa laitteen helpon ja turvallisen pystyttämisen sopivalla kepillä työntämällä asentaessa. Nämä kaikki kuuluvat samaan pakettiin. Paketista jätetään kuitenkin pois kiinnitystarpeet, joiden hankkiminen jää asiakkaan vastuulle. Mukaan kuitenkin suunnitellaan keräämäni tiedon perusteella ohjeistus asentamisesta. Ohjeistus jää tämän työn ulkopuoliseksi työvaiheeksi, joten en käsittele kyseistä aihetta työssäni tätä mainintaa enempää.

2.5 Tutkimuskysymykset

Asetin työlleni kaksi tutkimuskysymystä. Ensimmäinen niistä käsittelee aiheen teknisempää puolta laitteen rakenteen kannalta ja toinen muotoilijan näkökulmasta käytettävyyttä, ergonomiaa ja muotoa.

- 1. Minkälaisen rakenteen tyhjiöputkista koostuva keräin vaatii?**
- 2. Miten muotoilulla voidaan vaikuttaa keräimen soveltuvuuteen käyttöympäristössään?**

2.6 Prosessikaavio

TYÖN VAIHEET	TYÖN ALOITUS	TAVOITTEIDEN MÄÄRITTELY	TUTKIMUS	IDEOINTI	KONSEPTOINTI	IDEA FREEZE	TYÖN VIIMEISTELY	JURAS OY:N JATKOKEHITYS	VALMIS TUOTE
TAVOITTEET	-Sopimus Juras Oy:n kanssa -Alustavan idean läpikäynti	-Asiakkaan tavoitteiden ja tarpeiden kartoitus -Aiheen rajaaminen -Tiedonhankinnan suuntaaminen	-Aurinkoenergiakeräinten eri tyypit -Eri tyyppisten keräinten toimintaperiaate -Ympäristön vaatimukset -Materiaalit -Kiinnitys maahan -Keräimen lisätoiminnot	-Toimintaperiaatteen suunnittelu -Muodon lähtökohtien sopiminen	-Ideoiden tiivistäminen -Muotokieli -Tarpeiden ja tavoitteiden tarkentaminen	-Lopullisen idean valitseminen -Yksityiskohtien kehittäminen	-Opinnäytteen kokoaminen ja puhtaaksikirjoittaminen	-Tuotteistaminen -Patenttihakemus -Yhteistyökumppanien etsiminen -Valmistuttamisen aloittaminen -Lanseeraus -Markkinointi	
KEINOT	-Palaveri toimeksiantajan kanssa -Brainstorming	-Palaveri toimeksiantajan kanssa	-Dokumenttianalyysi -Benchmarking -Teemahaastattelut -Focus group haastattelu	-Luonnostelu -Nopea visualisointi karkealla 3D-mallilla -Palaveri toimeksiantajan kanssa	-Palaveri toimeksiantajan kanssa -Tarkempi 3D-malli	-Lopullisen 3D-mallin kehittäminen -Lopulliset muutokset ideaan	-Palaveri toimeksiantajan kanssa -Työn lopputuloksen hyväksyttäminen -Kuvamateriaalin viimeistely	-Lopullisen 3D-mallin viimeistely -Mittapiirrokset -Pienoismalli	

Kuva 3. Prosessikaavio.

Prosessikaavio kertoo työn etenemisen vaiheista. Vasemmassa reunassa kolme päällekkäistä kenttää kertovat selitteet aikajanalla oikealle etenevälle työlle. Ylimpänä ovat työn vaiheet, sen alapuolella kyseisen vaiheen tavoitteet ja alimpana keinot tavoitteisiin pääsemiseksi.

2.7 Tutkimusmenetelmät

Valitsin työhöni kuusi tutkimusmenetelmää: dokumenttianalyysin, benchmarkingin, avoimen haastattelun, focus group -haastattelun, mindmapin ja erilaiset boardit. Harjoitin ottavani mukaan enemmän käyttäjälähtöistä tutkimusta esimerkiksi kyselyjen muodossa, mutta luovuin niistä lopulta. Toimeksiantajallani oli jo ennen projektin alkua niin vahva mielikuva ja idea laitteen perusominaisuuksista, ettei työni vaatinut mielestäni hirvittävän laajaa tutkimuspohjaa tässä vaiheessa kokonaisprojektia. Mahdolliset markkinointitutkimukset ynnä muut päätettiin jättää kyseisten alojen ammattilaisille, jotta niistä olisi oikeasti hyötyä ja ne olisivat tarkoituksenmukaisia sekä luotettavia.

2.7.1 Dokumenttianalyysi

Dokumenttianalyysissä käytin lähteinä kirjallisuutta. Etsin sitä kautta perustietoa aurinkoenergiakeräinten toimintaperiaatteesta. Ongelmaksi koitui työni kannalta oleellisen tiedon löytäminen. Suurin osa tutkimastani kirjallisuudesta kertoi aurinkoenergiakeräimistä joko fysiikan näkökulmasta tai käsitteli tyhjiöputkikeräinten sijaan sähköpaneeleita. En siis saanut dokumenttianalyysistä läheskään irti niin paljon, kuin alun perin toivoin.

2.7.2 Benchmarking

Benchmarking on analyysi jo markkinoilla olevista, olleista tai tulevista tuotteista. Sitä voidaan käyttää esimerkiksi muodon arviointiin suhteessa hyvin tai huonosti menestyneisiin tuotteisiin tai oleellisten ominaisuuksien kartoituksessa. Hankittu tieto voi olla niin sanallista kuin kuvallistakin. Omassa tutkimuksessani huomasin vertailun vaikeaksi, sillä en löytänyt lainkaan täysin vastaavia tuotteita ja jouduin sen vuoksi laajentamaan kriteereitani. Etsin ainoastaan kuvallista materiaalia muodon ja ominaisuuksien arviointia varten.

2.7.3 Avoimet haastattelut

Käytin työssäni avuksi myös haastatteluja. Haastattelutapa oli strukturoimatonta, eli avointa haastattelua. Se ei edellyttänyt etukäteen suunniteltua rakennetta ja tarkkaan mietittyjä kysymyksiä, vaan muistuttaa enemmänkin vapaamuotoista keskustelua käsiteltävän aiheen pohjalta. Strukturoimatonta haastattelua ei siis ole kuitenkaan vapaata keskustelua mistä tahansa, vaan siinä käydään esimerkiksi oman opinäytteeni tapauksessa läpi koko aurinkoenergiakeräimen kenttää asentamisen ongelmista mahdollisiin markkinointisuunnitelmiin. Haastattelijan tehtäväksi jää ohjata keskustelua kohti tarpeellista tietoa ja tallentaa tieto sopivaksi katsomallaan välineellä. (Anttila 2005, 196.) Omassa työssäni hyödynsin sanelinta ja purin keskustelut myöhemmin tekstiksi, josta pystyin poimimaan työni kannalta oleelliset tiedot.

2.7.4 Focus group -haastattelu

Focus group on kvalitatiivisen tutkimuksen keino, ryhmähaastattelu, jolla pyritään saamaan laadullista tietoa. Siinä valitulta kohderyhmältä kysytään mielipiteitä, uskomuksia ja ajatuksia käsiteltävästä aiheesta. (Anttila 2005, 198.) Se voidaan järjestää monilla eri tavoin, esimerkiksi keräämällä ihmiset yhteen paikkaan, tai nykyaikana myös internetin välityksellä erilaisissa keskusteluryhmissä tai sopivilla ohjelmilla. Tärkeää on kuitenkin, että focus group -haastattelussa ryhmän jäsenet pääsevät keskustelemaan aiheesta myös toistensa kanssa. Se on siis yksittäisten haastattelujen sijaan ryhmäkeskustelu jotain tiettyä tarkoitusta varten (Maykut ym. 1994, 104.). Ihmisten ryhmädynamiikka vaikuttaa keskustelun etenemiseen. Ryhmän jäsenet voivat sekä oppia että tuoda keskustelun aikana esille uusia näkökulmia, jotka eivät välttämättä olisi tulleet esille tavanomaisessa yksilöhaastattelussa. (Anttila 2005, 198.)

2.7.5 Mindmap

Mindmap on miellekartta, graafinen kuvaus tutkittavaan kohteeseen liittyvien asioiden suhteista. Mindmapissa on jokin keskuskäsite, joka laajenee visuaalisia polkuja pitkin ylä- ja alakäsitteisiin. Samalla niille luodaan jonkinlainen oletettu vaikutusyhteys, joka muodostaa puumaisen rakenteen. Ristiriitoja ja yhtäläisyyksiä voidaan merkitä eri polkujen välille, ne kertovat asioiden vuorovaikutuksesta. (Anttila 2005, 172.) Työskentelytapoja ja käyttötarkoituksia on varmasti yhtä paljon kuin tekijöitäkin, mutta omaan käyttöön se soveltuu hyvin alkuvaiheen työmetodiksi. Sitä voi palata kehittämään vielä myöhemmin tiedon kartuttua, mutta mindmapin työstäminen liian myöhäisessä vaiheessa tutkimusta voi rajata näkökulmaa tarpeettoman paljon. Siksi onkin oleellista listata siihen jo heti alusta asti mieleen tulevia asioita, vaikka ne vaikuttaisivat vähäpätöisiltä.

2.7.6 Mood-, visual- ja userboardit

Boardit ovat muotoilun tutkimustyön perustyövälineitä, joilla pyritään hakemaan käsiteltävästä ja tutkittavasta aiheesta jonkinlaista ymmärrystä. Ne ovat eräänlaisia kollaaseja, jotka koostuvat pääasiallisesti kuvista, mutta voivat sisältää myös sanallista informaatiota. Moodboardeilla pyritään hakemaan tunnetiloja, vaikutelmaa siitä, millaisia ajatuksia tutkimuksen kohde herättää. Se voi siis sisältää vaikka kuvia aamun sarastuksesta. Visualboardilla kasataan ajatuksia siitä, miltä suunniteltava tuote voisi näyttää. Se voi käsitellä väriä, muotoja, yksityiskohtia, massoittelua, materiaaleja ja kaikkea muuta muotoon liittyvää. Userboard puolestaan liittyy oletettuun käyttäjäryhmään. Sillä ilmaistaan käyttäjiä, heidän elintapojaan, asuinympäristöä, harrastuksiaan ja mitä tahansa suunnittelun kannalta olennaista ominaisuutta.

3 TUTKIMUSTULOKSET

3.1 Kilpailevat tuotteet

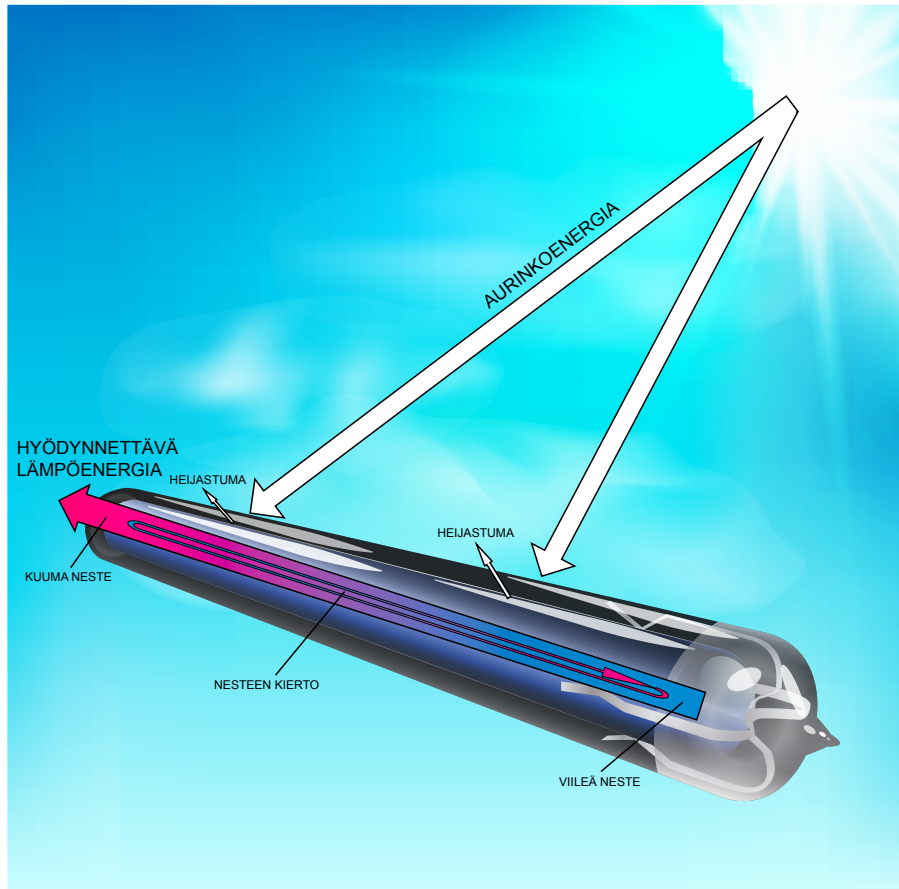
Markkinoiden tarjonta ei ole erityisen vaihtelevaa tai laajaa aurinkoenergiakeräinten suhteen. Raai'alla jaottelulla löysin oikeastaan vain kolme eri laitetyyppiä tyhjiöputkikeräimistä: pystypäin asennettavilla putkilla oleva keräin, sivuttain asennettavilla putkilla oleva keräin ja keräin, joka on yhdistetty suoraan ulkona sijaitsevaan lämminvesivaraajaan. Näistä viimeksi mainitut ovat näkemistäni harvinaisimpia, ja olen törmännyt niihin lähinnä Keski-Euroopassa opinnäytteeseen liittymättömillä matkoilla.

Aurinkoenergiakeräinten kohdalla huomattavan moni toteuttaa jonkinlaisen keräimen itse, koska tarvikkeet ovat helposti saatavilla olevia ja kohtuullisen edullisia. Suunnitteluprosessi katolla sijaitsevan keräyslaitteen tekniseltä kannalta on suhteellisen helppo ja siihen löytyy ohjekirjojakin. Talon harjakatolle asentaminen on suosittua sen vuoksi, että sillä saadaan useimmiten kohtuullisen hyvä suuntaus auringon kannalta. Muita syitä ovat laitteen saaminen pois pihalta ja toisaalta laitteelle ei tarvitse rakentaa kovinkaan monimutkaista telinettä. Putket voidaan asentaa avoimesta päästä jonkinlaiseen kiskoon ja tukea toisesta päästä, jonka lisäksi laite vain nostetaan irti katosta lämmön johtumisen estämiseksi. Suurin yksittäinen syy itse rakennettuihin ratkaisuihin on luultavimmin laitteiden hinnoittelu. Omavalmisteisen aurinkoenergiakeräimen saa edullisimmillaan suunta-antavien, Erkkilän (2003) kirjoittamaan kirjaan perustuvien, laskelmieni perusteella noin 1 500 euron hinnalla, kun taas kaupalliset ratkaisut voivat olla useita tuhansia euroja kalliimpia.



Kuva 4. Aurinkokeräinkollaasi 1.

Ensimmäisessä benchmarkingin kautta syntyneessä keräinkollaasissa näkyy kahta erilaista asetelutyyppiä putkille: pystyyn ja poikittain. Pystyyn asennettujen putkien järjestelmä vaikutti olevan ehdottomasti yleisempi näistä vaihtoehtoista. Muita vaihtoehtoja oli jopa vaikea löytää, joka sinänsä on ihan ymmärrettävää erään ilmenneen rakenteellisen puutteen vuoksi, josta kerron seuraavassa luvussa tarkemmin. Suurin osa yksityistalouksien keräimistä on asennettu talojen katoille. Itse seisovia telineellisiä ratkaisuja löytyi vain hyvin vähän ja ne olivat poikkeuksetta erittäin suuri kokoisia.



Kuva 5. Aurinkoenergian siirtyminen nesteessä.

Benchmarkingin kautta tutkimuksessa selvisi, että putket asennetaan useimmiten ylösalaisin, eli päinvastoin aiemmin kuvittelemani verrattuna. Tähän löytyy yksinkertainen selitys tyhjiöputken toimintaperiaatteesta keräimessä: auringon lämmittäessä tyhjiöputkea kuuma neste höyrystyy heat pipessa ja nousee lämmittyään ylöspäin. Lämmönsiirrin täytyy siis olla ylhäällä parasta hyötysuhdetta varten. Heat pipen yläosassa kuuma höyry jäähtyy sen verran, että se palaa nestemäisessä muodossa takaisin pohjalle ja kiertäminen jatkuu. Putken avoin pää siis osoittaa ylöspäin ja suljettu pää alaspäin. Esimerkkejä löytyy kuvasta 4, jossa on myös kaksi sivuttain asennettua järjestelmää. Ne eivät kuitenkaan ole lämmönsiirtokyvyltään yhtä hyviä aiemmin mainitsemini seikkojen vuoksi, joten työssäni käytän pystyasentoa. Kerron putkien rakenteesta ja toiminnasta tarkemmin työni sivulla 27.

Kuvassa 5 puolestaan näkyy nesteen kierto ja lämmön siirtyminen tyhjiöputkessa. Kuvan oikeanpuoleisessa reunassa näkyy putken umpinainen pää, joka tulee kohti maata. Kuvan vasemmassa reunassa on puolestaan avoin pää, jonka kautta putken sisään sijoitettava kuparinen heat pipe johtaa lämpöä eteenpäin. Aurinko säteilee lämpöään putkeen, josta pieni osa heijastuu pois ja loput otetaan hyötykäyttöön lämmitystä varten. Aurinko lämmittää tietenkin koko putkea jotakuinkin tasaisesti, joten kuvan esimerkki on hieman kärjistetty lämpötilan suhteen. Lämpöjohteet virtaavat kylmästä kuumempaan päin, joten niiden sisällä virtaava neste jäähtyy höyrystyneen lämmönsiirtonesteen. Putken ollessa pystyasennossa lämmönsiirtoneste virtaa jäähtyään nopeasti alas heat pipessa, ja siten lämpötila on matalin putken alapäässä.



Kuva 6. Aurinkoenergiakeräinkollaasi 2.

Suurin osa aurinkoenergiakeskustelusta keskittyy syystä tai toisesta sähköenergian tuottamiseen. Usein ihmiset eivät kysyessäni ole välttämättä tienneet, että aurinkoenergiakeräin ei tarkoita pelkästään sähköä tuottamiseen tarkoitettua aurinkopaneelia. Tyhjiöputkikeräimet ovatkin tutkimukseni perusteella ainakin Turun seudulla Suomessa vähemmän tunnettuja ja harvinaisempia kuin sähköenergiaa tuottavat paneelit. Kuvassa 6 on mukana joitakin esimerkkejä sähköpaneeleista. Ne poikkeavat ulkonäöltään huomattavan paljon lämpöenergiakeräimistä. Samasta kollaasista löytyy myös kaksi esimerkkikuvaa peileillä tehostetuista tyhjiöputkikeräimistä, jonka kaltaista laitetta tässäkin työssä käsitellään.

3.2 Focus group -haastattelun tulokset

Tein internetissä pienimuotoisen focus group haastattelun. Sillä pyrittiin saamaan täysin omista näkökulmistani poikkeavia ajatuksia keräimen telineen kiinnittämiseksi maahan. Pyrin ohjaamaan keskustelua mahdollisimman vähän, antaen kuitenkin mielestäni riittävät pohjatiedot aiheen ymmärtämiseksi. Pohjatietoja kertoessa minun piti olla loukkaamatta suunnittelun aikaista salassapitosopimusta.

Haastattelussa nousi esille Ortkivi Oy:n ruuviperustus, joka osoittautui yhdeksi potentiaalisimmista vaihtoehdoista ja jonka kaltaista ratkaisua päädyimmekin pitämään erittäin todennäköisenä Juras Oy:n kanssa. Samaten ilmi tuli myös se, että maaperä vaikuttaa asennukseen paljon. Maaperästä riippuen se pitäisi mahdollisesti eristää, eli kaivaa asennuskohta auki ja täyttää se soralla. Mahdollisesti maaperää pitäisi myös tiivistää, jos lopputuote olisi erityisen painava. Se ei kuitenkaan ole kynnyksikysymys tällä keräimellä, koska se tulee olemaan kohtuullisen kevytrakenteinen laite. Muita rakenteeseen esitettyjä ajatuksia oli massiivinen kiinnityslaatta, teräspaalukiinnitys ja keveämpi harusvaijereilla kiinnitettävä teline. Keskustelussa kävi myös ilmi ajatukset siitä, miten laitetta jaellaan, kelle sitä myydään, kuka sitä myy, siirrelläänkö sitä elinkaarensa aikana ja kuinka paljon mahdollinen jalustalaatan valu maksaa suhteessa laitteeseen. (Muusikoiden.net 2013)

Haastatteluni epäonnistui ehkä hieman liian vähäisen keskustelun ohjaamisen vuoksi. Huomasin jälkepäin, että keskustelua ei syntynyt tarpeeksi, ellen antanut itse aina uudella viestillä virikettä keskustella aiheesta syvemmin. Toinen vaikuttanut asia oli luultavasti käytetty keskustelufoorumi. Harkitsin monia eri vaihtoehtoja, mutta päädyin työn aiheen kannalta erikoiseen ratkaisuun, muusikoiden.net -keskustelupalstan musiikkiin liittymättömien aiheiden keskusteluosioon. Valintaani vaikutti eniten se, että tunnen hyvin jo kolmentoista vuoden ajalta kyseisen palvelun ilmapiiirin ja olen tavannut henkilökohtaisesti yli sata aktiivikirjoit-

tajaa palstalta. Tiesin siis suurin piirtein, miten kysymykseeni suhtauduttaisiin ja tiesin etukäteen myös samalla saavani haluamani kaltaista palautetta. Suuri ongelma internetissä keskustellessa on se, että usein monet henkilöt yrittävät tarkoituksellisesti pilata keskustelua. Väiltyin kuitenkin siltä täysin tällä kertaa, uskoakseni pitkään mukana olleen, kohtuullisen tunnetun ja vakavasti otettavan aktiivikäyttäjän statukseni vuoksi. Haastattelusta oli kuitenkin paljon hyötyä jatkokeskusteluissa Juras Oy:n kanssa, sillä sain sieltä asiantuntijoilta apua uusien rakennetekniikoiden selvittämiseen, joista en ennen keskustelua ollut lainkaan tietoinen. Toimeksiantajani olikin ajatellut hieman samankaltaisia ratkaisuja, joita osasin focus group -haastattelun jälkeen hänelle ehdottaa, ja siten niistä oli helppoa päästä yhteisymmärrykseen. Näiden seikkojen vuoksi en pidä erikoisen palstavalintani ratkaisua vääränä, vaikken hyötynytäkään haastattelusta niin paljon kuin kenties olisi parhaassa tapauksessa mahdollista.

3.3 Rakenteelliset seikat

Haastattelin myös rakennusinsinööriä aiheen asennus- ja rakenneteknisiin asioihin paneutuakseni. Hänen kanssaan selvitimme perusasioita maahan asentamisesta, maaperän vaikutuksesta, tuulikuorman vaikutuksesta keräimeen ja materiaalivalinnasta.

Tärkeimmäksi yksittäiseksi seikaksi nousi tuulikuorman laskeminen. Se on erityisen merkityksellinen tieto sen vuoksi, että keräin on kohtuullisen raskas ja suuri esine. Sen lisäksi se asennetaan auringon kannalta optimaaliseen kulmaan, mikä tarkoittaa suurta vipuvartta säätömekanismiin ja jalustaratkaisuun. Tämän lisäksi siinä on myös peiliratkaisu, joka toimii pahimmillaan purjeen tavoin tuulta vasten ollessaan. Ensin suunniteltavalle laitteelle määriteltiin suurpiirteinen pinta-ala, johon tuuli kohdistuu. Laitteen summittaisella mitoittamisella päädyimme noin neliömetrin pinta-alaan, josta on helppo soveltaa kuormaa molempiin suuntiin tarpeen mukaan. Laakson (J. Laakso, henkilökohtainen tiedonanto

16.1.2013) esittämässä laskelmassa tuulikuormaa tulisi yhtä neliömetrin pinta-alaa kohden noin 20 kg vastaava vääntömäärä:

*"Tuulikuorma : Stabiilisuus
Kokonaistuulikuorma
EU-koodien mukaan:
 $F_w = C_s C_d * C_f * q_p(h) * A_{ref}$
 $C_s C_d = 1$
 $C_f =$ taulukko arvo 0,58
 $q_p(h) =$ taulukko arvo 0,35
 $A_{ref} = 1 m^2$*

$$F_w = 1 * 0,58 * 0,35 * 1 = 0,203$$

Tuulikuorma n. 0,2kN/ m2 vastaa siis 20kg."

Laakso suositteli myös tähän sopivia materiaalivaihtoehtoja, joiden myötä esimerkiksi aiemmin harkittu merialumiini jätettiin keveydestään huolimatta pois vaihtoehtoista. Päädyimme toimeksiantajan kanssa palaverissa teräkseen, jota puolsi Laakson suositus S355-teräksestä. Sen myötöraja on 355 N/mm², joka on noin kolminkertainen alumiiniin verrattuna (J. Laakso, henkilökohtainen tiedonanto 5.1.2013). Tutkin maahan kiinnittämisen eri vaihtoehtoja, ja yksi ilmeisimpiä oli riittävän kokoisen betonilaatan valaminen maahan, johon laitteen jonkinlainen teline kiinnitettäisiin. Sen mahdollinen ongelma saattaa kuitenkin olla maaperän vesi, jos ympärystä ei salaojiteta (J. Laakso, henkilökohtainen tiedonanto 5.1.2013). Salaojituksen merkitystä voidaan kuitenkin vähentää muuttamalla betonilaatan koostumusta huokoisemmaksi, mikä auttaa kosteuden kestävyyyteen (rakennusalan ammattilainen, henkilökohtainen tiedonanto 4.3.2013). Muita vaihtoehtoja ovat maaperästä riippuen esimerkiksi kallioon kiinnittäminen, porapaalutus, ruuviperustus, OSD-paalut, koheesiopaalut ja kitkapaalut. Ongelmallisimpia maaperiä Suomen näkökulmasta asennukselle ovat savimaa, joka painautuu, hienorakeinen siltti ja erityisen hiekkaiset maaperät. (J. Laakso, henkilökohtainen tiedonanto 5.1.2013) Kovin hienorakeisella sekä kevyellä

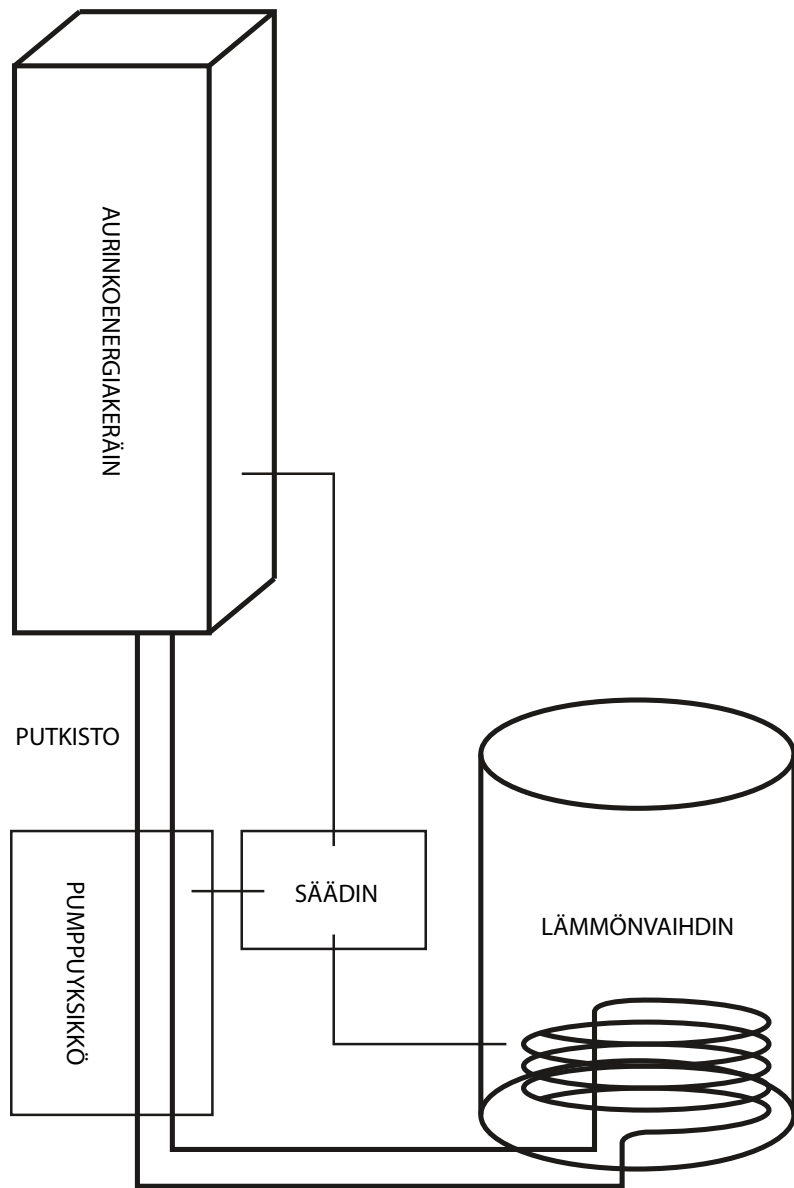
maaperällä keräin vaatii suuren vipuvarren ja tuulikuorman vuoksi syvemmälle ulottuvan perustuksen, jotteivät perustukset rupea murtamaan maata ympäriltään.

Keskustelimme toimeksiantajan kanssa näistä vaihtoehtoista ja päädyimme lopulta käsiasennettaviin ruuvipaaluihin. Ne ovat riittävän tukevia ratkaisuja tämän kaltaisiin asennuksiin, ehkä jopa yksikin saattaisi riittää (J. Rantala, henkilökohtainen tiedonanto 16.1.2013). Siitä huolimatta pidimme perusajatuksena neljän ruuvipaalun käyttämistä, joiden päälle valetaan noin neliömetrin betonilaatta vakauttamaan koko rakenne. Näin kiinnitykseen saadaan lisää massaa, ja samalla myös suurehko betonilaatta estää porapaalujen heilumisen tuulen aiheuttaman väännön vuoksi. Samalla keräimelle saadaan myös mahdollisuus helpolle ja kestäväälle kiinnitykselle: useimpien ruuvipaalujen yläpäässä on paalun läpi kulkeva reikä. Siihen voidaan kiinnittää esimerkiksi sopivaksi taivuteltu harjateräs, joka kiinnittyy paikalleen betonilaattaa valaessa. Betonivalun mahdollisesta käyttämisestä huolimatta emme katsoneet salaojitusta tarpeelliseksi toimeksiantajan kanssa, sillä veden siirtymiseen voidaan vaikuttaa myös maa-aineen valinnalla. Ongelmatapauksissa maaperää joudutaan asennuskohdalla muokkaamaan joka tapauksessa, joten samalla se voidaan vaihtaa myös paikallisesti tarkoituksenmukaisemmaksi. Päätökseen vaikutti lisäksi se, että laitteen oletettu elinikä ei kuitenkaan ole niin pitkä, että betonivalun mahdollinen hajoaminen ehtisi vaikuttaa merkittävästi laitteen asennukseen.

3.4 Aurinkoenergiakeräimet

Aurinkoenergiakeräimiä on kahta eri tyyppiä: lämpösäteilyä keräiviä ja sähköenergiaa tuottavia malleja. Niiden tarkoitus on hyvin erilainen, mutta tekniikat eivät sulje pois toistensa käyttömahdollisuutta samassa kohteessa. Keräimistä puhuttaessa on kuitenkin tärkeää erotella nämä kaksi eri laitetyyppiä toisistaan, koska niiden toimintaperiaatteet ovat täysin toisistaan poikkeavat.

Aurinkoenergiakeräimiä käytetään usein lisäenergianlähteenä kotitalouksissa ja vapaa-ajan asunnoissa. Varsinaiseksi pääenergianlähteeksi yksittäisen keräimen tuotanto ei riitä. Esimerkiksi lämpökeräimet tuottavat vuodessa pientaloissa tavallisesti noin 250–400 kWh yhden neliömetrin keräinpinta-alaa kohden (Erkkilä 2003, 15.). Aurinkoenergia on kuitenkin laitteiden valmistusta lukuun ottamatta säästävän energianmuoto ja kohtuullisen alhaisen hintansa vuoksi erittäin hyvä ratkaisu jatkuvasti kasvavaa energiapulaa ajatellen. Itse toteutetun ja asennetun järjestelmän hinnat alkavat jopa vähän reilusta 1 600 eurosta keräinpinta-alasta riippuen (Erkkilä 2003, 17.). Joissain tapauksissa jopa valtiot ovat säädöksillään pyrkineet lisäämään aurinkoenergian hyödyntämistä. Esimerkiksi Kalifornia visioi toteuttavansa miljoonan kattokeräimen projektin yksityistalouksiin Arnold Schwarzeneggerin kuvernöörikaudella 2000-luvun alkupuolella (Schwarzenegger ym. 2012, 551.). Aihe on siis erittäin ajankohtainen ja globaalisti kiinnostava.



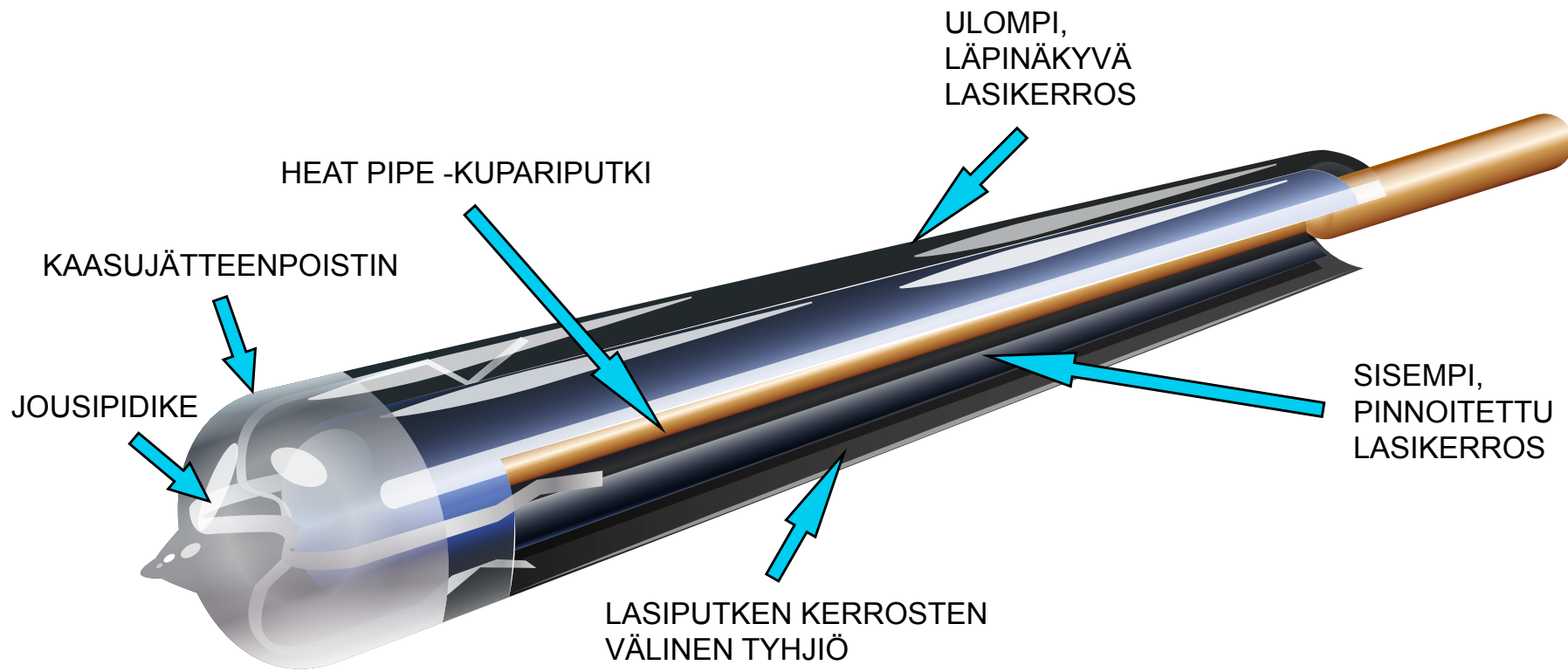
Kuva 7. Aurinkoenergiakeräimen toimintaperiaate.

Lämpöenergiaa keräävä järjestelmä vaatii pelkän keräimen lisäksi tietenkin myös muita osia kokonaiseen toimivaan järjestelmään. Kuvassa 7 on esitetty yksinkertaistettu malli toimivasta järjestelmästä. Auringon lämpösäteily kerätään ulkona sijaitsevalla keräinyksiköllä. Keräinyksikkö puolestaan luovuttaa lämpöenergian eteenpäin lämmönjohtimia pitkin eristettyyn putkistoon. Putkissa virtaa ominaisuuksiltaan energian siirtoon sopivaa nestettä, yleensä glykolia. Putkistosta lämpö siirtyy esimerkiksi lämminvesivaraajassa sijaitsevaan lämmönvaihtimeen, joka luovuttaa lämpöenergian asunnon käyttövedeen. Lämmönvaihtimesta jäähtynyt siirtoneste kulkeutuu putkistoa pitkin takaisin pumppuyksikön läpi aurinkoenergiakeräimelle. Pumppuyksikkö sijaitsee järjestelmän paluupuolella sen vuoksi, että se on mahdollista toteuttaa huomattavasti halvemmin, kun osien ei tarvitse kestää korkeita lämpötiloja. Tyypillinen pumppuyksikön virtausnopeus on melko hidas, ja se ei saisi milloinkaan olla yli 1,5 m/s, koska suuri virtausnopeus kuluttaisi kuparista valmistettua putkistoa. Virtauksen täytyy kuitenkin olla putken halkaisijaan verrattuna riittävän nopeaa, jotta se säilyy pyörteisenä tehokkaan lämmönsiirtymisen aikaansaamiseksi. (Erkkilä 2003, 40.)

Aurinkoenergiakeräintä voi hyödyntää lämminvesivaraajan lisäksi myös muihinkin lämpöenergiaa vaativiin asioihin, mutta esimerkiksi talon lämmitykseen se ei oikein sovellu vuorokauden- ja vuodenaikojen mukaan vaihtelevan tuotantonsa vuoksi. Lämminvesivaraajat kuitenkin kykenevät säilyttämään lämpöenergiaa riittävästi pimeänäkin vuorokauden aikana, jotta aurinkoenergian käyttäminen käyttöveden lämmittämiseen on ylipäätään hyödyllistä. Useimmissa tapauksissa suurin lämpimän käyttöveden tarve ei edes ole keskellä yötä. Siksi siis valitsin työni esimerkiksi kotitalouksien lämminvesivaraajat.

TUTKIMUSTULOKSET

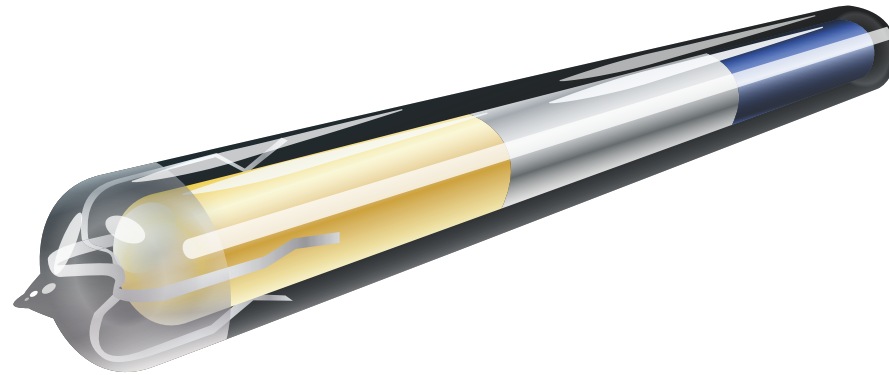
Varsinainen aurinkoenergiakeräin koostuu yksinkertaistetussa muodossaan vain muutamista erillisistä komponenteista. Niistä näkyvin osa on jonkinlainen teline ja siinä olevat tyhjiöputket. Nämä tyhjiöputket vastaanottavat auringon lämpösäteilyn. Putkien sisällä sijaitsee kuparinen heat pipe. Se on suljettu putki, jonka sisällä on lämmönsiirtonestettä. Heat pipe kiinnittyy puolestaan virtauskanaviin, eli lämminvesivaraajalle kulkevaan kupariputkistoon. Se siis vastaa lämmön siirtymisestä tyhjiöputkelta eteenpäin.



Kuva 8. Tyhjiöputken rakenne.

Tyhjiöputki on lasista valmistettu monikerroksinen putki, joita saa erimittaisina. Työssäni käytän suunnittelua varten 1 800 mm pitkää tyhjiöputkea laitteeseen sopivana maksimimitana.

Kuva 8 kertoo tyhjiöputken rakenteesta osa osalta, ja siihen on havainnollisuuden vuoksi myös tehty leikkaus kylkeen, jotta katselija ymmärtää sisällä olevien komponenttien sijoittelun. Päälimmäisenä on kirkas lasikerros, joka luo sisälleen tyhjiön. Lasikerroksen sisäpuolella, aivan putken kärjessä, on kaasujätteenpoistin. Se vastaa ajan myötä tyhjiön sisälle muodostuvien kaasujen neutraloimisesta. Tämä kaasujätteenpoistin on valmistettu sopivasta metallista ja saattaa lasin pinnoitteen lisäksi olla myös aivan erillinen osa jousipidikkeen yhteydessä. Jousipidike puolestaan on nimensä mukaisesti metallista valmistettu pidike sisempää lasiputken kerrosta varten. Pitkä jänneväli ilman lisätukea heikentäisi merkittävästi tyhjiöputken rakennetta, ja se olisi erittäin herkkä kaikelle juuressa tapahtuvalle värähtelylle sekä tärähdyksille. Lasiputken sisemmän kerroksen pinnalle on ruiskutettu sopiva tumma pinnoite, jotta putken keräysteho olisi optimaalinen. Yleisellä tasolla tätä voisi verrata vaikka siihen, kuinka kesäisin tulee helposti todella kuuma mustissa vaatteissa verrattuna vaaleampiin. Tummallalla pinnoitteella siis tavoitellaan maksimaalista energian keräämistä, josta mahdollisimman suuri osa pyritään ohjaamaan haluttuun suuntaan. Pinnoite on laitettu tyhjiöputken sisälle sen vuoksi, jotta ulkolämpötilan vaihtelu, tuuli ja sade vaikuttaisivat putken toimintakykyyn mahdollisimman vähän. Tyhjiöllä ei siis ole muuta merkitystä kuin toimia auringon säteilyä läpäisevänä eristeenä. Sen merkitys on kuitenkin todella suuri järjestelmän toimivuuden kannalta, sillä ilman sitä esimerkiksi talvisin Suomessa koko keräinjärjestelmä toimisi käänteisesti ja syöttäisi lämpöä ulospäin. Tyhjiön avulla järjestelmä kuitenkin tuottaa lämpöä kylmälläkin säällä.



Kuva 9. Tyhjiöputken pinnoitteet.

Putkelle on tärkeää, että sen sisäpintoite on mahdollisimman tehokas lämmönjohde. Muuten lämpö ei siirry tehokkaasti eteenpäin. Absorbaattorina, eli lämpöä keräävänä pintana, voidaan käyttää useita eri materiaaleja. Pinnoite voi olla esimerkiksi mustaksi maalattu pinta, alumiinia, kuparia tai vaikka titaania, kuten kuvassa 9 näkyy. Käytettävän pinnan tulisi kerätä mahdollisimman tehokkaasti auringon lyhytaaltoista säteilyä ja vastaavasti säteillä mahdollisimman huonosti lämpösäteilyä takaisinpäin. Siksi niin sanottu selektiivinen pinnoite on parempi kuin musta maali. (Erkkilä 2003, 34.) Työssäni käytetään titaanioksidilla pinnoitettuja tyhjiöputkia. Se on yleisesti käytetty pinnoitemateriaali erilaisissa aurinkoenergiakeräimissä, laajalti saatavissa oleva ja ominaisuuksiltaan sopiva. Väriltään titaanioksidi on erittäin tumman sininen ja tuttu monille ihmisille sähköä tuottavista aurinkopaneeleista.

Tyhjiöputkia käytetään lähes aina monien kappaleiden ryhmissä, joten ne ovat väistämättä jonkinlaisessa vuorovaikutuksessa keskenään samassa lämmitysjärjestelmässä. Käytännössä kytkentätapoja on kaksi erilaista: sarja- ja rinnakkaisytkentä. Näistä käytetään myös nimitystä serpentiini- ja jakotukkikytkentä. Molemmilla päästään hyvään lopputulokseen suunnittelemalla huolellisesti lämmönsiirto- tehokkuutta ja kokonaisjärjestelmää. (Erkkilä 2003, 40.)

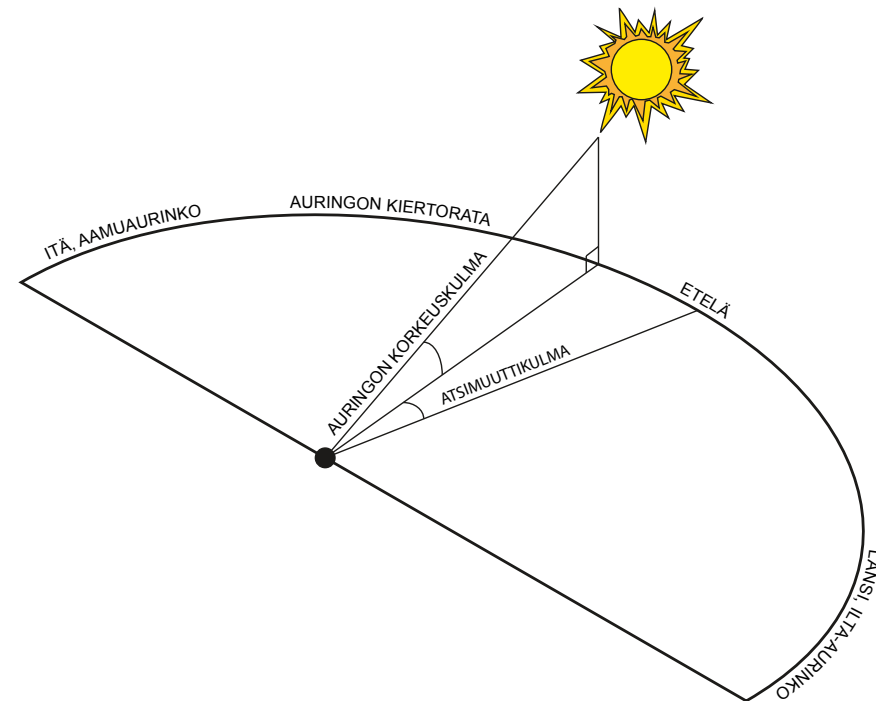
Päädymme kuitenkin yhteisymmärryksessä toimeksiantajan kanssa käyttämään lähtökohtaisesti sarjaan kytkettyä järjestelmää suunnittelun lähtökohtana. Sen etuna on korkeampi lämpötila vähäisemmällä auringon säteilyn määrällä, koska lämmitettävä neste kiertää kaikki putket järjestyksessä läpi ja jokainen lisää oman lämpönsä jo valmiiksi jonkinasteiseksi lämmitettyyn nesteeseen.

Lämmöntuotollakin on kuitenkin rajoitteensa, ja rajoitteena toimivat tietenkin järjestelmässä käytetyt materiaalit: tyhjiöputken pitää pystyä keräämään ja välittämään lämpöä, eristeiden pitää paitsi kestää riittävästi kuumuutta mutta myös eristää maan sisällä kulkevat lämpöjohteet kylmän maaperän vaikutuksilta ja lämpöä välittävän nesteen pitää pysyä nestemäisessä muodossaan riittävän kuumana sekä toisaalta olla jäätymättä talvella. On siis selvää, että vesi ei ainakaan käy pakkasille altistuvan järjestelmän nesteeksi. Jos järjestelmä kuitenkin on tyhjennettävissä ennen pakkasia, on veden erinomainen lämmönsiirtokyky ja helppo pumpattavuus niin suuri etu, että sitä kannattaa ainakin harkita lämmönsiirtonesteeksi. Aurinkoenergiajärjestelmissä käytetään yleisimmin kuitenkin myrkytöntä propyleeniglykolia, mutta muita sopivia nesteitä ovat esimerkiksi etanoli ja autojen jäähdytysjärjestelmissä käytettävä myrkyllinen etyleeniglykoli. (Erkkilä 2003, 54.)

Keräimeen luonnollisesti kohdistuvaa suurinta mahdollista lämpötilaa kutsutaan stagnaatiotilaksi ja se voi olla erittäin korkea, jopa 200 °C. Se muodostuu silloin, kun auringon säteily on maksimissaan ja järjestelmästä ei johdeta lämpöä lainkaan ulospäin. (Erkkilä 2003, 32.) Kaikki käytettävät materiaalit tulee siksi mitoittaa tämän mukaan, jotta ne kestävät mahdolliset vikatilanteet. Esimerkiksi styrox ja solumuovit eivät käy aurinkolämpöenergiajärjestelmän eristeiksi, koska ne sulaisivat jo kauan ennen stagnaatiotilan lämpötiloja. Niiden tilalla voidaan käyttää villaa. Tämä ei kuitenkaan ole työssäni rajoittava tekijä, sillä eristeitä tarvitaan tässä mallissa ainoastaan lämmönjohdeputkistojen ympärillä ja ne eivät ole suunnittelun kohteena.

3.5 Aurinko

Aurinkoenergiakeräintä asennettaessa tärkein yksittäinen asia on keräimen sijainti ja asemointi suhteessa aurinkoon. Vääränlaisella sijoittelulla keräin ei saa kuin murto-osan auringon säteilystä. Omassa työssäni on haasteena saada optimoituja tilanne niihin hetkiin, kun auringon säteilyn määrä on vähimmillään: aamuisin ja iltaisin.



Kuva 10. Auringon kierto.

Auringon mukaiseen sijoitteluun vaikuttaa muutama yksinkertainen asia, jotka ovat helppoja ymmärtää kuvan 10 avulla: säteilyn esteetön välittyminen suoraan keräimelle, auringon korkeuskulma ja atsimuuttikulma. Korkeuskulmalla tarkoitetaan sitä, missä aurinko sijaitsee suhteessa horisontista suoraan keräimen yläpuolella olevaan. Atsimuuttikulma puolestaan merkitsee auringon kääntymistä vuorokaudenajan mukaan idästä länteen. (Erkkilä 2003, 23.)

Atsimuuttikulman miettiminen on tärkeä osa järjestelmän toimintaa, koska sillä pystytään tehostamaan haluttuja asioita. Koska aurinko kiertää idästä länteen etelän kautta, kannattaa keräin yleensä kohdistaa kohti etelää. Näin säteilyä pystytään hyödyntämään mahdollisimman pitkällä aikavälillä yhden vuorokauden aikana. Maksimaalinen energiantuotanto keskittyy noin keskipäivän kohdille Suomessa, koska silloin aurinko on lähes suoraan etelässä. Harkitulla sijoittelulla voidaan ohjata energiantuotannon määrää eri vuorokaudenaikoina käyttötarpeen mukaan. Jos energiantarve on suurimmillaan esimerkiksi iltapäivästä iltaan, kannattaa harkita suuntaavansa keräintä enemmän lounasta kohti.

Korkeuskulma puolestaan vaikuttaa enemmänkin kokonaistuottoon ja määräytyy maantieteellisen sijainnin perusteella. Yleensä Suomessa olisi suotavaa käyttää noin 30–60 asteen kallistuskulmaa. Nyrkkisääntönä pidetään 45 asteen kallistusta, joka antaa suurimman vuotuisen energiantuoton, vaikka joinakin kuukausina saatetaan jäädä jälkeen maksimituotosta. (Erkkilä 2003, 24.)

Mielenkiintoinen yksityiskohta aurinkoenergian määrässä on sen intensiteetin määrä eri puolilla maapalloa. Aurinkovakio on $1\,353\text{ W/m}^2$ maan ilmakehän ulkopuolella, mutta ilmakehän sisäpuolella siihen vaikuttavat maan kiertoliike auringon ja oman akselinsa ympäri, maan kallistuma kiertorataa nähden, pilvet, pöly, sumu ja ilmansaasteet. Säteilyn intensiteetti riippuu olennaisesti valon kulkemasta matkasta ilmakehässä. Kirkkaallakin säällä ilmakehä sirottaa ja imee säteilyä. Keräimeen ei siis pääse kuin osa säteilystä. Erkkilän mukaan suurin maan pinnalla mitattavissa oleva säteily on noin $1\,000\text{ W/m}^2$, joka saavutetaan sekä Suomessa ja yhtäläillä esimerkiksi Saharassa. Keräimen tuottama teho ei siis vaihtele kovinkaan paljon maantieteellisen sijaintinsa perusteella. (Erkkilä 2003, 20–21.)

4 KONSEPTOINTI

4.1 Suunnittelun lähtökohdat

Suunnittelun lähtökohtia miettiessä mietin joitain teemoja, joita voisin hyödyntää suunnitteluprosessissani. En kuitenkaan ollut aivan varma siitä, mitä Juras Oy toivoi, joten kävimme vaihtoehtoja läpi yhdessä toimeksiantajani kanssa. Keskustelumme pohjalta päädyimme siihen, että haemme selkeää ja yksinkertaista ratkaisua. Muotojen tulisi siis olla virtaviivaisia ja pelkistettyjä. Inspiraation lähteeksi keksin menneiden vuosikymmenten sci-fin tuomisen nykypäivään. Laitteissa tulisi siis olla jotain hieman erikoisiakin yksityiskohtia, joilla kuitenkin on selkeä funktio.



Kuva 11. Moodboard.

Omalla moodboardillani lähdin hahmottelemaan niitä teemoja ja ajatuksia, joita sekä minulla itselläni että toimeksiantajallani oli. Aurinkoenergiakeräin tulee sijaitsemaan väistämättä melko näkyvällä paikalla, joten sen piilotusyritykset ovat turhia. Toimeksiantaja antoikin toiveen, jotta se olisi perusmuodoltaan enemmän monumentaalisen pilari-mainen ja jyhkeä, kuin äärimmäisen kutistettu. Siksi moodboardissani näkyikin viitteitä sci-fiin, futuristisiin rakennuksiin, erittäin suuriin monumentteihin ja työn luonteen vuoksi tietenkin myös puhtaaseen luontoon.



Kuva 12. Monumenttikollaasi.

Tein myös monumenteista visualboardin. Valitsin kohteeksi entisen Jugoslavian lähes unohdetut maamerkit. Ne kiehtovat minua muotoilullisesti siksi, että ne ovat erittäin suuria ja voimakkaan näköisiä. En henkilökohtaisesti pidä monista niistä, mutta niistä löytyi yllättäviä elementtejä, joita ajattelin käyttää työssäni ideoinnin lähteenä.

4.2 Ideointi

Suunnittelun lähtökohtien jälkeen siirryin ideointivaiheeseen, jossa aloitin luonnostelun ja teknisten yksityiskohtien selvittämisen. Olin toki ideoinut ennen tätäkin laitteen peruluonnosta, mutta jätin tarkemman luonnostelun tarkoituksella vasta tiedonhankinnan jälkeiseen vaiheeseen.

Säätömekanismi



Kuva 13. Säätömekanismikollaasi.

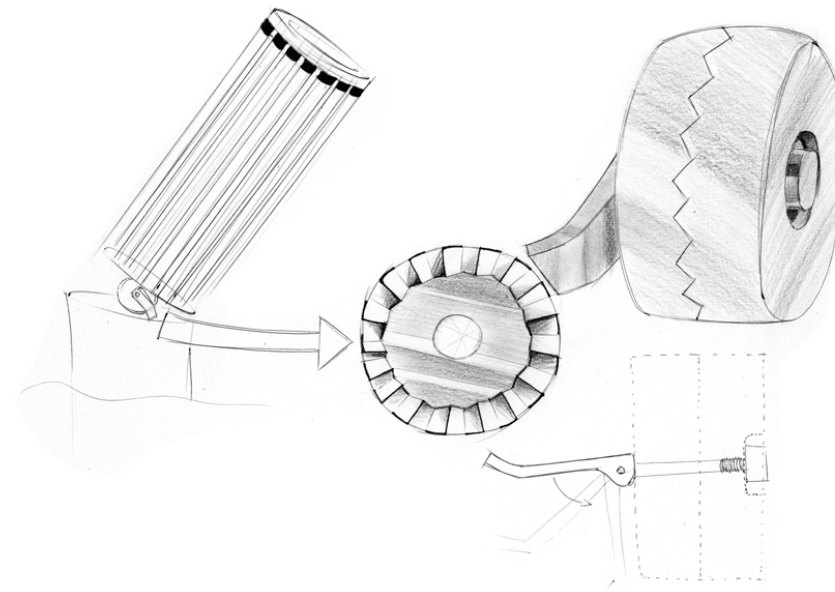
Alustavan ideoinnin jälkeen jumituin heti hieman paikoilleen suunnittelutyössäni, koska yritin ratkaista omin avuin telineen säätömekanismin ongelmia. Tuntumukseni mekaniikasta ei kuitenkaan riittänyt kovinkaan pitkälle ja tein ratkaisueh-

KONSEPTOINTI

dotuksia pelkästään mielikuvieni pohjalta. Keskustelimme toimeksiantajan kanssa mahdollisista säätömekanismeista ja esille tulivat veneissäkin käytettävät tasopintojen asennusjalat. Kuvassa 13 näkyy joitain näistä asennusjaloista ja alustavia ajatuksia telineelle, jonka varaan kokonaisuus kiinnittyisi. Ne vaikuttivat potentiaaliselta vaihtoehdolta, joten otin ne suunnitteluni lähtökohdaksi.

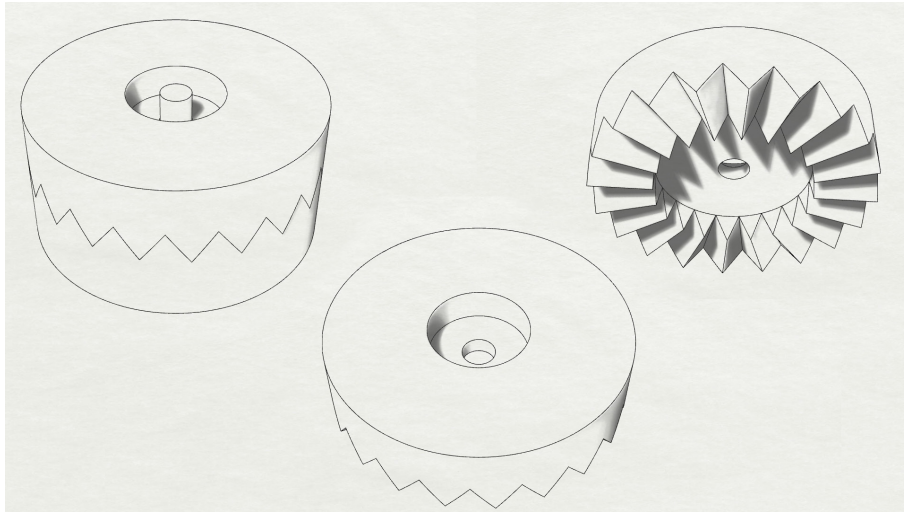
Luonnostelu on usein muotoilijan tärkein visuaalisen ilmaisun työkalu. Sillä voidaan ilmaista nopeasti ja riittävän yksityiskohtaisesti vaikka kesken palaverin se, mistä keskustelussa on kyse. Monesti muotoilija voikin olla työryhmässä osittain tarkkailijan roolissa ja muiden ideoita kuunnellessaan visualisoida ne paperille. Tämän lisäksi sitä käytetään työkaluna tietoenkin muodon hiomiseen, kun samasta teemasta haetaan pienillä muutoksilla vaikka täydellistä kaarta, taikka sopivaa sommittelua eri massojen suhteen.

Lähdin suunnittelussani liikkeelle putkien alustavasta asettelusta, josta tein ensin pyöreän, revolverimallisen. Siirryin sen pohjalta suunnittelemaan laitteen säädettävyyttä, laitteen jalustan ja keräinosion väliin tulevaa nivelmekanismia. Nivelmekanismin idea tuli toimeksiantajani vinkistä veneiden osiin (J. Rantala, henkilökohtainen tiedonanto 8.1.2013) ja monumenttikollaasini keskeltä löytyvästä kaksiosaisesta monumentista.



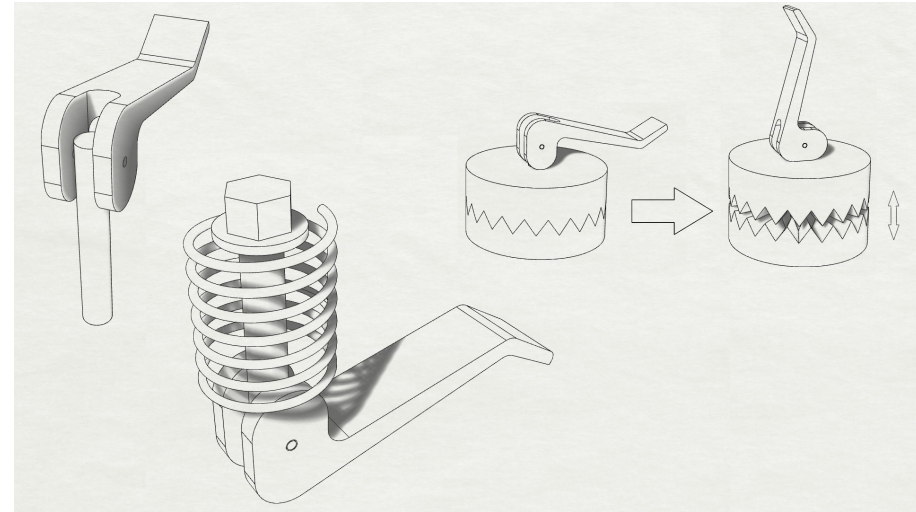
Kuva 14. Telineen säätömekanismi.

Havaitsin omassa työssäni muodon hahmottelemisen melko hankalaksi laitteen perusluonteen vuoksi: siinä on paljon tarkkoja ja melko suoria geometrisia muotoja. Siinä ei siis ollut varaa plastisiin muotoihin toiminnallisuuden ja toisaalta myös kustannusten minimoimisten vuoksi. Kuvassa 14 näkyy alustava suunnitelmani siitä, miten nivelmekanismi ja putket tulisivat sijaitsemaan laitteessa. Näitä hahmoteltuani päätin siirtyä luonnostelevaan laitetta Rhinoceros nimisen CAD-ohjelman avulla 3D-malliksi. Tietokonemallien tekeminen on käsin piirtämistä hitaampaa, mutta koin saavani siitä huomattavasti lisääpua laitteen teknisten yksityiskohtien suunnitteluun, koska ne olivat muutenkin työni kokonaisuuden kannalta paljon pelkkää ulkonäköä tärkeämpiä.



Kuva 15. Nivelmekanismi.

Kuvassa 15 näkyy suunnittelemani nivelmekanismin perusidea: se on kahdesta vastakkain puristuvasta ja hammas-tetusta teräslieriöstä valmistettu osa.

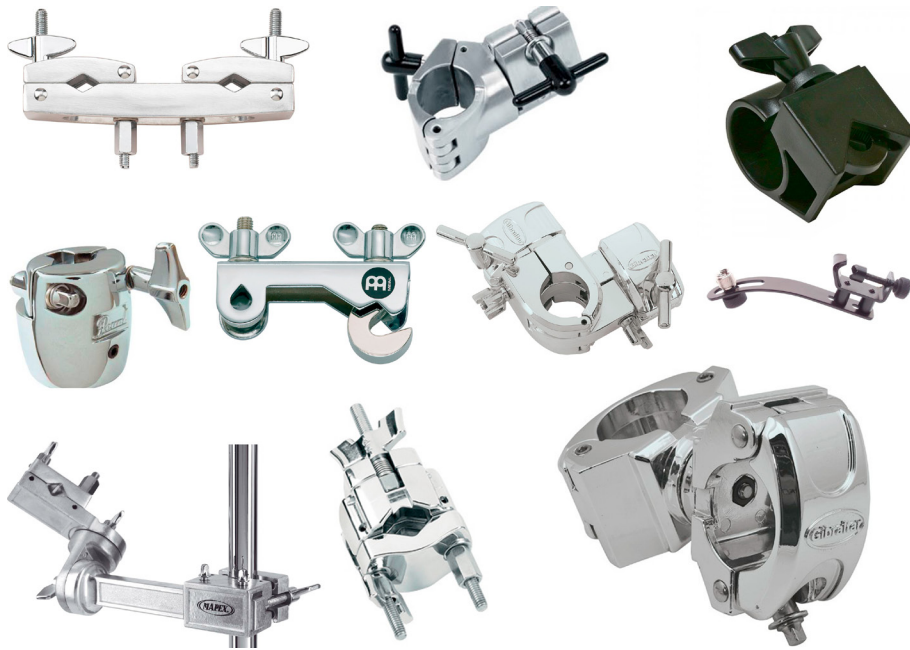


Kuva 16. Nivelmekanismin toiminta.

Nivelmekanismi vaatii myös jonkinlaisen kiristimen, jotta se toimii halutulla tavalla. Päätin ratkaista omassa työssäni sen käyttämällä yksinkertaista kiristyssalppaa. Rakenne koostuu kahvaosasta, joka kiinnittyy akselilla nivelmekanismin läpi menevään pulttiin, jonka toinen pää on lukittu sopivalla mutterilla. Kahvaosan ja mutterin väliin jäävät nivelmekanismin molemmat puoliskot ja niiden välissä oleva jousi. Kuvassa 16 näkyy, miten jousimekanismi toimii: epäkeskon muotoisen kahvan pohjaan painaessa nivel lukittuu haluttuun asentoon. Kun kahva nostetaan pystyyn, saa nivel tilaa liikkua ja keskellä oleva jousi painaa puoliskot irti toisistaan sujuvan säädön takaamiseksi.

Käyttämäni nivelratkaisu on mielestäni nivelenä sinänsä hyvä, mutta edellyttää mahdollisesti kahta käyttäjää keräimen oikeaa kallistuskulmaa hakiessa. Suurta keräintä saattaa olla hankala hallita yksin samalla, kun käyttää toisella kädellä kiristyskahvaa. Mikäli keräin pääsee kaatumaan yläasennostaan vapaasti, on melko todennäköistä, että vähintään tyhjiöputket hajoavat ja törmäys voi vahingoittaa myös sekä peiliä että avattua niveltä.

Putkien kannattimet

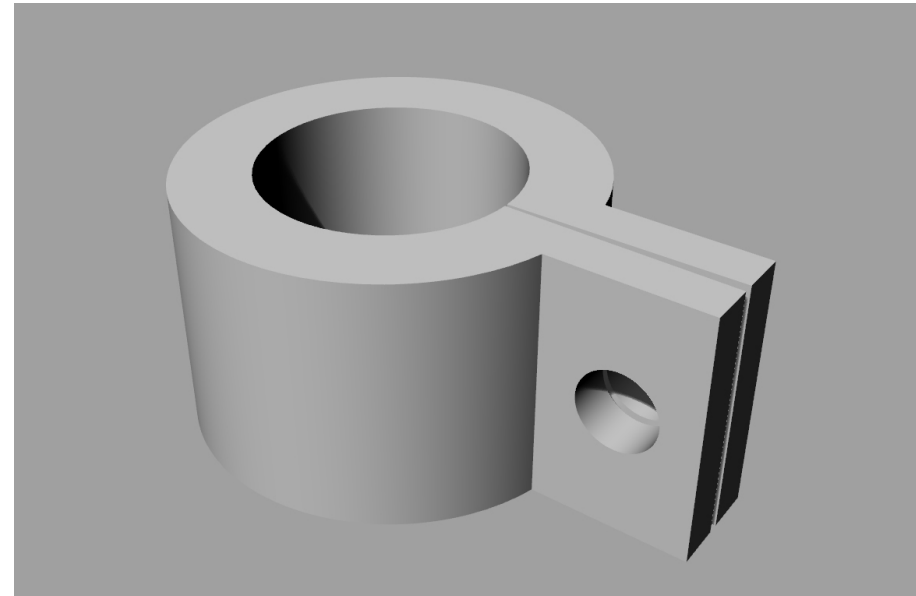


Kuva 17. Putkien kannattimen säädin.

Putket vaativat tietenkin jonkinlaiset kiinnikkeet, jolla ne pysyvät tukevasti paikallaan. Laitteen käyttöarvon lisäämiseksi suunnittelin siihen lisätoiminnallisuutta, jolla se voisi toimia monien erilaisten putkien kanssa. Käytännössä se tarkoittaa vapaasti säätävää alakiinnikettä, jotta laitteeseen saadaan eripituisia putkia. Käytännössä tämä sovellutus tulee kuitenkin väkisin mukaan, sillä putkien asentamisen vuoksi on yksinkertaisinta tehdä siirtyvä kiinnike monimutkaisten nivelmekanismien sijaan.

Putkien kannatin päätettiin laittaa yhden keskustangon varaan, jonka ympärille koko keräimen säätöniveleen yläpuolinen osa rakentuu. Hain ideaa mahdolliselle kiinnitykselle rumpujen telineiden kiinnittämistä. Kuvassa 17 näkyy

etsimiäni ratkaisuja pohjaksi omalle suunnitelmalleni. Rumpukiinnikkeet eivät ole kaikkein tavanomaisin ratkaisu lähökohdaksi, mutta olen kokenut ne harrastuksieni kautta hyväksi ja luotettaviksi. Ne ovat pääsääntöisesti helppoja käyttää, kestävät mekaanista rasitusta ja kiinnittyvät tehokkaasti putkeen litistämättä sitä. Varsinkin litistymisen estäminen on oleellista yhden pyöreän putken varassa olevalle rakenteelle, sillä terävä kolhu heikentää putken rakennetta merkittävästi kolhun suuntaan kohdistuvalla väännöllä.



Kuva 18. Putken kiristin.

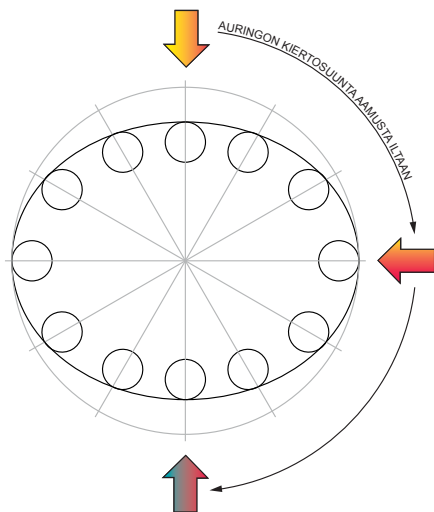
Suunnittelin erilaisia vaihtoehtoja, joilla saisin tehtyä kiinnitysosasta mahdollisimman yksinkertaisen valmistaa ja käyttää. Lopulta päädyin kuvan 18 mukaiseen rakenteeseen. Siinä on keskusputken ympärille pujottuva lenkki, joka kiristään toisistaan irrallaan olevilla korvakkeilla kiinni halutulle kohdalle. Korvakkeen toiseen puoleen voidaan tehdä kiristämistä varten kierteet sopivalle koneruuville. Vaihtoehtoisesti se voidaan jättää myös kierteyttämättä, jolloin sen

KONSEPTOINTI

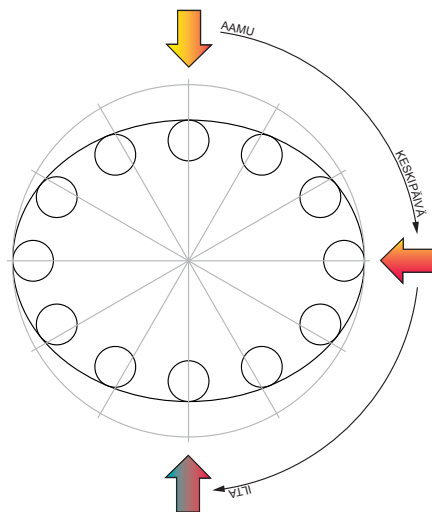
tilalla voidaan käyttää koneruuvia ja mutteria. Molemmat keinot ovat mielestäni yhtä hyviä, mutta kierteyttäminen vaatii useampia työvaiheita. Tämänkaltaisilla pienillä yksityiskohdilla voidaan tarpeen mukaan vähentää valmistamiseen kuluva aikaa, jolla puolestaan saadaan kustannuksia alemmas.

tyä pinta-alaa kahdelle sivulle ja siten optimoitua tuottoa aamulle sekä illalle. Toisaalta keskipäivällä, voimakkaimman säteilyn aikaan, tuottoa saadaan rajoitettua pienemällä pinta-alalla. Samaa ajatuskulkua jatkaen suunnittelin myös erilaisia jakoja putkia varten. Ulkonäöllisesti parhaaksi mielsin kehän reunan mitan mukaan tasajakoilla tehdyn vaihtoehdon, mutta mukana oli myös muita vaihtoehtoja, kuten esimerkiksi tasajako tietyn asteluvun välein. Tasaisen astevälin avulla jaotellulla ratkaisulla saataisiin teoriassa todennäköisesti optimoitua tuottoa vielä hieman aamuun ja illaan, mutta käytännön tasolla ero on minimaalinen.

TASAJAKO 30 ASTEEN VÄLEIN

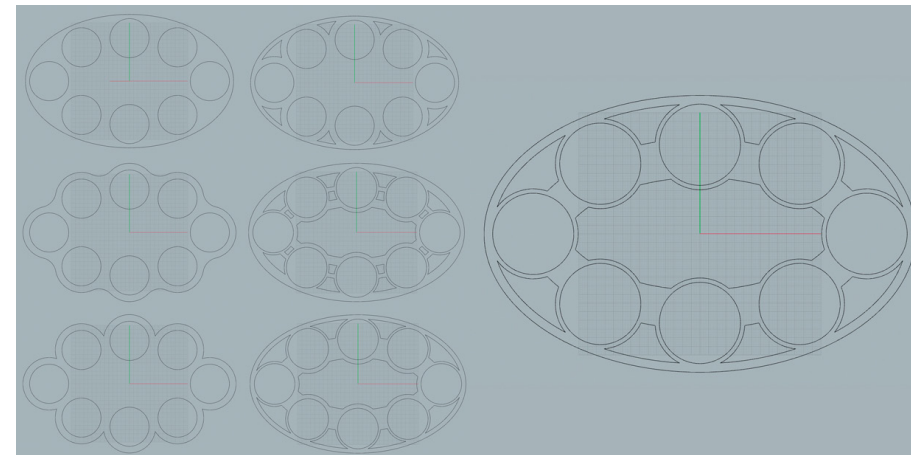


TASAJAKO KEHÄN REUNAN MUKAAN



Kuva 19. Putkien asettelu telineessä.

Rakennetta miettiessä tärkeäksi asiaksi nousee myös putkien sijoittelu ja määrä. Sijoittelu tulee tehdä niin, että keräyspinta-ala saadaan maksimoitua aamuisin ja iltaisin. Siksi siis pyöreä muoto ei tule kyseeseen ainakaan putkien sijoittelun suhteen. Kävimme toimeksiantajan kanssa läpi erilaisia vaihtoehtoja rakenteen toteuttamiseksi ja lopulta varteenotettavimmilta vaihtoehdoilta tuntuivat vinoneliön, eli "salmiakkin" muotoon asetellut putket, etelään suunnatun pisaran muotoinen, tai kuvassa 19 näkyvän kaltainen elliptinen muoto. Näihin muotoihin päädyimme enimmäkseen optiikan vaatimusten vuoksi: listämällä muotoa saadaan lisät-



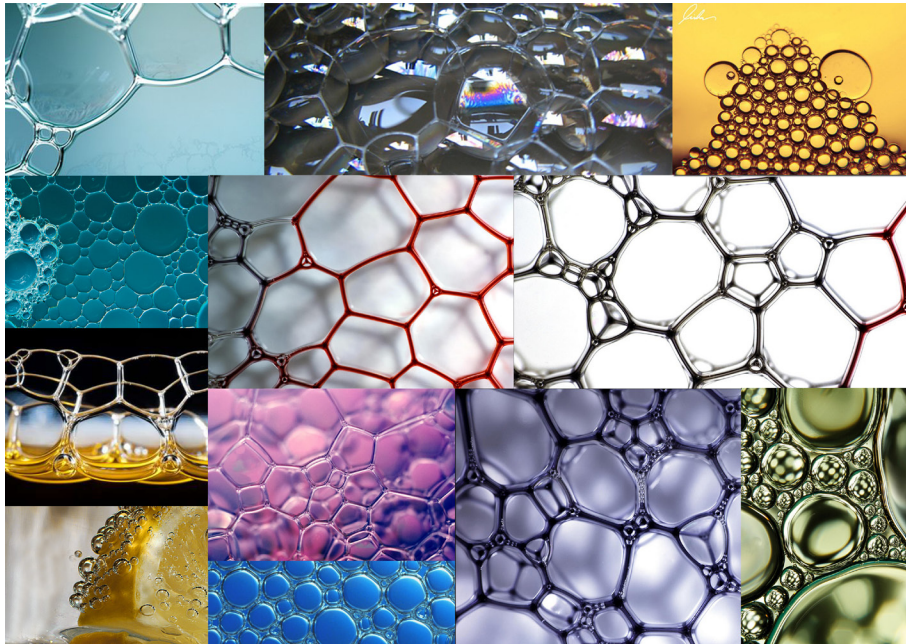
Kuva 20. Putkiteline.

Hahmoteltuani erilaisia vaihtoehtoja päädyin kahdeksan putken keräimeen. Sillä saadaan aikaan tasainen jaottele putkille ja keräimestä mitoiltaan kompakti. Tämän idean pohjalta on kuitenkin mahdollista tuottaa lähes kuinka monen putken laitteita tahansa, joten konseptini putkimäärä ei ole sikäli merkittävä seikka lopullisen tuotteen kannalta. Kuvassa 20 näkyy joitain hahmotelmiani kahdeksan putken telineistä, joista valitsin oikeanpuoleisimman vaihtoehdon lähtökohdakseni myöhempää suunnittelua varten. Pyrin tekemään telineestä mahdollisimman kompaktin, jotta lait-

KONSEPTOINTI

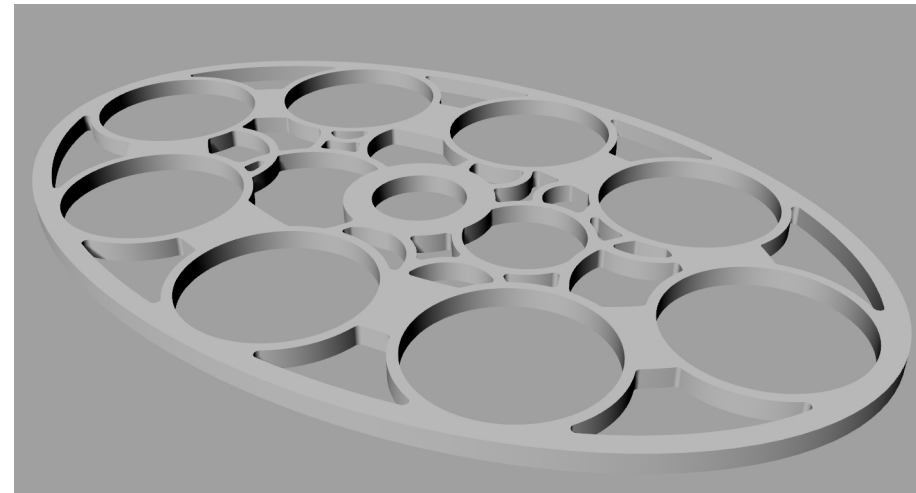
teen kokonaismitat pysyisivät kohtuullisina ja toisaalta tärkeistä valmistettavat osat eivät nostaisi tarpeettomasti kokonaisuudessaan. Mitä alemmas painopiste saadaan, sitä vähemmän rasitusta kohdistuu nivelmekanismiin. Samasta syystä suunnittelin telineeseen myös erilaisia leikkauksia, joilla pystytään vähentämään painoa, saadaan vesi valumaan laitteesta pois ja samalla voidaan vaikuttaa myös ulkonäköön.

Pelkän leikkauksen kohdalle pitäisi siis saada jotain lisämateriaalia ja muotoa. Mietin aiemmin käsittelemiämme aiheita ja kokeilin monia geometrisia perusmuotoja, mutta mikään niistä ei miellyttänyt. Palasin aiempaan moodboardiini ja tutkin suunnittelun lähtökohtia, erityisesti luontoa. Mietin kuvien pilviä sekä järveä - mistä vesi muodostuu, millaisia olotiloja sillä on, ja sitä kautta mieleeni tulivat kuplat. Etsin internetistä inspiroivia kuvia erilaisista kuplien muodostamista kuvioista, joita näkyy kuvassa 21.



Kuva 21. Kuplakollaasi.

Aiemmin työssäni kerroin siitä, miten päädyimme toimeksiantajan kanssa käyttämään sci-fiä yhtenä ulkonäön lähtökohdista. Mielestäni putkitelineeseen suunnittelemani leikkaukset tuovat viittauksia niihin teemoihin, mutta telineessä oli vielä ratkaistavaa. Sen tyhjään keskustaan tulisi saada kiinnike koko rakennetta tukevalle keskusputkelle.



Kuva 22. Solurakenne putkitelineessä.

Kuplamalli sopi teemaani hyvin, koska teline koostui muutenkin pääsääntöisesti pyöreistä leikkauksista. Se siis jatkoi visuaalista teemaa loogisesti, mutta pitää myös painon alhaalla. Mietin sommittelua pitkään ja päädyin lopulta jättämään muotoon suuren reiän heti keskikohdan viereen. Sille on jatkossa perusteltu käyttö laitteen ominaisuuksien vuoksi: lämmönsiirtonesteeseen täytyy päästä järjestelmästä pumppautuessa jotenkin tyhjiöputkien avoimeen päähän ja avoin pääty sijaitsee keräimen yläpäässä. Suuremman reiän läpi voidaan siis laittaa lämmön siirtämiseen tarvittavat putket kylmälle meno- ja kuumalle paluunesteelle. Kes-

KONSEPTOINTI

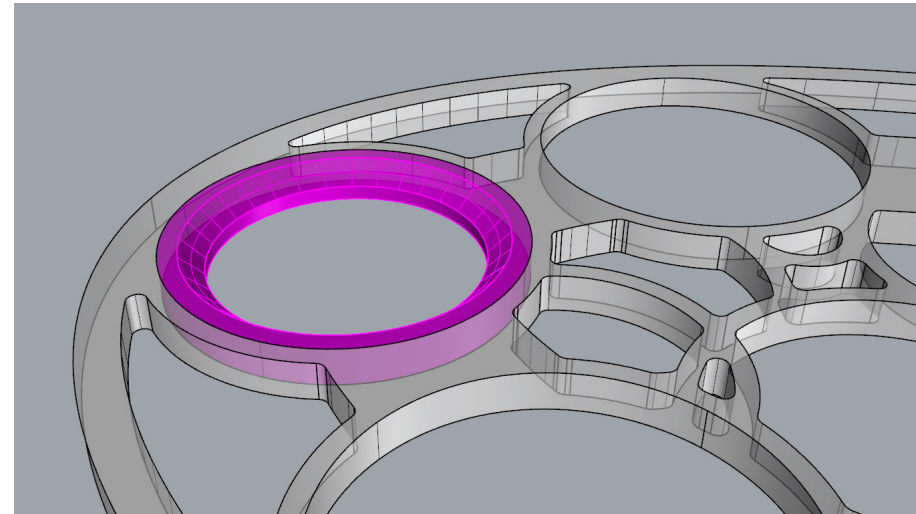
kiputkeen kiinnittäminen tarjoaisi niille myös suojaisan paikan, eivätkä ne olisi peilin liikeradan tiellä tai varjostamassa tyhjiöputkia.



Kuva 23. Kiinnitin putkitelineessä.

Kuvassa 23 näkyy, miten kiinnitin ja putkiteline toimivat yhdessä. Ne voidaan valmistaa kahtena täysin erillisenä osana ja kiinnittää esimerkiksi hitsaamalla kappaleet yhteen kiinnittimen kiristysleukojen vastaiselta puolelta. Hitsaami-

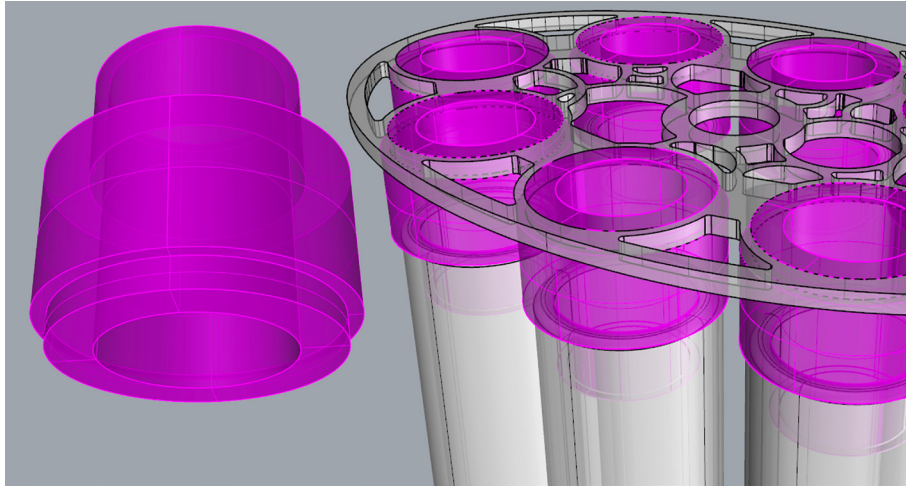
nen on nopea, edullinen, hyvä ja helppo vaihtoehto kiinnitykseen, koska sitä ei tarvitse hyvin tehdyn sauman jälkeen jatkotyöstää välttämättä mitenkään. Tarvittavat välineet löytyvät varmasti lähes jokaisesta metallityöpajasta, joten sekään ei koidu ongelmaksi.



Kuva 24. Kumituki putkitelineeseen.

Putkiteline valmistetaan teräksestä, joten se ei ole sellaisenaan kauhean hyvä materiaali herkkää lasiputkea varten. Siihen täytyy siis lisätä sekä putken ylä- että alapäähän sopivat kiinnikkeet ja tuet. Putken umpinainen pää on helppo ratkaista, koska sen ainoa tehtävä on pitää putkea paikallaan ja sopia eripituisille putkille. Suunnittelin siihen kumieristeen, joka on tarvittaessa helppo vaihtaa uuteen ilman työkaluja. Materiaalin ei tarvitse olla erityisen kuumuudenkestävä, lukuun ottamatta auringon lämmittämän putkitelineen kautta johtuvaa lämpöä. Tyhjiöputkien tyhjiö estää lähes kaiken siitä ulospäin johtuvan lämmön lasin päällimmäistä pintaa lukuun ottamatta, joka on suorassa kosketuksessa kumieristeen kanssa. Kuvassa 24 näkyy kumiinsertti, joka on viistetty toiselta puolelta paremman sovituk-

sen takaamiseksi putkelle. Kuvan kaltainen malli ei kuitenkaan pysy paikallaan ylhäältä painaessa, joten suunnittelin lopullista mallia varten siihen putkitelineen päälle tulevan kauluksen. Muuten malli on ulkonäöltään samanlainen.



Kuva 25. Putkien kiinnikkeet.

Putket tarvitsevat tuen myös toiseen päähänsä. Sen tehtävä on pitää putkia paikallaan ja samalla myös tiivistää läpimeno heat pipen ympäriltä, jotta tyhjiöputken sisälle kertyvä lämpö ei pääse avonaisesta päästä karkuun. Suunnittelin sen valmistettavaksi esimerkiksi keramiikasta, mutten saanut aiheesta työni aikana vielä tarpeeksi tietoa, joten sen tarkempi määrittely jää opinnäytteen konseptin ulkopuolelle Juras Oy:n jatkokehittelyyn. Mahdollisia ongelmia ovat materiaalista riippuen kiinnittäminen telineeseen, lämmönkesto ja useiden erilaisten materiaalien käyttäminen yhdessä. Jokaisella materiaalilla on erilaiset lämpölaajentumiskertoimet, jotka on otettava huomioon suunnittelussa. Suomen olosuhteissa lämpötilat voivat vaihdella rajusti kesän ja talven välillä, joten on tärkeää mitoittaa kappaleisiin riittävä elämisaika tai löytää riittävän samanlaisella tavalla elävät materiaalit. Huonoimmillaan vähemmän kutistuva

kiinnike voi murskata tyhjiöputken, kun lasi kutistuu kylmällä, ja sama voi tapahtua myös metallisen telineen sekä kiinnikkeen välillä. Kuumassa laajentuessa järjestelmä ei välttämättä ole enää tarpeeksi tiivis pysyäkseen tiukasti paikallaan ja toisaalta liikaa laajentuva kiinnike voi hajottaa itsensä tai lasiputken.

Kiinnikkeitä pohtiessa täytyy jatkokehityksen aikana paneutua tarkemmin markkinoiden tarjontaan, sillä siihen saattaa löytyä jokin jo olemassa oleva ratkaisu, jolla saataisiin tuotantokuluja mahdollisesti alaspäin. Riskinä on kuitenkin se, että valmiin komponentin hyödyntäminen vaatii muutoksia putkien telineisiin. Mikäli tarvittavia muutoksia ei voi hyödyntää molemmissa päissä, tulee valmistuskustannuksiin huomattava lisä kahden erilaisen metallikomponentin valmistuksesta.

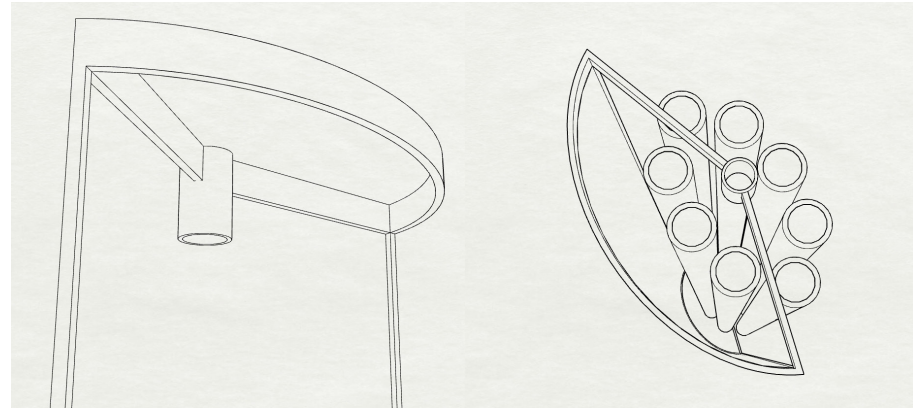
Peilijärjestelmä

Keräimeen päätettiin jo projektin alussa suunnitella myös peilijärjestelmä. Sillä on kolme merkitystä: maksimoida aurinkoenergian tuotto, estää järjestelmän stagnaatioita ja kerätä sähköenergiaa peilin ohjausjärjestelmän tarpeisiin. Energiantuoton maksimointi tapahtuu asettamalla peili aurinkon vastakkaiselle sivulle, josta se heijastaa säteilyä putkien varjopuolelle. Peilin polttopiste ei ole tämän kannalta kamalan olennainen seikka, mutta se pitäisi olla putkijärjestelmän keskipistettä pidemmällä, jotta peili heijastaa säteilyä mahdollisimman laajalle alueelle. Siksi siis peili on oltava suuremmalla säteellä taivutettu kuin putkijärjestelmän asettelu.

KONSEPTOINTI

Stagnaatiotilan, eli järjestelmän maksimilämpötilan, ehkäiseminen tapahtuu käyttämällä peiliä varjostimena silloin, kun energiantarve on alhaisimmillaan ja tuotanto ylittää sen. Se siis asettuu auringon ja putkien väliin estääkseen suurimman osan suorasta säteilystä. Myös tämä vaatimus puoltaa peilin suurehkoa kokoa, sillä liian pienestä peilistä ei ole varjostimena välttämättä riittävästi hyötyä.

Tämä kaikki vaatii tietenkin automatiikkaa toimiakseen käytännössä. Kukaan käyttäjä ei varmasti ole halukas säätämään joka ikinen päivä peiliä kahden tunnin välein oikeaan asentoon. Automatiikka taas vaatii useimmiten sähköenergiaa, ja laitteesta haluttiin tehdä täysin omavarainen järjestelmä. Siksi peili suunniteltiin samalla myös sähköenergiakeräimeksi. Se pinnoitetaan sopivalla amorfisella kalvolla, joka osaa itsessään tuottaa jo valmiiksi peiliä ohjaavan askelmoottorin tarvitseman jännitteen. Siksi keräimeen ei tarvita ylimääräisiä muuntajia monimutkaistamaan järjestelmää. Amorfinen kalvo syöttää sähköä suureen kondensaattoriin, jonne varastoituneella sähköenergialla peilijärjestelmä palautetaan illalla takaisin lähtöasentoonsa aamuaurinkoa varten. Siten peili ei jää varjostamaan aamuaurinkoa sähköenergian loputtua ja toiminta saadaan optimoitua ilman akkuja. Sähköjärjestelmän tarkempi toteutus jää kuitenkin työni ulkopuolelle jatkokehitysvaiheeseen.



Kuva 26. Peilin perusrakenne.

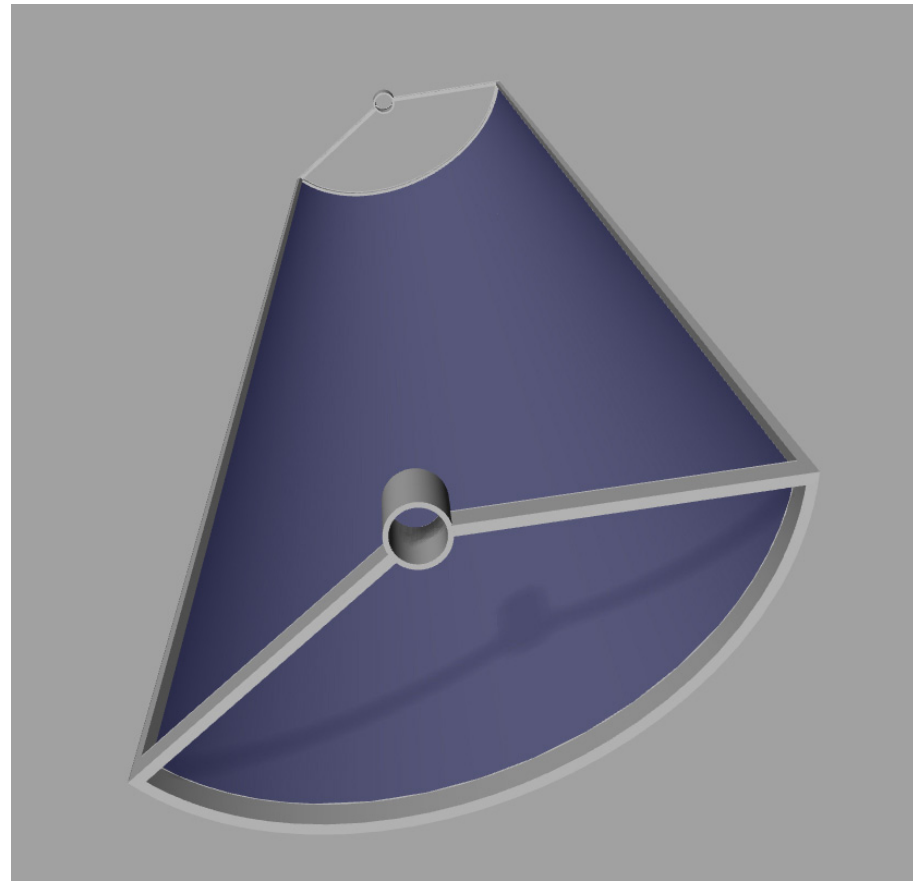
Kuvassa 26 näkyy kehittämäni idea peilin rungoksi. Se koostuu mahdollisimman yksinkertaisista kappaleista. Osia on yhteensä 11 kpl: kaksi pyöreää keskusputkitukea, neljä kiinnitysrimaa peilin kaarelta keskusputkitukiin, kaksi pystyrimaa peilille, kaksi tukikaarta peilille ja itse peililevy. Kaikki osat valmistetaan samasta teräksestä, jotta eläminen on eri lämpötiloissa vastaavanlaista.

Peilin ylä- ja alareunaan sijoittuvat tukikaaret voidaan valmistaa lattaraudasta. Niihin työstetään kapealle sivulle peilille sopiva ura, johon peili asettuu. Sen jälkeen päihin työstetään sopiva kulma muuhun peilin runkoon liittämistä varten. Viimeisenä vaiheena se taivutetaan sopivalle kaarelle. Tämän jälkeen siirrytään peilin kokoonpanoon. Peililevy asennetaan kehikossa oleviin uriin ja taivutetaan haluttuun muotoon esitaivutettujen tukikaarien avulla. Peililevy voidaan kiinnittää tukikaariin ja kehikkoon tarvittaessa popniiteillä, ruuveilla tai vaikka hitsaamalla. Samat kiinnitystavat käyvät popniittejä lukuun ottamatta myös peilin runkoon, joskin hitsaaminen on siinä mielestäni todennäköisempi ja käyttökelpoisempi vaihtoehto.

KONSEPTOINTI

Jatkokehittelyssä on otettava huomioon vielä peilin taustapuolen mahdollinen pintakäsittely heijastamattomaksi kiiltävän metallin sijaan. Peilin varjostaessa putkia stagnaatiotilan välttämiseksi saattaa se heijastaa häiritsevästi auringonvaloa esimerkiksi naapuritaloa kohti. Tämän hillitsemiseksi saattaa riittää esimerkiksi hiekkapuhallettu pinta, mutta maalaaminen tai muovittaminenkaan ei ole poissuljettu vaihtoehto. Käsittelyssä pitää kuitenkin huomioida pinnan kestävyys eri sääolosuhteissa ja valmistuskustannusten nousu.

Toimeksiantaja ehdotti harkittavaksi jonkinlaista nostokorvakekettä, josta laite saataisiin työnnettyä pystyyn asentaessa. Käytännössä tämä korvake tulisi sijaitsemaan peilin yhteydessä, koska tyhjiöputket peittävät keskusputken ja lasisista keräinputkista ei laitetta voi nostaa. En kuitenkaan kokenut nostokorvakekettä tarpeelliseksi, koska laite voidaan pystyttää peilin reunoista nostamalla tai kiinnittämällä vetoköysi peilin yläkiinnikkeeseen ja vetämällä keräintä pystyyn samalla, kun joku kiristää nivelmekanismiin haluttuun kohtaan.



Kuva 27. Peili ja amorfinen kalvo.

Kuvassa 27 näkyy peili kokonaisuudessaan amorfisen, eli sähköä keräävän, kalvon kanssa pinnoitettuna. Se luo metallin päälle läpikuultavan tummansinisen kerroksen.

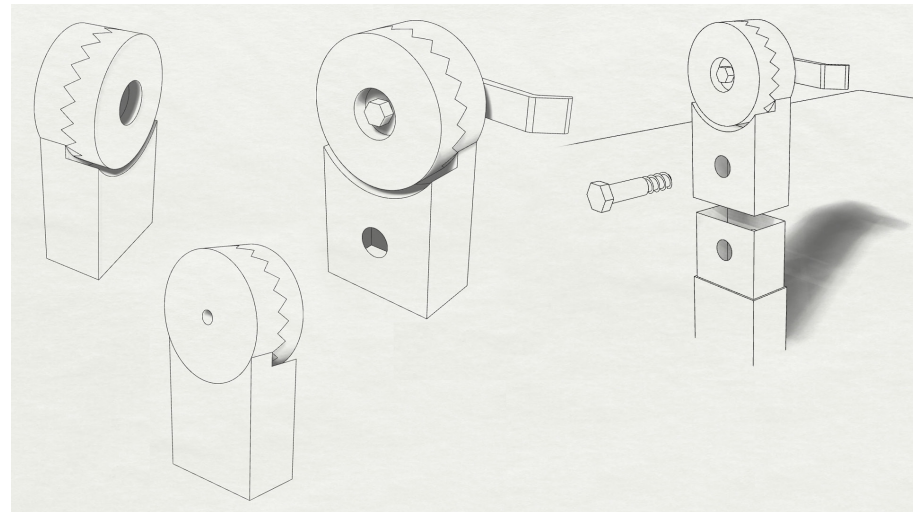
Lisäominaisuudet

Keräimen peilistä on tietenkin eniten hyötyä ainoastaan silloin, kun se osaa toimia halutulla tavalla ja ilman manuaalisen työn tarvetta laitteen käyttäjältä. Sen täytyy siis tietää auringon suurpiirteinen sijainti suhteessa keräimeen ja peilin täytyy pystyä kääntymään omatoimisesti jonkinlaisella moottorilla. Moottoriksi kelpaa toimenkuvan yksinkertaisuuden vuoksi halpa sähköllä toimiva askelmoottori. Niiden vääntö riittää hyvin tämänkaltaisten töiden tekemiseen ja toisaalta ne selviytyvät hyvin eri lämpötiloissa työskentelystä (J. Rantala, henkilökohtainen tiedonanto 8.1.2013). Pohdimme toimeksiantajan kanssa erilaisia mahdollisuuksia tämän järjestelmän ohjauksen toteuttamiseksi ja keksimme kaksi toteuttamiskelpoista vaihtoehtoa. Yksinkertaisimmillaan keräimeen voidaan asentaa jonkinlainen logiikkapiiri tai rele, joka antaa moottorille käskyn tietyn ajanjakson välein kääntää peiliä. Tämän huonona puolena on kuitenkin se, ettei järjestelmä kykene estämään stagnaatiotilan syntyä todellisen tuoton perusteella, vaan pyrkii maksimoimaan lämmöntuoton tuotetun lämmön käyttöasteesta riippumatta. Tietenkin järjestelmä voidaan ohjelmoida varjostamaan putkia aina tiettyyn aikaan, mutta heikkotuottoisina vuodenaikoina tämä on huono ratkaisu. Toinen vaihtoehto on käyttää auringonvaloon reagoivaa sensoria, joka osaa tulkita auringon sijainnin ja saapuvan energian määrän. Se kykenee antamaan käskyn peilin kiertämiselle sekä tuotannon maksimointia että stagnaatiotilan estämistä varten. Optinen sensori on tietenkin huomattavan paljon kalliimpi vaihtoehto, mutta sen edut järjestelmän ylikuormittumisen estämisen ja sitä kautta pitkäikäisyyden kannalta ovat kiistattomat.

Työni puitteissa en kuitenkaan keskittynyt suunnittelemaan konkreettisesti käytettävää moottoria ja siihen sisältyvää sensorijärjestelmää, joten tarkka suunnittelu niistä jää opinäytteeni pohjalta tehtävään jatkokehitysvaiheeseen.

Teline

Ryhtyessäni ideoimaan telinettä minulla oli monenlaisia ideoita, jotka tulivat aiemmin esittelemistäni Jugoslavian pat-saista, viruksista, hämähäkeistä ynnä muusta. Monet näistä vaikuttivat hankalilta toteuttaa, joten päätin yksinkertaistaa suunnitelmiani huomattavasti. Monissa ideoissa oli sama ongelma – miten antaa tilaa peilin liikeradalle heikentämättä telineen tukevuutta liaksi. Olin sitkeästi päättänyt käyttää betonijalan läpi tulevia harjateräskiinnikkeitä lähtökohtana työlle, mutta kaipasin jotain uutta näkökulmaa aiheeseen. Kävimme toimeksiantajan kanssa läpi telineen perusidea, ja keskustelussa nousi esille idea myös yksinkertaisesta putkesta, joka vain asennetaan suoraan maahan.



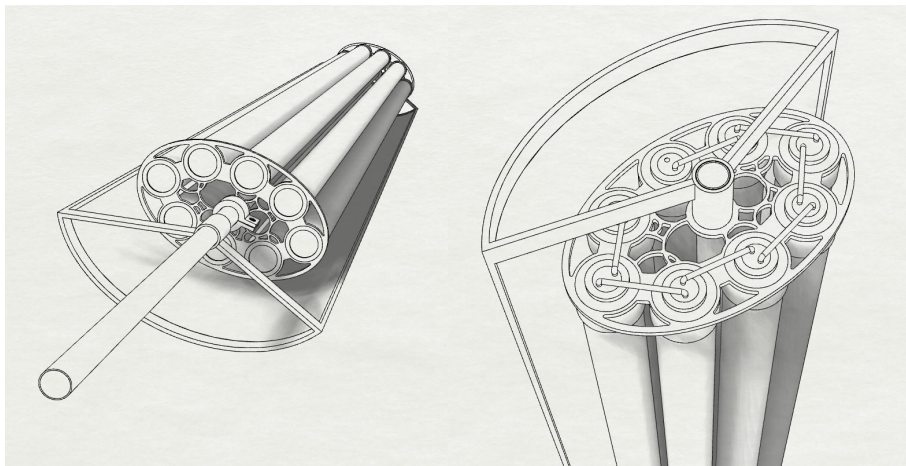
Kuva 28. Teline ratkaisu.

Kuvassa 28 näkyy kehittämäni versio maahan asennettavasta putki-ideasta. Luovuin pyöreästä putkesta ja otin lähtökohdaksi sen neliskanttisen vastineen. Sillä saadaan riittävästi kiinnityspintaa nivelmekanismiin, jotta jalusta on

KONSEPTOINTI

kestävä. Siitä tulee myös hyvin minimalistisen näköinen, eikä se kasvata laitteen kokoa ja valmistuskustannuksia ilman todellista merkitystä. Toisaalta muoto itsessään tuo viitteitä siihen Jugoslavian monumenttiin, josta lähdin liikkeelle nivelen suunnittelussa ja jonka esitin keskellä monumenttikollaasiani sivulla 33. Pääsin siis ylimääräisistä rakennelmista eroon lähes kokonaan. Samalla myös päästään tarvittaessa eroon ylimääräisistä porapaaluista, mikäli ne eivät jatkokehityksen käytännön testeissä osoittaudu pakollisiksi.

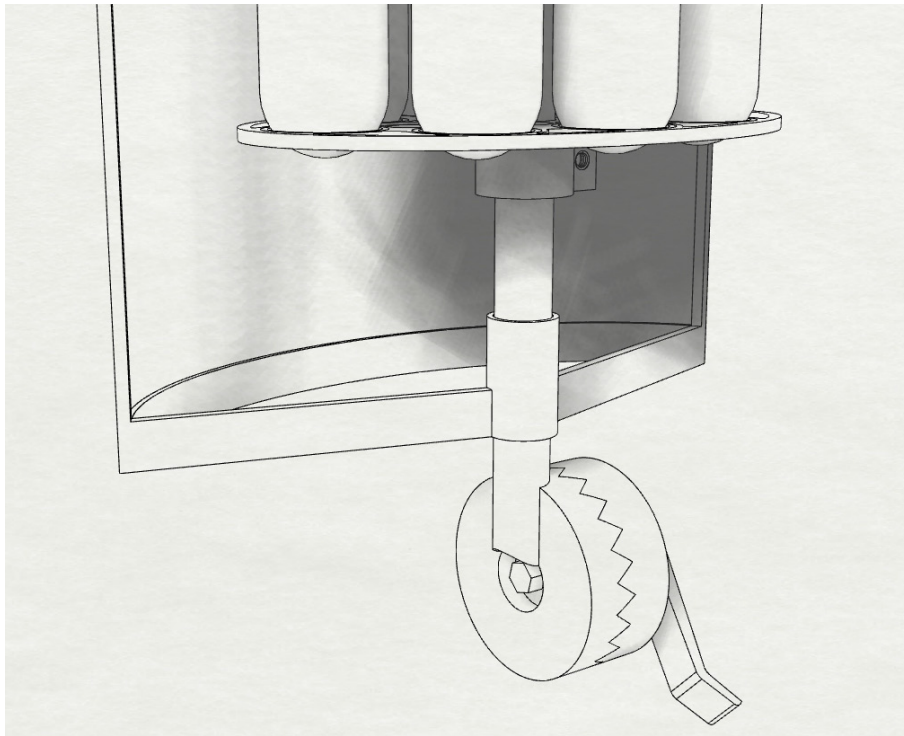
Nivelosan putkeen porataan aukko toiselle sivulle, jolla teräspankki saadaan lukittua paikalleen maahan asennettavaan vastinkappaleeseen. Vastinkappale on pidempi teräspankki, jossa on ylemmän osan sisäpuolelle pujottuva kapeampi yläosa. Sen ympärillä on metalliputken materiaalin paksuiset kaulukset, joille yläosa asettuu. Maassa oleva vastinkappale voidaan valaa betonilaatan sisään, joka estää sen heilumisliikkeen. Toisaalta vastinkappale voidaan tukevoittaa myös aiemmin ilmi tulleen OSD-paalun tavoin valamalla täyteen betonia. Samalla se toimii myös eräänlaisena paaluna porapaalujen tapaan ja tukevoittaa rakennetta.



Kuva 29. Keskusputki ja lämmönjohtimet.

Kuvassa 29 näkyy tukiputki, jonka varassa koko keräin pysyy kasassa. Sen on oltava riittävän järeää materiaalia, jotta se ei vääntyisi juurestaan tuulen vaikutuksesta. Siihen ei siis käy ohutseinämäinen putki. Keskusputken ja peilin liitoskohdat täytyy myös mahdollisesti laakeroida, tai ainakin voidella esimerkiksi vaseliinilla.

Lisähaasteita työlle asetti vielä loppuvaiheilla selvinnyt ongelma lämmönjohtimien osalta. Peili pyörii lähes koko matkalta keräimen ympäri, joten johtimien sijoittelu laitteesta ulos on erittäin haastavaa. Keksin siihen ainoastaan kaksi käyttökelpoista ratkaisua – putkien kuljettamisen keskusputken rinnalla ylhäältä alas ja peilin kiinnikkeiden uudelleenmuotoilun, tai keskusputken koon suurentamisen ja lämmönjohtimien viennin sen sisällä peilin kiinnikkeiden alapuolelle. Toimeksiantajani ehdotti myös niin sanotun dummyputken käyttämistä järjestelmän pohjoispuolella, jonka sisällä lämpöjohteet voisivat kulkea. En kuitenkaan kokenut tätä mielekkääksi ratkaisuksi, joten pyrin ratkaisemaan ongelman aiemmin esittämilläni tavoilla.



Kuva 30. Nivelen ja keskusputken liitos.

Nivelmekanismi ja keskusputki täytyy myös liittää toisiinsa, mutta nivelen pyöreä muoto asetti haasteita ratkaisulle. Sen sisällä olevien monimutkaisten rakenteiden vuoksi siinä ei ole kovinkaan paljoa pinta-alaa liitosta varten. Liitoksen lujuus vaatiikin lisätutkimusta jatkokehitysvaiheessa, koska en ehtinyt aikatauluni puitteissa hankkimaan ammattilaisen mielipidettä mahdollisen hitsausliitoksen kestävyudesta näin pienellä pinta-alalla.

Kuvassa 30 näkyy kehittämäni liitosmalli, jolla keskusputki saadaan säätönivelen keskiakselin suuntaiseksi ja liitettyä myös yläpinnasta pelkän nivelen sivun sijaan. Sillä saadaan lisättyä liitoksen pinta-alaa. Kiinnitykselle olisi saatu lisää pinta-alaa tekemällä siitä koko nivelen pituinen, mutta jätin kiinnitysmutterin aukon tyhjäksi. Käyttäjät voi epähuomi-

osiaan kiertää kiristyskahvalla kiristysmutterin auki, tai ylikiristää nivelen ja hajottaa jotain kiristysmekanismista, joten se on päästävää kiinnittämään uudelleen. Ylikiristäminen on toisaalta ratkaistavissa sopivalla kupumutterilla ja oikein mitoitettulla pultilla.

4.3 Materiaalit

Aurinkoenergiakeräin on ulkona sijaitseva itsenäinen yksikkö, johon kohdistuvat kaikki ulkoilman rasitukset: erilaiset säteet, myrskyt, eroosio, kosteuden aiheuttama mahdollinen korroosio ja niin edelleen. Siksi sen on tärkeää olla materiaalivalintojensa puolesta niin kestävä, että se ei hajoa mekaanisesti normaaliolosuhteissa ennen odotetun elinkaarensa loppua. Laite voitaisiin toki suojata erittäin järeällä rakenteella erikoisolosuhteilta, kuten poikkeuksellisen voimakkailta raekuuroilta tai ankarilta myrskyiltä. Tämä ei ole kuitenkaan valmistuskustannusten kannalta järkevää, koska lopulta se heijastuisi väistämättä markkinoille vähentyneenä kysyntänä. On tärkeää saada tuote sopimaan aiotuun hintaluokkaan, ja Juras Oy:n toiveena olikin saada laite mahdollisimman useiden yksityisten talouksien ulottuviin taloudellisesti. Samasta syystä laitteessa tullaan lopullisessa muodossaan hyödyntämään mahdollisimman paljon vaatimukset täyttäviä valmiita komponentteja, kuten esimerkiksi askelmoottoria ja tyhjiöputkia.

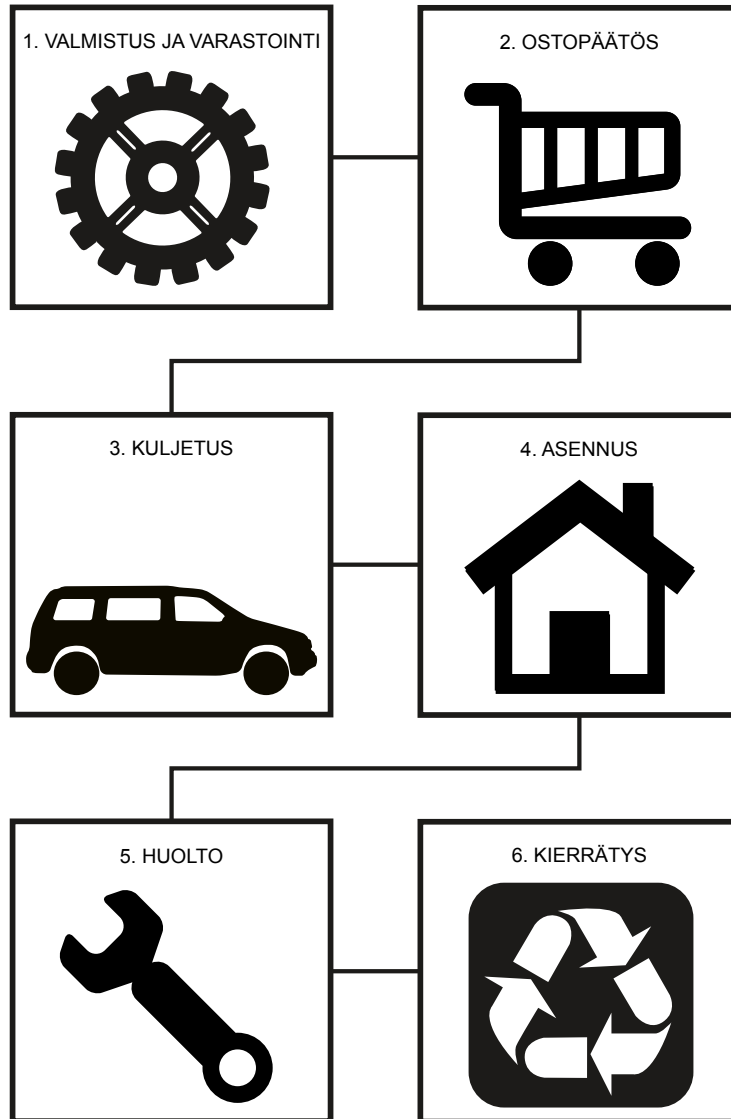
Telineen materiaaliksi valittiin teräs. Laakson (J. Laakso, henkilökohtainen tiedonanto 5.1.2013) suosituksesta lähtökohdaksi otettiin S355 teräs ja korroosion kestämissen vuoksi sen tulisi olla vähintään galvanoitua. Galvanoinnin huonona puolena on kuitenkin lisääntyneet valmistuskustannukset ja tuotannolliset vaatimukset valmistajalta. Hintaa pystytään parhaimmassa tapauksessa laskemaan käyttämällä jotain ilman erilliskäsittelyä kelpaavaa materiaalia, kuten esimerkiksi ruostumatonta terästä. Ennen lopullisen päätöksen tekemistä olisi siis pohdittava tarkasti kulurakennetta myös materiaalivalinnan kautta, mutta se jää tämän

työn jälkeen tehtäväksi jatkotoimenpiteeksi konseptin tuotetestamis- ja tuotannollistamisvaiheeseen. Muita ilmi tulleita potentiaalisia vaihtoehtoja olivat erilaiset ruostumattomat ja haponkestävät teräkset, titaani ja alumiini. Seppälän (M. Seppälä, henkilökohtainen tiedonanto 4.3.2013) mukaan rakenteen metallimateriaalien tulisi olla kemiallisesti samanarvoisia korroosion minimoimiseksi. Käytännössä tämä siis tarkoittaa sitä, että rakenteeseen ei kannata valikoida esimerkiksi ruostumattomasta teräksestä olevia ruuveja ja rungoksi galvanoitua terästä tai vaikka alumiinia. Yhdessä ne muodostaisivat sähkökemiallisen parin, joka jouduttaisi hapettumista ja ruostumista.

4.4 Konseptointi

Suunnitteluprosessini oli työn insinööriyömäisen luonteen vuoksi vähän poikkeava minulle tutusta muotoilun prosessista. Käytin paljon aikaa yksityiskohtien kehittämiseen asia kerrallaan, ja varsinaisen konsepti ei sisältänyt loppuvaiheilla enää kovinkaan paljon vaihtoehtoisia ajatuksia niin ulkonäöllisesti kuin toiminnallisestikaan. Asioita sovittiin ja lyötiin lukkoon jo paljon suunnitteluvaiheen alkupuolella, joten suurin ongelma oli saada sovitettua kaikki yhdeksi kokonaisuudeksi. Se puolestaan taas oli hieman enemmänkin mekaniikkasuunnittelun kaltaista ongelmanratkontaa, eikä siten aivan vahvinta osaamisaluetani. Sen vuoksi konseptointivaihe ei ole muotoilun näkökulmasta niin rikas kuin se parhaimmillaan on. Toisaalta käytettävyys ja kokonaisuuksien hallinta on suuri osa muotoilun perusajatusta pelkän ulkonäön ohella, joten työn sisältö ja ansiot eivät mielestäni ole kuitenkaan pelkissä teknisissä ratkaisuissa.

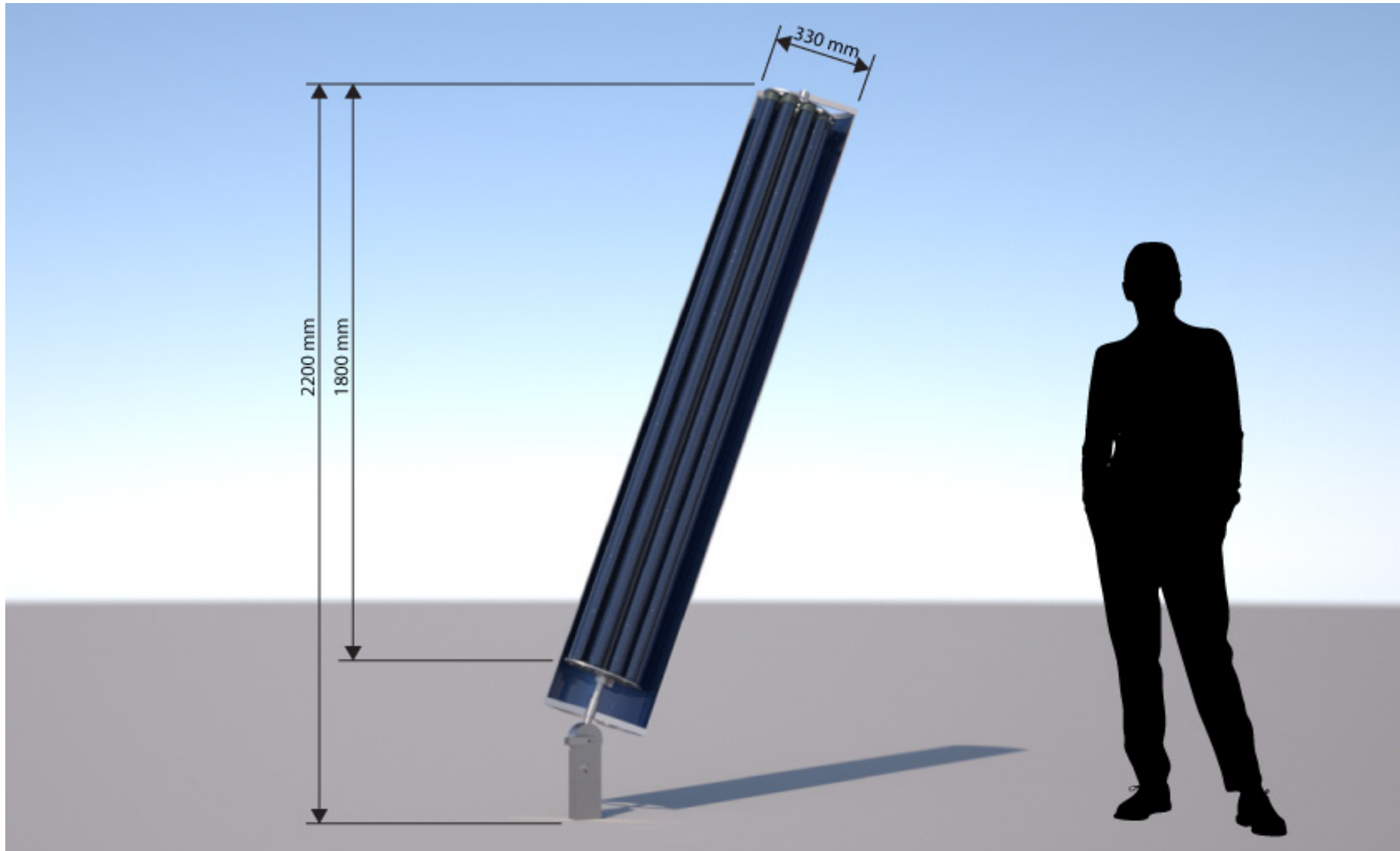
4.5 Lopullinen konsepti



Kuva 31. Tuotteen elinkaari.

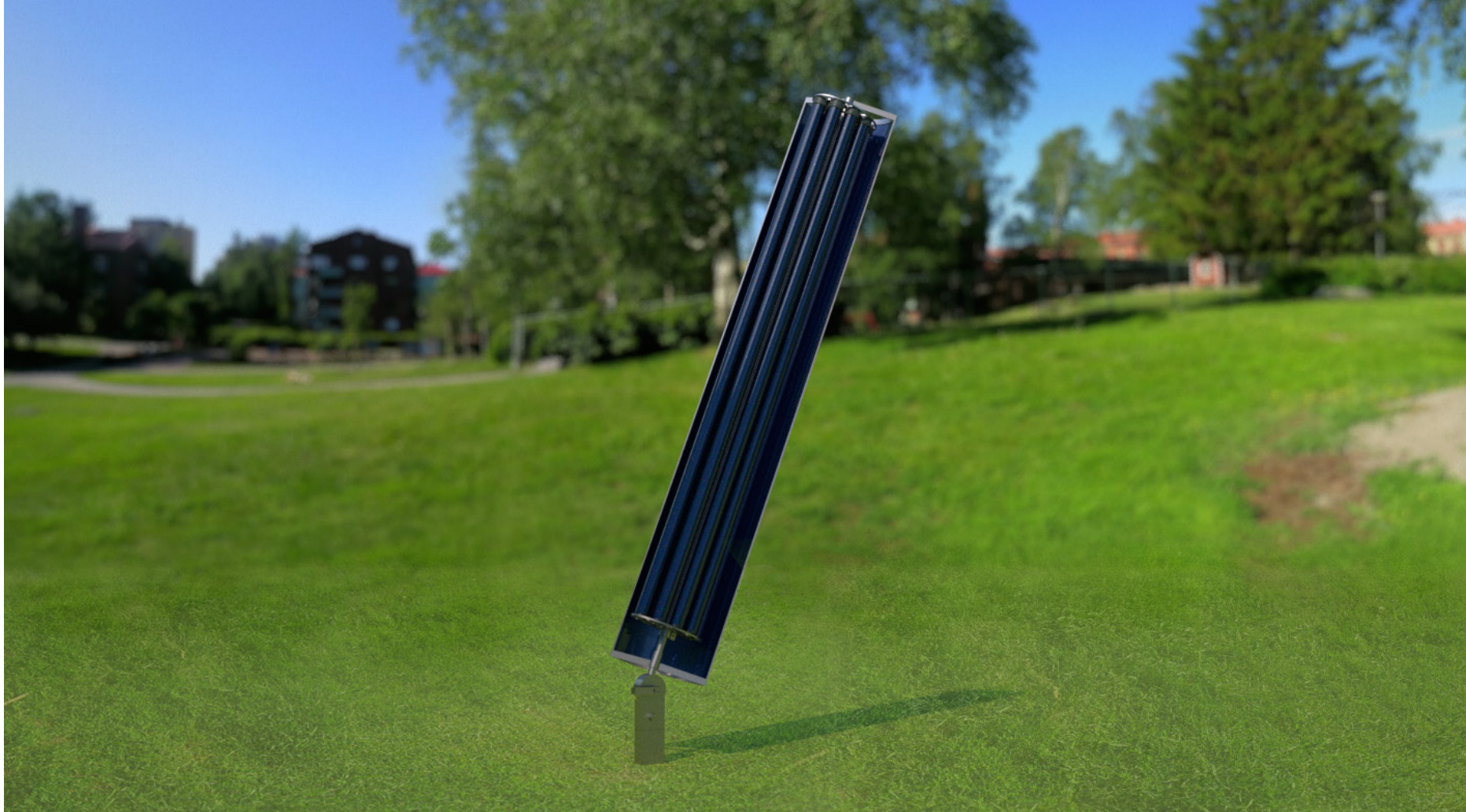
Kuvassa 31 näkyy tuotteen elinkaari vaiheittain. Se alkaa tuotteen valmistamisesta varastoon, jota seuraa ostopäätös ja kuljettaminen asennuspaikalle. Kuljettaminen on asiakkaan omalla vastuulla, mutta siitä voidaan tarvittaessa huolehtia myös jälleenmyyjän taholta, tarjottavista oheispalveluista riippuen. Kuljetuksen jälkeen on vuorossa keräimen asentaminen ja käyttöönotto. Se on pääsääntöisesti asiakkaan toteutettavissa, lukuun ottamatta mahdollista suurempaa maaperän muokkaamisen tarvetta. Talon sisäisiin järjestelmiin tarvitaan myös todennäköisesti ainakin LVI- ja sähköalojen ammattilaisia, jotta kytkennät tehdään oikein. Käyttöönoton jälkeisenä vaiheena on mahdollinen huolto esimerkiksi tyhjiöputken rikkouduttua tai järjestelmän vuosittainen puhdistus. Sen jälkeinen vaihe on tuotteen kierrätys: lasi lasinkeräykseen, metalli metallinkeräykseen, kumi kierrätyskeskukseen, mahdollinen keramiikka sekajätteisiin ja sähköjärjestelmän osat elektroniikan kierrätykseen. Laitteen osista siis suurin osa on kierrätyskelpoista materiaalia, eikä siitä jää merkittävästi hyödyntämiskelvotonta jätettä.

KONSEPTOINTI



Kuva 32. Aurinkoenergiakeräin.

Kuvassa näkyy keräin ilman ympäristöä päämittoineen ja 180 cm pitkän ihmishahmon kanssa sen kokoluokan hahmottamisen helpottamiseksi.



Kuva 33. Aurinkoenergiakeräin käyttöympäristössään.

Kuvassa on yleiskuva laitteesta mahdollisessa käyttöympäristössään omakotitalon takapihalla.

5 PÄÄTELMÄT

Keräimeen valikoitiin lopulta useita eri ominaisuuksia: koko laitteen teline, nivelmekanismi telineen säädölle, säädettävät ja vaihdettavilla osilla olevat putkitelineet, peilijärjestelmä moottorin, aurinkosensorin ja sähköä keräävän kalvon kera. Se täyttää siis alussa asetetun tavoitteen olemalla omavoimainen energiankeräysjärjestelmä, joka soveltuu sekä puskurijärjestelmän osaksi että itsenäiseksi energiantuotantoyksiköksi. Sen ulkomuoto eroaa markkinoilla olemassa olevista vaihtoehdoista, ja se on rakenteeltaan pilarimainen, jonka muodossa on otettu huomioon energian keräyksen tehostaminen. Työn lopputuloksen oli tarkoitus olla toimeksiantajan tarpeiden ja vaatimusten mukainen aurinkoenergiakeräin. Sen suunnittelussa piti ottaa huomioon laitteen kestävyys, suurpiirteinen hintaluokka sekä käyttäjälähtöisyys helpon ja turvallisen säädettävyyden suhteen. Tarkoituksena oli tehdä konsepti laitteesta, joka menisi jatkokehittelyyn Juras Oy:lle ja sen mahdollisille yhteistyökumppaneille. Ajattelin alun perin konseptin koostuvan käsin piirretyistä esityskuvista, 3D-malleista ja mahdollisesta pienoismallista. Käsin piirretyt esityskuvat ja pienoismalli kuitenkin olisivat venyttäneet työni valmistumista aiemmin esille tuomani ajanhallinnan ongelman vuoksi, joten ne jäivät pois työn lopputuloksesta. Työni ei siis edennyt prosessikaavion suunnitelman mukaisesti.

Työn negatiiviseksi puoleksi jäi puutteellinen muotoilun näkökulma varsinaiseen ulkonäön suunnitteluun. En saanut aiheesta irti niin paljon, kuin alun perin olin ajatellut. Haasteita aiheutti aiheen teknisyys monimutkaisine säätömekanismeineen, ja aurinkoenergia oli minulle täysin uusi aihe. Sen perustiedon tutkimiseen kului tarpeettoman paljon aikaa ja muotoiluun helposti sovellettavissa olevaa tietoa tuntui olevan saatavilla erittäin vähän. Harhauduin monesti etsimään tietoa, joka olisi todennäköisesti ollut hyödyllisempää energiatekniikan tutkijalle tai fyysikolle. Jouduin lopulta tekemään paljon itsenäisiä päätöksiä työni loppuun saat-

tamiseksi, koska en saanut aina tarpeeksi nopeita vastauksia toimeksiantajaltani. Toisaalta olin myös itse aiheuttanut paljon aikataulullisia paineita viivyttämällä joitain vaiheita työssäni ja jouduin siten, työn lopputuloksen laadun kustannuksella, tekemään paljon nopeita päätöksiä. Työni ei myöskään ole tutkimukseltaan välttämättä riittävän laaja, joten sen reliabiliteetti on tutkimuksellisuuden näkökulmasta hieman kyseenalainen. Pystyin kuitenkin mielestäni vastaamaan toimeksiantajan asettamiin haasteisiin vähintäänkin kohtuullisesti ja aikaansain toimivan kokonaisuuden.

Työn hyvänä puolena on se, että tämä toimi minulle muotoilijana erinomaisena herätyksenä: paikoilleen ei voi jäädä kiertämään kehää, vaan työhön täytyy hakea jatkuvasti uutta näkökulmaa ja uusia tietolähteitä. Tein virheitä myös aikataulun kanssa ja jätin asioita viime tintaan. Huomasin, ettei näin laajaa kokonaisuutta pysty hallitsemaan ilman tarkkaa aikatauluttamista ja todennäköisesti senkin kanssa olisi varauduttava joidenkin vaiheiden venymiseen. Koen siis kasvaneeni työni kautta muotoilijana ymmärtämään paremmin alan haasteita aikataulullisesti rajoitetuissa projekteissa, joissa en voi tukeutua muiden työntekijöiden apuun.

Jatkosuunnitteluun jätettiin peilin ohjausjärjestelmän tarkempi määrittely. Siihen täytyy löytää sopiva moottori, sensori, kondensaattori, niiden sijoittelu laitteessa ja ratkaista aurinkopaneelilta tulevien sähköjohtojen mekaanisen rasituksen estäminen peilin pyöriessä. Lisäksi kaikki tekniset yksityiskohdat täytyy käydä tarkemmin läpi yhteistyössä toimeksiantajan ja valmistavan tahon kanssa, jotta laite on ylipäätään valmistettavissa. Näihin kuuluvat muun muassa keskusputken ja peilin välinen mahdollinen laakerointi sekä yläosan nostokorvakkeen käytännön tarve laitteen huoltoa ja asennusta varten.

LÄHTEET

Anttila, P. 2005, Ilmaisun, Teoksen, Tekemisen ja TUTKIVA TOIMINTA. Hamina: AKATIIMI.

Erkkilä, V. 2003, Aurinkolämpöopas rakentajille ja suunnittelijoille. Jyväskylä: Gummerus.

Hirsjärvi, S.; Remes, P.; Liikanen, P. & Sajavaara, P. 1993. Tutkimus ja sen raportointi. Jyväskylä: Gummerus.

Hirsjärvi, S.; Remes, P. & Sajavaara, P. 2005, Tutki ja kirjoita. Helsinki: Gummerus.

Maykut, P.; Morehouse, R. 1994, Beginning Qualitative Research: A Philosophic and Practical Guide. London & Washington: The Falmer Press.

Schwarzenegger, A.; Petre, P. 2012, Total Recall. My Unbelievably True Life Story. Keuruu: Otava.

Muusikoiden.net 2013 . Viitattu 18.2.2013 <http://muusikoiden.net/keskustelu/posts.php?c=24&t=214832&oo=30&os=0>