

Toni Ihalainen

AURINKOKERÄIMEN KÄÄNTÖLAITE

AURINKOKERÄIMEN KÄÄNTÖLAITE

Toni Ihalainen
Opinnäytetyö
Kevät 2015
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, tuotantotalous

Tekijä: Toni Ihalainen
Opinnäytetyön nimi: Aurinkokeräimen kääntölaite
Työn ohjaaja: Helena Tolonen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2015 Sivumäärä: 31 + 8 liitettä

Työn tilaajana toimi yksityishenkilö, joka oli rakentamassa tontilleen kääntyvää aurinkokeräintä. Tilaaja oli jo tehnyt hyvät pohjatyöt aurinkokeräinlaitteiston suunnittelussa, joten opinnäytetyöhön kuului vain kääntömekanismin suunnittelu ja mitoitus. Työn tavoitteena oli laite, joka kääntää keräintä päivittäin auringon suunnan mukaisesti maaliskuulta lokakuulle auringonnoususta auringonlaskuun saakka. Lisäksi laite ei saanut olla liian kallis ja sen piti olla mahdollisimman omatoiminen.

Suunnittelutyö toteutettiin systemaattisen suunnittelun avulla ja kaikki suunnitteludokumentaatio kirjattiin muistiin. Voimansiirto toteutettiin ketjukäytöllä, voimanlähteenä käytettiin sähkömoottoria ja laitteen automatiikka toteutettiin logiikan ohjauksella. Työssä tehtiin kokoonpanolle piirustukset, voimansiirrolle mitoitukset ja logiikalle ohjelma. Lopputuloksena oli kääntyvä aurinkokeräin, joka sijaitsee 4 metrin korkuisen pilarin huipulla ja kääntyy auringon suunnan mukaisesti päivämäärän ja kellonajan perusteella.

Kirjallisuusselvityksessä tutkittiin aurinkoenergiaa energianlähteenä, hyödyntämismahdollisuuksia, yleisyyttä ja tulevaisuuden näkymiä. Auringosta tulee energiaa maanpinnalle paljon enemmän kuin sitä pystytään hyödyntämään. Suomessakin on hyvät mahdollisuudet aurinkoenergian hyödyntämiseen. Aurinkoenergiatekniikat ovat kehittyneet valtavasti viimeisen vuosikymmenen aikana, ja tulevaisuudessa voidaankin odottaa aurinkoenergian olevan yksi varteenotettavista energian tuotantomuodoista.

Lisäksi kirjallisuusselvityksessä tarkasteltiin aurinkolämpöä, sillä suunnittelutyö tehtiin aurinkokeräimelle. Suurimmat aurinkolämmön tuottaja-alueet ovat Kiina ja Eurooppa, jotka yhdessä kattavat yli 80 % maailman aurinkoenergiatuotannosta. Kotitalouksissa käytettävät aurinkokeräimet ovat yleisimmin tasokeräimiä tai tyhjiöputkikeräimiä. Tasokeräin on tyhjiöputkikeräintä halvempi vaihtoehto, mutta tyhjiöputkikeräimellä voidaan tuottaa 30 % enemmän aurinkolämpöä kuin tasokeräimellä. Kääntyvällä keräimellä tuotto voi olla jopa kaksinkertainen paikallaan olevaan keräimeen verrattuna.

Asiasanat: aurinkokeräimet, aurinkoenergia, tuotekehitys

ALKULAUSE

Haluan kiittää työn tilaajaa JAKK:n koulutusvastaavaa Martti Luiroa toimeksiantosta ja kaikesta avusta projektin aikana sekä OAMK:n lehtoria Helena Tolosta työn ohjaamisesta.

Oulussa 5.5.2015

Toni Ihalainen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 AURINKO ENERGIALÄHTEENÄ	9
2.1 Auringonsäteilyn määrä Suomessa	9
2.2 Aurinkoenergian hyödyntäminen	10
2.3 Aurinkoenergian tulevaisuus	11
3 AURINKOLÄMPÖ	12
3.1 Aurinkolämpö maailmalla	12
3.2 Aurinkokeräimen tekniikka	13
3.2.1 Tasokeräin	13
3.2.2 Tyhjiöputkikeräin	14
3.2.3 Kääntyvä aurinkokeräin	15
4 KÄÄNTÖLAITTEISTON SUUNNITTELU	16
4.1 Lähtötiedot	16
4.2 Luonnostelu	16
4.2.1 Vaatimuslista ja spesifikaatio	17
4.2.2 Abstrahointi	17
4.2.3 Kokonaistoiminto	18
4.2.4 Osatoiminnot	18
4.2.5 Ratkaisuvaihtoehtojen etsiminen osatoiminnoille	19
4.2.6 Osatoimintojen ratkaisujen yhdistäminen	21
4.2.7 Sopivan yhdistelmän valinta	22
4.3 Rakennesuunnittelu	23
4.3.1 Ketjukäytön mitoitus ja tehontarpeen määrittäminen	23
4.3.2 Geometriset mallit	23
4.4 Logiikka	23
5 YHTEENVETO	26
LÄHTEET	27

SANASTO

GW _{th}	Gigawatt thermal, lämpötehon yksikkö
kWh	kilowattitunti, energian yksikkö, joka vastaa megawatin tehoa tunnin ajan.
MW	megawatti, tehon yksikkö

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilaajana toimii yksityishenkilö, joka rakentaa tontilleen (liite 1) kääntyvää aurinkokeräintä. Ajatus pilarin päähän sijoitettavasta aurinkokeräimestä syntyi tilaajalle, kun keräimiä ei voitu sijoittaa talon katolle epäsuotuisan ilmansuunnan ja erinäisten varjostavien objektien vuoksi. Keräimet sijaitsevat 4 metrin korkuisen pilarin päässä, jolloin ne ovat talon yläpuolella ja suorassa yhteydessä auringonsäteilylle. Aurinkokeräimet ovat osa talon poistoilmapumppujärjestelmää. Keräinlaitteen paikka valikoitui talon koillisnurkkaan, koska nurkkahuoneessa sijaitsee keskus poistoilmapumpulle ja talon LVI-keskukselle.

Tilaaja halusi maksimoida keräimen tuoton keräimen kääntölaitteella. Kääntyviä keräimiä on markkinoilla vähän tarjolla. Lisäksi kääntyvät keräimet ovat kalliita, joten tilaaja päätti rakentaa laitteiston itse. Opinnäytetyötä aloitettaessa pilari oli jo pystytettynä ja aurinkokeräimien tukirunko koottuna. Ainoastaan kääntölaitteen voimansiirron komponenttien suunnittelu ja kokonpanon laatiminen tulivat toimeksiantona Oulun ammattikorkeakoululle.

2 AURINKO ENERGIALÄHTEENÄ

Aurinko on miljardeja vuosia vanha kaasupallo, joka koostuu suurelta osin vedystä ja heliumista. Auringon säteilemä energia syntyy fuusiossa, jossa neljä vety-ydintä ryhmittyy yhdeksi heliumytimeksi. Fuusioita tapahtuu joka sekunti, ja tässä ajassa 600 miljoonaa tonnia vetyä muuttuu 596 miljoonaksi tonniksi heliumia. Tästä jäljelle jäävä 4 miljoonaa tonnia massaa muuttuu energiaksi, joka säteilee avaruuteen suurienergisinä fotoneina. (1.)

Auringon teho maapallon pinnalla on noin $1\,360\text{ W/m}^2$, jota kutsutaan aurinkovakioksi. Jos aurinkovakion säteily määrä levitettäisiin tasaisesti maan pinnalle, saataisiin säteilytehoa 340 wattia jokaista neliometriä kohden. Todellinen luku on kuitenkin pienempi, sillä osa säteilystä absorboituu ilmakehään ja pilviin sekä heijastuu takaisin avaruuteen, joten todellinen säteilyteho maan pinnalla on noin 95 wattia neliometriä kohden. (2.)

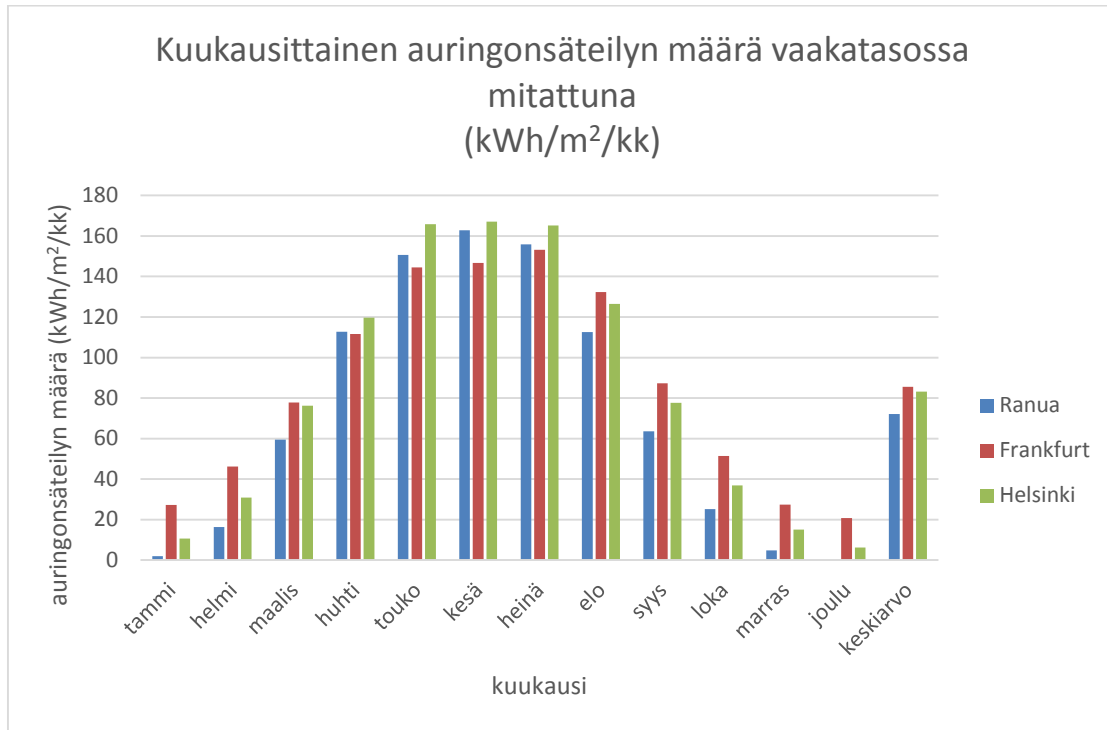
Ihmiskunnan tämänhetkinen kokonaisenergiatarve on noin 16 terawattia. Auringosta tulevan auringonvalon määrä on 120 000 terawattia, joten aurinkoenergiassa olisi vielä paljon käyttämätöntä potentiaalia. (3, s. 2.) Toisin sanoen tunnin aikana auringosta tulevalla energiamäärällä kattaisi koko ihmiskunnan vuotuisen energiankulutuksen (4).

2.1 Auringonsäteilyn määrä Suomessa

Suomessakin on hyvät mahdollisuudet aurinkoenergian hyödyntämiseen, sillä Suomessa maanpinta vastaanottaa keskimäärin noin 1 000 kilowattituntia auringonsäteilyä neliometriä kohden vuodessa (5). Vertailuna voidaan käyttää Euroopan suurimman aurinkoenergian tuottajamaan Saksan säteily määrää, joka on noin 1 000–1 200 kilowattituntia neliometriä kohden vuodessa (6).

Kuviosta 1 nähdään, että Suomessa haasteita tuo kausittainen auringontuotto, sillä Suomessa suurin osa aurinkoenergiasta saadaan huhti–elokuun aikana ja suurin tarve energialle on juuri talvikaudena. Suomen olosuhteissa talvikaudet eivät ole suotuisia aurinkoenergian hyödyntämiseen, mutta keväältä

aina syksyllä asti auringonsäteilyä on riittämiin. Helsingissä ja Frankfurtissa auringonsäteilyä saadaan lähes yhtä paljon ja jopa Ranualla Lapin maakunnassa päästään melkein samoihin lukemiin. (7.)



KUVA 1. Auringonsäteilyn määrän vertailua Suomen ja Saksan välillä (7)

2.2 Aurinkoenergian hyödyntäminen

Aurinkoenergiaa on hyödynnetty jossain määrin aina 1800-luvulta asti. 1960-luvulla aurinkoteknologiat otettiin käyttöön avaruusohjelmissa, ja 1970-luvulla energiakriisin vuoksi alettiin miettimään vaihtoehtoisia energialähteitä, jolloin aurinkoenergiaa alettiin tutkimaan enemmän. 1990-luvulla tekniikat kehittyivät nopeasti, ja 2000-luvulle tultaessa aurinkoenergian hyödyntäminen on kasvanut jatkuvasti. (8.)

Aurinkoenergia on turvallinen, saasteeton ja ehtymätön energiavara, jossa ai-noat luontoa kuormittavat tekijät syntyvät laitteiden teossa (9). Aurinkolaitteiden käyttöikä on usein huomattavan pitkä, sillä rakenteet ovat usein yksinkertaisia ja pienellä huoltamisella laitteiden toiminnallinen takuu-aika on yleensä noin 10–20 vuotta (10).

Erilaisia aurinkoenergian hyödyntämisen laitteita tulee kokoajan lisää tekniikan kehittyessä. Tällä hetkellä yleisimmät ovat aurinkokeräin ja aurinkopaneeli. Aurinkokeräin kerää aurinkolämmön talteen ja aurinkopaneeli muuttaa auringonsäteilyn sähköksi. Hyötysuhde aurinkokeräimellä on noin 25–35 prosenttia ja aurinkopaneelilla noin 15 prosenttia teknisen toteutuksen mukaisesti. (5.)

2.3 Aurinkoenergian tulevaisuus

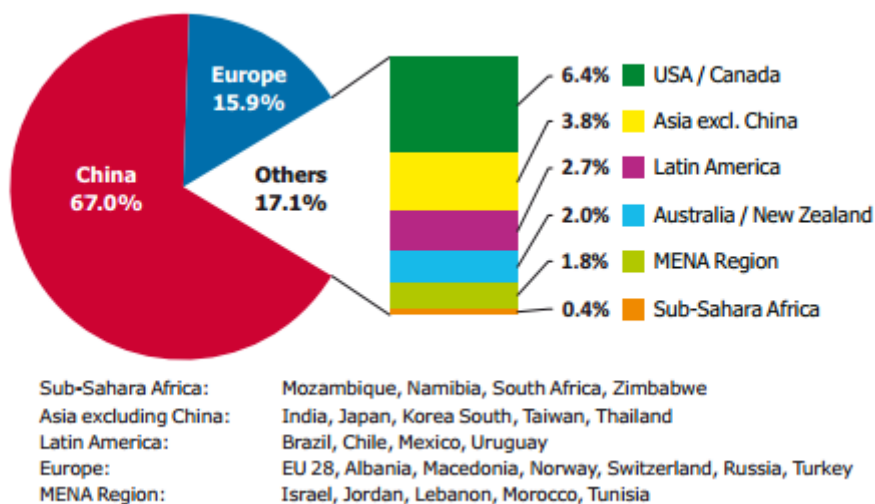
Tällä hetkellä suuresta potentiaalista huolimatta aurinkoenergiaa hyödynnetään verrattain vähän ja tekniikoissa on vielä paljon kehitettävää. Aurinkoenergiatekniikat ovat vielä uusi keksintö, sillä vasta 2000-luvulle tultaessa aurinkoenergian hyödyntäminen on yleistynyt huomattavasti (8). Brittiläinen analyysiyhtiö Global Data ennustaa, että aurinkosähkökapasiteetti kolminkertaistuisi vuosien 2013 ja 2020 välillä (11). International Energy Agency (IEA) arvioi raportissaan, että 27 % maailman sähköstä tuotettaisiin aurinkoenergialla vuoteen 2050 mennessä (12).

3 AURINKOLÄMPÖ

Auringosta tulevaa lämpöä voidaan hyödyntää passiivisesti tai aktiivisesti. Passiivinen hyödyntäminen on yksinkertaisimmillaan auringon lämmöstä nauttimista kesäaikaan. Aktiivista hyödyntämistä on aurinkolämmön talteenotto erilaisilla laitteilla kuten aurinkokeräimillä, jolloin se voidaan kohdistaa esimerkiksi rakennusten lämmittämiseen. (13.)

3.1 Aurinkolämpö maailmalla

Vuoden 2012 lopussa aurinkolämpökapasiteettia oli asennettu maailmalla noin 270 GW_{th}:n edestä, joka on noin 384,7 neliökilometriä keräinpinta-alaa. 83 % tästä sijaitsee Kiinassa ja Euroopassa. Kuvan 2 mukaisesti Kiina oli ylivoimainen aurinkolämmön tuottaja maailmassa vuonna 2013 tuottaen 180 GW_{th} aurinkolämpöä eli 67 % kaikesta tuotetusta aurinkolämmöstä maailmassa. Eurooppa toiseksi suurimpana alueena tuotti 15,9 % aurinkolämmöstä eli 40 GW_{th} aurinkolämpöä. (14, s. 8–10.)



KUVA 2. Maailman aurinkolämmön tuotto alueittain vuonna 2013 (14, s. 8–10)

Euroopan kokonaistuotanto oli vuonna 2013 hieman yli 30 GW_{th}. Saksan osuus oli noin 11,8 GW_{th} eli noin 39 % koko Euroopan tuotannosta. Suomessa aurinkolämmön tuotto on vähäistä, sillä EU:n alueella ainoastaan Baltian maissa tuo-

tetaan maakohtaisesti vähemmän aurinkolämpöä kuin Suomessa. Suomen tuotanto oli noin 28 MW_{th} eli vähemmän kuin 0,1 % koko maailman tuotannosta. (14, s. 8–10.)

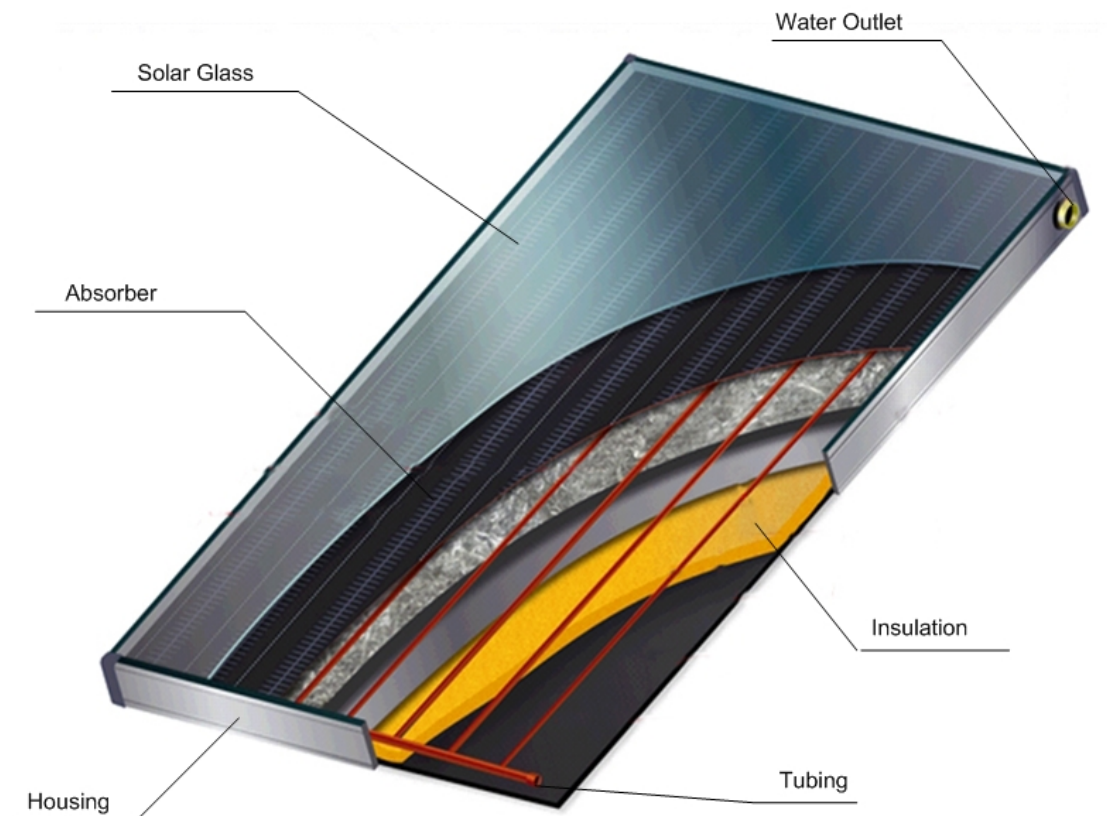
3.2 Aurinkokeräimen tekniikka

Kotitalouksissa aurinkolämpöä hyödynnetään yleisimmin aurinkokeräimillä. Aurinkolämmöllä pystytään lämmittämään huoneiston sisäilmaa tai asunnon käyttövettä. Suomessa hyvällä aurinkokeräimellä pystytään tuottamaan lämpöä noin 250–500 kWh jokaista keräineliötä kohden vuodessa, jolloin tyypillisellä 5–10 m² keräimellä vuotuinen lämmön tuotto on noin 1 500–5 000 kWh. Järjestelmästä riippuen tuotto vaihtelee, mutta parhaimmillaan aurinkokeräimellä pystytään kattamaan jopa 60 prosenttia matalaenergiatalon lämmityskustannuksista. (15.)

Kotitalouskäyttöisen aurinkokeräimen tekniikka on yksinkertaisimmillaan sitä, että altistetaan lämpöä keräävä putkisto auringon säteilylle. Putkiston sisällä kiertävä neste kuljettaa auringonsäteilystä saadun lämmön lämminvesivaraajaan lämmittäen näin käyttöveden vesivaraajan sisällä. Aurinkokeräin pystytään liittämään lähes minkä tahansa lämmitysjärjestelmän, kuten öljy-, sähkö- ja puulämmitteisen yhteyteen ja näin pienentämään vuotuisia talon lämmityskustannuksia. Aurinkokeräimet ovat pääasiassa tasokeräimiä tai tyhjiöputkikeräimiä. (16.)

3.2.1 Tasokeräin

Tasokeräin on aurinkokeräimistä yleisin. Tasokeräimen toiminta perustuu keruuputkistojen sisällä kulkevan nesteen lämmitykseen. Keruuputkistot, jotka yleisimmin ovat kuparia, on sijoitettu edulliseen kulmaan aurinkoon nähden. Tasokeräimessä on kuvan 3 mukainen rakenne, jossa keruuputkistojen ympärille on rakennettu hyvin lämpöä keräävää ja pitävää materiaalia, jolla edesautetaan lämmön talteenottoa. Systeemi suojataan erikoispinnoitetulla lasilla, joka paitsi läpäisee lämpösäteilyn hyvin, mutta kestää myös ulkoiset olosuhteet. Tasokeräimellä päästään noin 25 prosentin hyötysuhteeseen. (17.)

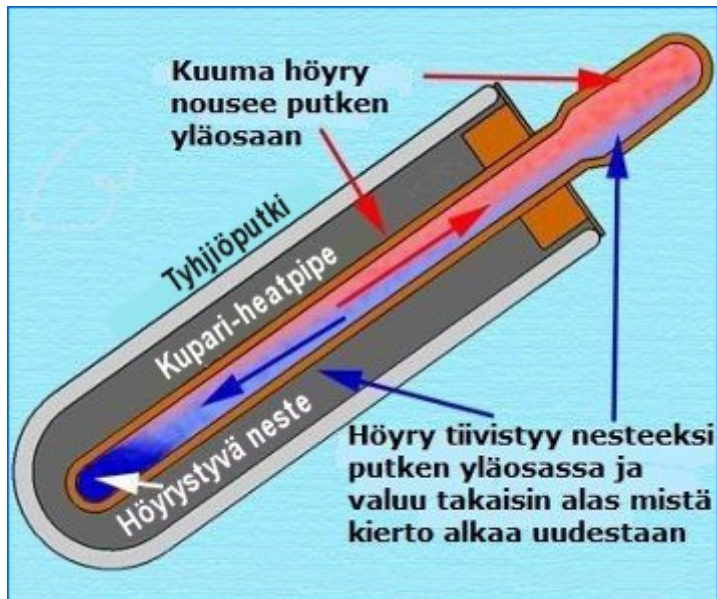


KUVA 3. Tasokeräimen rakenne (18)

3.2.2 Tyhjiöputkikeräin

Tyhjiöputkikeräin on tasokeräintä kalliimpi, mutta toiminnaltaan tehokkaampi ratkaisu. Tyhjiöputkikeräin kerää auringon hajasäteetkin talteen, jolloin se pystyy toimimaan tasokeräintä pidemmälle syksyllä ja aloittamaan aikaisemmin keväällä keräämisen, silloin kun pilvisiä ja sateisia päiviä on paljon. On arvioitu, että tyhjiöputkikeräin tuottaisi noin 30 prosenttia enemmän energiaa keräinliötä kohden kuin tasokeräin. Siinä missä tasokeräimen toiminta-aika rajoittuu huhtikuulta lokakuulle, tyhjiöputkikeräin pystyy toimimaan helmikuulta marraskuulle. (19.)

Tyhjiöputkikeräin on kuvan 2 mukainen rakenne, jossa keruuputkistoja ympäröi lasipintainen tyhjiö, joka toimii paitsi eristeenä, mutta päästää myös sisään tulevan säteilyn keruuputkistoille. Joissakin malleissa tyhjiöputken takana on heijastuspinta, jolloin lämpö saadaan kerättyä koko putkiston pinta-alalta. (20.)



KUVA 2. Tyhjiöputkikeräimen toimintaperiaate (20)

Tyhjiöputkikeräimessä aurinko lämmittää helposti höyrystyvää nestettä, joka höyrystyessään nousee putken yläosaan. Yläosassa kuuma höyry joutuu kosketuksiin jakotukissa kiertävään vesi-glykoliseokseen. Lämmön siirryttyä vesi-glykoliseokseen keräinneste laskeutuu takaisin putken alaosaan. (20.)

3.2.3 Kääntyvä aurinkokeräin

Keräimen tuottoa voidaan parantaa kääntölaitteistolla, joka kääntää keräintä akselinsa ympäri auringon liikettä mukaillen, jolloin keräin on koko ajan optimaalisessa kulmassa aurinkoon nähden. Suomessa kääntyviä aurinkokeräimiä on vähän tarjolla kaupallisesti.

Hannu Huumo Ky:n valmistaman kääntyvän aurinkokeräimen keskimääräinen tuotto keräinneliötä kohden vuodessa on noin 611 kWh (21). Vertailuna tavallisen paikallaan olevan keräimen vuosituotto keräinneliötä kohden on noin 330 kWh (22). Näin ollen kääntölaitteistolla voitaisiin lähes kaksinkertaistaa keräimen tuotto paikallaan olevaan keräimeen verrattuna.

4 KÄÄNTÖLAITTEISTON SUUNNITTELU

4.1 Lähtötiedot

Opinnäytetyön pohjana oli tarve aurinkokeräimen kääntölaitteelle. Kohteessa on aurinkokeräimellä varustettu poistoilmapumppujärjestelmä, ja työssä maksimoidaan keräimen hyöty lisäämällä keräimelle kääntölaite. Tilaaja oli jo hankkinut vaihdemoottorin, logiikkayksikön, sekä suunnitellut aurinkokeräinlaitteiston rakenteen voimansiirtoa lukuun ottamatta. Opinnäytetyössä tehtiin suunnittelussa tarvittavat laskennat sekä dokumentit kyseiselle voimansiirrolle. Työhön sisältyy liikkumamekanismin suunnittelu, logiikan ohjelmointi sekä lopullisen kokoonpanon laatiminen.

Aurinkokeräimen toiminta-aika on huhtikuusta lokakuuhun, joka päivä auringon noususta auringonlaskuun saakka. Toiminta-ajalla keräin aloittaa toimintansa auringon noustessa ja auringon laskiessa keräin kääntyy takaisin lähtöasentoonsa. Kesällä keräin on 120 asteen kulmassa maanpintaan nähden, ja talvella se käännetään 85 asteen kulmaan suojaan lumikuormalta.

4.2 Luonnostelu

Systemaattisen suunnittelun ensimmäinen vaihe on luonnostelu. Luonnosteluvaihe aloitetaan luomalla vaatimuslista tilaajan vaatimusten mukaan. Luonnosteluvaiheessa pyritään muotoilemaan ongelma mahdollisimman tarkasti luotujen rajojen sisälle, jolloin myöhemmässä vaiheessa suunnittelua vaatimukset ovat selkeät ja helposti nähtävillä. (23, s. 80.)

4.2.1 Vaatimuslista ja spesifikaatio

Vaatimuslistaan (liite 2) kerättiin kaikki lähtötiedoissa mainitut vaatimukset ja toivomukset, jotka tilaaja asetti työlle. Spesifikaatiossa (liite 3) vaatimukset muutettiin suureiksi. Lisäksi jokaiselle suurelle määriteltiin ylä- tai alaraja vaatimusten mukaisesti.

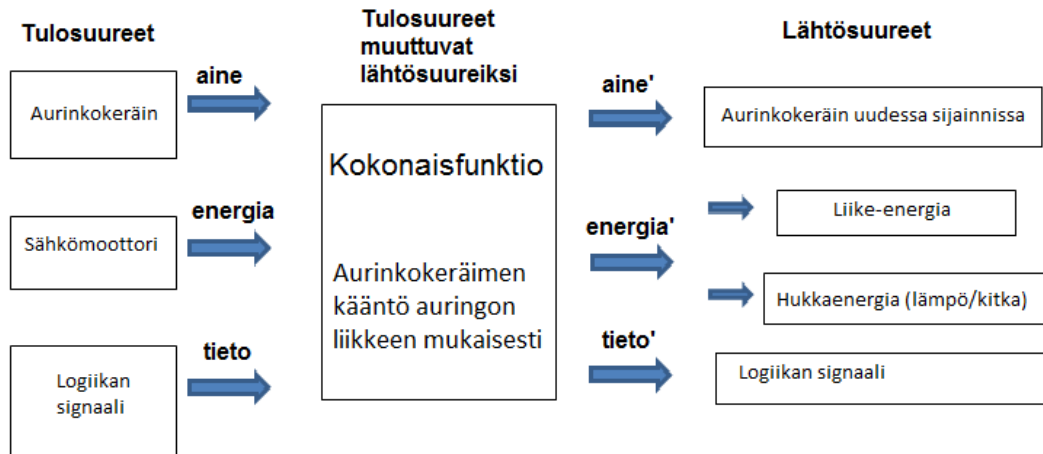
4.2.2 Abstrahointi

Abstrahoinnissa arvioidaan vaatimuslistan ja spesifikaation vaatimusten tärkeyttä varsinaiseen päätoimintoon. Abstrahoinnin tarkoitus on hahmottaa, mitkä ovat toiminnalle välttämättömiä vaatimuksia, mitkä vähimmäisvaatimuksia sekä mitkä ovat pelkästään toiveita, jotka eivät ole oleellisia laitteen ydintoiminnolle, mutta tuovat mahdollisesti lisäarvoa laitteelle. (23, s. 80–82.) Abstrahointitaulukko on liitteenä 4.

Lähtökohtana abstrahoinnille oli tilaajan asettama vaatimus: ”On suunniteltava ja mitoitettava keräimelle mekanismi, joka omatoimisesti kääntää 100 kg:n painoista ja 6 m²:n kokoista aurinkokeräintä auringon liikkeitä mukaillen. Laitteen tulee olla käytössä kesäaikaan 17 tuntia päivästä.” Tehtävänantoa muokkamalla mahdollisimman yksinkertaiseen muotoon saadaan esille laitteen ydintehdävä: ”On suunniteltava laite, joka tehostaa aurinkokeräimen toimintaa.”

4.2.3 Kokonaistoiminto

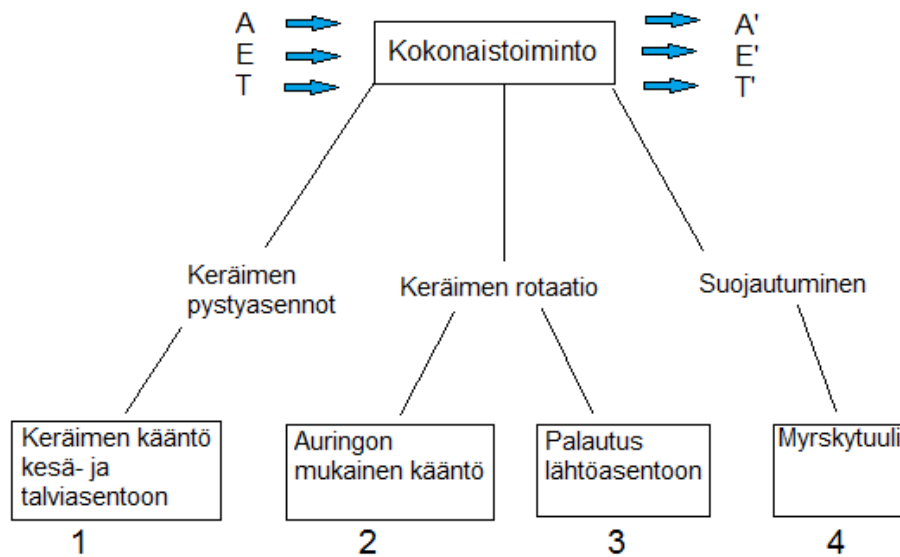
Kokonaistoiminto on muodollinen katsaus aurinkokeräimen kääntölaitteen suorittamasta tehtävästä. Kokonaistoiminto ei itsessään tuo suurta arvoa suunnittelulle, mutta se on apuväline tulevien osatoimintojen määrittämiseen. Kuvassa 5 kokonaistoiminto on jaettu tulosuureisiin ja lähtösuureisiin. Tulosuureista muodostuu kokonaisfunktio, joka saa aikaan lähtösuureet. (23, s. 83.)



KUVA 5. Aurinkokeräimen kääntölaitteen kokonaistoiminto

4.2.4 Osatoiminnot

Kuvassa 6 kokonaistoiminnoista on muodostettu osatoimintoja, jotka kääntölaitteen tulee suorittaa keräimelle.



KUVA 6. Aurinkokeräimen kääntölaitteen osatoiminnot

Ensimmäinen osatoiminto kattaa kausiasennon vaihtamisen, joka suoritetaan keväällä ja syksyllä. Toinen ja kolmas osatoiminto määrittää keräimen varsinaisen funktion, eli keräimen rotaatioliikkeen. Tähän sisältyy myös keräimen palautus lähtöasentoon päivän päätteeksi. Neljäs osatoiminto kattaa mahdollisen keräimen suojaamisen myrskytuulen varalta.

4.2.5 Ratkaisuvaihtoehtojen etsiminen osatoiminnoille

Ratkaisuvaihtoehdot osatoiminnoille 1

Keräin on kesän ajan optimaalisessa 120 asteen asennuskulmassa maanpintaan nähden. Talven tullessa keräin käännetään 85 asteen kulmaan maanpinnasta, jolloin se on turvassa lumikuormalta. Tilaaja oli jo suunnitellut mekanismin pystykallistukselle, joten sitä ei tarvinnut tässä työssä tehdä.

Ratkaisuvaihtoehdot osatoiminnoille 2 ja 3

Osatoiminnot 2 ja 3 ovat samaa rotaatioliikettä, jossa aurinkokeräintä kierretään akselinsa ympäri. Tilaajan hankkima vaihdemoottori suorittaa työn logiikkaohjelman avustuksella. Voimansiirtoelimeksi olisi voitu valita hammaspyöräpari tai ketju- tai hihnavälitys.

Ketjuvälitystä puoltaa hyvä 98 %:n hyötysuhde ja vakio välityssuhde. Lisäksi ketjukäyttöön on paljon standardiosia saatavilla (24, s. 223).

Hihnavälitystä käytetään kohteissa, joissa nopeudet ovat suuria ja joissa akselit ovat kaukana toisistaan. Myös hihnavälityksellä on suhteellisen hyvä 93–98 %:n hyötysuhde. Haittana on hihnan säännöllinen kiristäminen, joka vaatii erikoislaitteita. (24, s. 231.)

Hammaspyöräparia käytetään kohteissa, joissa voimaa siirretään mekaanisesti lyhyillä etäisyyksillä. Hammaspyöräratkaisun edellytyksenä on hyvä laatu komponenteissa nykimättömän toiminnan edellyttämiseksi. (24, s. 247–248.)

Ratkaisuvaihtoehdot osatoiminnoille 4

Spesifikaatiossa ilmoitettiin, että tuulennopeus ei saa ylittää 20 metriä sekunnissa, sillä tuulen aiheuttamat voimat voivat vahingoittaa laitteiston osia. Puuskittainen tuuli voi olla kaikista vahingollisin, sillä lyhyet, 5–10 sekunnin tuulenpuuskan nopeudet voivat ylittää 1,5–2-kertaisesti normaalin tuulen nopeuden. Puuskia esiintyy ukkospilvien aikaan ja kylmän rintaman jälkeen. Yli 25 m/s tuulet ovat harvinaisia, ja yli 30 m/s tuulet erittäin harvinaisia Suomen sisämaassa. (25.)

Suojautuminen olisi voitu hoitaa kääntämällä keräin pitkittäin tuulen suuntaan, mikä vähentäisi tuulenvastusta. Tämä olisi vaatinut tuulianturin tuulensuunnan havaitsemiseksi. Suojautuminen olisi voitu suorittaa myös pystysuunnassa kääntämällä keräin tuulenvastuksen vähentämiseksi vaakasuoraan maanpintaa nähden, jolloin järjestelmä olisi myös vaatinut tuulianturin sekä erillisen moottorin pystykallistukselle. Kolmas vaihtoehto oli mitoittaa rakenteet tarpeeksi tukeviksi, jolloin erillistä myrskysuojaa ei olisi tarvittu. Neljäs vaihtoehto oli sijoittaa jousi tai muu joustava nivel pilarin ja keräimen rungon väliin.

4.2.6 Osatoimintojen ratkaisujen yhdistäminen

Kaikki osatoiminnot ratkaisuvaihtoehtoinen kerättiin taulukkoon 1, eli niin kutsuttuun morfologiseen laatikkoon (23, s. 89). Työn tilaaja oli jo suunnitellut ratkaisun ensimmäiselle osatoiminnoille, joten siihen ei tarvinnut tarkemmin paneutua. Toinen ja kolmas osatoiminto ovat samaa keräimen rotaatioliikettä akselinsa ympäri, ensimmäinen myötäpäivään ja jälkimmäinen vastapäivään, joten ne suunniteltiin samalle voimansiirrolle. Neljännelle osatoiminnoille löytyi neljä potentiaalista vaihtoehtoa.

TAULUKKO 1. Osatoimintojen ratkaisuvaihtoehdot

Osatoimintojen ratkaisuvaihtoehdot				
Projekti: Aurinkokeräimen kääntölaite				
Tilaaja: Martti Luiri				
Laatija: Toni Ihalainen				
Päivämäärä: Kevät 2015				
Ratkaisuvaihtoehto→	1	2	3	4
Osatoiminto↓	1	2	3	4
1. Kesä- ja talviasennon vaihto	Lihassoima			
2. Auringon mukainen kääntö	Ketjuvälitys	Hihnavälitys	Hammaspyörästö	
3. Palautus lähtöasentoon	Ketjuvälitys	Hihnavälitys	Hammaspyörästö	
4. Myrskytuulelta suojautumisen	Keräimen kääntö pitkittäin tuuleen nähden	Pystykallistus	Joustava nivel	Tukeva rakenne

Seuraava tehtävä oli muodostaa vapaavalintaisesti mieleisiä yhdistelmiä osatoimintovaihtoehdoista (23, s. 90) (kuva 7). Ensimmäinen vaihtoehto oli ketjuvälitys voimansiirrolla ja tarpeeksi tukeva rakenne. Toinen vaihtoehto oli hammaspyörästö keräimen käännöllä pitkittäin tuuleen nähden. Kolmas vaihtoehto oli hammaspyörästö joustavalla nivelellä.

Osatoimintojen ratkaisuvaihtoehdot				
Projekt: Aurinkokeräimen kääntölaite				
Tilaaja: Martti Luiri				
Laatija: Toni Ihalainen				
Päivämäärä: Kevät 2015				
Ratkaisuvaihtoehto→	1	2	3	4
Osatoiminto↓	1	2	3	4
1. Kesä- ja talviasennon vaihto	Lihaskoiva			
2. Auringon mukainen kääntö	Ketjuvälitys	Hihnavälitys	Hammaspöyrästö	
3. Palautus lähtöasentoon	Ketjuvälitys	Hihnavälitys	Hammaspöyrästö	
4. Myrskytuulelta suojautuminen	Keräimen kääntö pitkittäin tuuleen nähden	Pystykallistus	Joustava nivel	Tukeva rakenne

KUVA 7. Osatoimintojen yhdistäminen vaihtoehtoiksi

4.2.7 Sopivan yhdistelmän valinta

Liitteen 4 taulukossa on esitetty kolmen yhdistelmän arviointia vaatimuslistassa esitettyihin vaatimuksiin. Yhdistelmien arviointi tehtiin pistearviointia käyttäen. Painokerroin g määrittää arvostelukriteerin painoarvon kussakin vaihtoehdossa ja arvosana W määrittää, kuinka hyvin vaadittu kriteeri toteutuu. Arvot kerrottiin painokertoimella, ja jokaiselle kriteerille saatiin painokertoimen ja arvosanan tulo gW . Näin saatiin pistevertilau vaihtoehtojen välille. (23, s. 94.)

Liitteen 4 taulukon mukaan vaihtoehto 1 oli suotuisin toteuttaa. Vaihtoehto 1 sai annetuilla arvostelukriteereillä tulokseksi $gW = 7,07$. Vaihtoehto 2 sai heikoimman tuloksen $gW = 6,35$ ja vaihtoehto 3:n tulos oli $gW = 6,59$. Tämän perusteella valittiin vaihtoehto 1 eli ketjuvälitys ja tukeva rakenne. Ketjuvälitystä puoltavat hyvä standardiosien saatavuus sekä huollettavuus. Lisäksi jälkikiristys voidaan tehdä käsin ja voiteluksi riittää alhaisilla nopeuksilla käsivoitelu. Mitoittamalla rakenne tukevaksi saadaan valmistuskustannukset pidettyä alhaisena.

4.3 Rakennesuunnittelu

Rakennesuunnitteluun kuului ketjukäytön mitoitus sekä geometrinen mallien ja logiikkaohjelman luonti. Rakennesuunnittelussa valittiin lopulliset komponentit laskelmien ja mallinnusten avulla.

4.3.1 Ketjukäytön mitoitus ja tehontarpeen määrittäminen

Ketjukäyttö mitoitettiin käytettävän pyörän tehontarpeen mukaan. Tarvittavat laskennat on esitetty liitteessä 7. Pienemmän eli käytettävän pyörän arvojen mukaan mitoitettuna ketjukäytöksi valittiin DIN 8187 -standardin mukainen ketju 16-B-1, jonka hammasjako p on 25,4mm. Ketjun nopeus $v = 0,3 \text{ m/s} < 1 \text{ m/s}$, joten voiteluksi riittää käsivoitelu. (24, s. 229–230.)

Moottorille tarvittiin moottoriohjain tarvittavan vääntömomentin saavuttamiseksi. Moottoriohjain säätää moottorin käynnistykseen kuluvaan aikaan suuremmaksi, jolloin keräimen kääntämiseen vaadittu vääntömomentti pienenee ja näin moottorin vääntömomentti riittää.

4.3.2 Geometriset mallit

Opinnäytetyöhön kuului osien mallintaminen ja kokoonpanon esittäminen. Osat ja kokoonpano on esitetty liitteessä 8. Mallinnus suoritettiin SolidWorks 2013 -ohjelmalla. Koko keräinlaitteiston kokoonpano on esitetty kolmessa osassa, joihin kuuluu pääkokoonpano (liite 8/1), keräimen rungon kokoonpano (liite 8/2) ja voimansiirron kokoonpano (liite 8/3). Lisäksi voimansiirron osat on eritelty erillisiksi piirustuksiksi liitteen 8 osissa 4–11.

4.4 Logiikka

Logiikan ohjelma laadittiin tilaajan vaatimusten ja toivomusten pohjalta. Logiikan tulot ja lähdöt on esitetty taulukossa 2. Lähdöt ovat logiikalle tulevia signaaleja, jotka saavat aikaan toiminnon ja tulot ovat lähtöjen aikaansaamia toimintoja. Parametrien positiotunnukset on myös ilmoitettu taulukossa 2. Parametreja muuttelemalla voidaan määrittää keräimen toiminta-aika auringonnousun ja lasun mukaan kullekin kuukaudelle. Ohjelma laadittiin Siemens Logo! Comfort v.7.0 -ohjelmalla ja ohjelma on esitetty liitteessä 6.

TAULUKKO 2. Logiikan positiotunnukset ja toiminnot

Positiotunnus	Toiminto
Lähdöt	
I1	Keräimen normaali toiminta
I2	Hätäseis
I3	Käsi käyttö myötöpäivään
I4	Käsi käyttö vastapäivään
Tulot	
Q1	Keräin myötöpäivään
Q2	Keräin vastapäivään
Parametrit	
B001	Päivittäinen toiminta-aika
B002	Vuosittainen toiminta-aika
B004	Tauon pituus ja moottorikäytön aika
B009	Keräimen palautus
B011	Paluuliikkeeseen vaadittu moottorikäytön aika

Logiikan ohjelmalle määritettävät parametrit määräytyvät suoraan auringon sijainnin mukaan. Taulukkoon 3 on kerätty Ranualla paikannetut auringon nousu- ja laskuajat sekä ilmansuunnat asteittain auringonnousulle ja laskulle kunkin kuukauden ensimmäiselle päivälle. Pohjoinen on nolla astetta ja asteluku kasvaa myötöpäivään kiertäessä. Taulukon 3 mukaan voidaan määrittää keräimen päivittäinen toiminta-aika kullekin kuukaudelle.

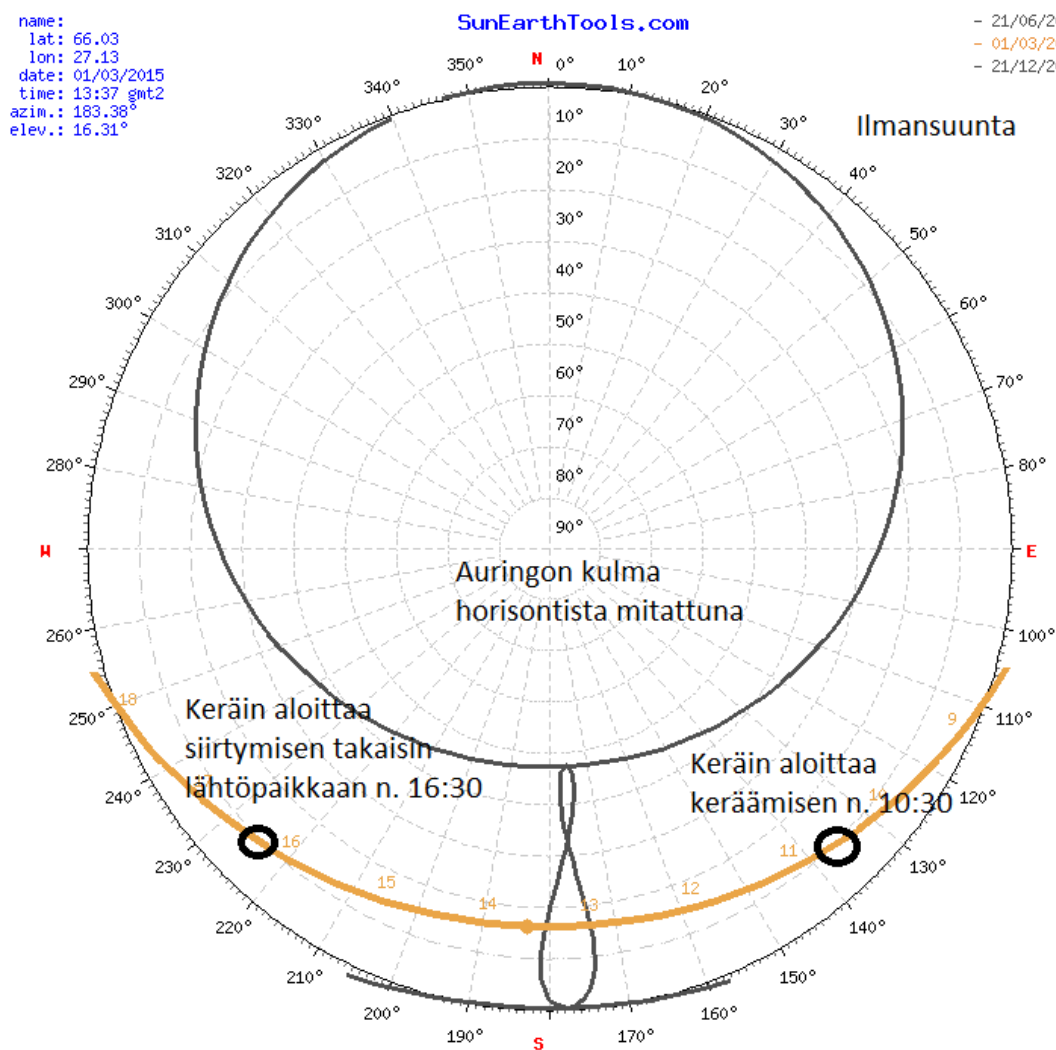
TAULUKKO 3. Auringon nousu- ja laskuajat sekä suunnat Ranualla (26)

Kuukausi	maa	huh	tou	kes	hei	elo	syy	lok
Auringonnousu	7:30	6:30	4:30	2:30	1:30	4:00	6:00	7:30
Auringon noususuunta** (°)	135	100	75	55	55	65	90	125
Aurinko yli 10° horisontista	9:30	7:30	5:30	5:00	5:00	5:00	6:30	8:30
Auringonlasku	17:30	20:00	22:00	0:00	0:50*	22:30	20:30	18:30
Auringon laskusuunta** (°)	245	255	285	305	305	285	265	235
Aurinko alle 10° horisontista	15:00	17:00	18:30	21:00	21:00	19:00	17:30	15:30
Keräämisaika (h)	5,5	9,5	13	16	16	14	11	7
Kääntökulma (°)	110	155	215	250	250	220	175	110

* aurinko laskee seuraavan vuorokauden puolella

** pohjoisesta mitattuna, kun aurinko yli 10° horisontista

Kuvassa 8 on esitetty maaliskuun 1. päivän auringon päivittäinen kierto. Keltainen kaari kuvaa auringon liikettä päivän mittaan taivaalla. Ulkokehällä on asteet ilmansuunnan määrittämiseen ja kuvion sisällä olevat asteet kuvaavat auringon sijaintikulmaa horisontista mitattuna. Kuvan 8 tapauksessa keräämisen aloitus asetetaan pisteeseen, jolloin aurinko on noin 135 asteen kulmassa pohjoiseen nähden kellon ollessa noin 10:30. Keräin seuraa aurinkoa pienin käännöin noin kello 16:30 asti, jolloin aurinko on noin 225 asteen kulmassa pohjoisesta, jonka jälkeen keräin palaa takaisin lähtöasemaansa.



KUVA 8 Auringon kiertorata Ranualla 1.3.2015 (26)

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä suunniteltiin aurinkokeräimen kääntölaite. Työssä haastavinta oli aiheen rajaus, sillä jokaisia toimintojen ja mekanismien yksityiskohtia olisi voitu hioa loputtomiin. Ongelmaksi oli koitua kääntömoottorin vähäinen teho, mutta siinäkin saatiin teho riittämään pitkittämällä käynnistysaikaa moottorihajauksella. Ketjumitoituksesta tuli mielestäni onnistunut, sillä osat ovat standardiosia ja kokonsakin puolesta ketjukäyttö istui hyvin kokoonpanoon. Lisäksi logiikan ohjelmasta olisi voinut tehdä vaikka kuinka yksityiskohtaisen lisäämällä antureita ja funktioita ohjelmaan, mutta pyrin pitämään sen mahdollisimman yksinkertaisena ja päätarkoitukseen sopivana.

Työ oli mieluinen ja selkeä, sillä tilaaja oli tutustunut jo aiemmin aiheeseen ja näin yhteistyö onnistui hyvin. Vaikeuksia työ ei juuri tuottanut, sillä työssä vaadittava osaaminen oli jo opetettu koulun kursseilla. Kaiken kaikkiaan opinnäytetyö oli sopivan vaativa ja mielenkiintoinen. On mielenkiintoista nähdä tulevaisuudessa, kuinka hyvin kääntölaite tehostaa keräimien toimintaa.

LÄHTEET

1. Auringon rakenne ja elinkaari. Ilmatieteenlaitos. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/rakenne-ja-elinkaari>. Hakupäivä 28.10.2014.
2. Aurinkovakio. Tähtitieteellinen yhdistys. Saatavissa: <http://www.astro.utu.fi/zubi/sun/solarc.htm>. Hakupäivä 5.2.2015.
3. Johnson, George 2015. Ehtymätön taivas. National Geographic. Suomi. Saatavissa: <http://natgeo.fi/tiede/energia/ehtymaton-taivas>. Hakupäivä 5.2.2015.
4. Purokuru, Pontus 2012. "Aurinko loppuu nykyvauhdilla vuonna 2450". Kansan Uutiset. Verkkolehti. 20.7.2012. Saatavissa: <http://www.kansanuutiset.fi/uutiset/kotimaa/2833870/?redirect=false>. Hakupäivä 5.5.2015.
5. Aurinkoenergia. 2014. Motiva. Saatavissa: http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia. Hakupäivä 30.10.2014.
6. Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries. 2006. Kartta. European Communities. Saatavissa: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmmaps/eu_opt/pvgis_Europe-solar_opt_publication.png. Hakupäivä 5.2.2015.
7. NASA Surface Meteorology and Solar Energy.2015. Atmospheric Science Data Center.NASA. Saatavissa: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/homer.cgi?email=skip@larc.nasa.gov>. Hakupäivä 14.4.2015.
8. Aurinkoenergian historia. 2015. Aurinkoenergia.fi. Saatavissa: <http://www.aurinkoenergia.fi/Info/154/aurinkoenergian-historia>. Hakupäivä 5.2.2015.

9. Tuuli- ja aurinkoenergia energialähteinä. Syke. Ilmasto-opas.fi. Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/83fa215b-3f3d-4b48-9456-ce3a5940e830/tuuli-ja-aurinkoenergia.html>. Hakupäivä: 6.2.2015.
10. Usein kysyttyä. 2008. Eurosolar.fi. Saatavissa: <http://www.eurosolar.fi/usein-kysyttya/?kysymys=4>. Hakupäivä 5.2.2015.
11. Virtanen, Sofia 2014. Tulossa aurinkosähkön 7 lihavaa vuotta? Maailmanlaajuinen kasvuennuste +200 %. Verkkoartikkeli. Tekniikka&Talous 25.11.2014. Saatavissa: <http://www.tekniikkatalous.fi/energia/tulossa+aurinkosahkon+7+lihavaa+vuotta+maailmanlaajuinen+kasvuennuste++200/a1031824>. Hakupäivä 21.10.2014.
12. How solar energy could be the largest source of electricity by mid-century. 2014. International Energy Agency. Saatavissa: <http://www.iea.org/news-roomandevents/pressreleases/2014/september/how-solar-energy-could-be-the-largest-source-of-electricity-by-mid-century.html>. Hakupäivä 30.10.2014.
13. Aurinkoenergia. 2015. Aurinkoenergiaa.fi. Saatavissa: <http://www.aurinkoenergiaa.fi/Info/23/aurinkoenergia>. Hakupäivä 14.4.2015.
14. Mauthner, Franz – Weiss, Werner 2014. Markets and Contribution to the Energy Supply. International Energy Agency. Saatavissa: <http://www.iea-shc.org/data/sites/1/publications/Solar-Heat-Worldwide-2014.pdf>. Hakupäivä 30.10.2014.
15. Aurinkoenergia - viisas valinta. Aurinkovoima. Saatavissa: <http://www.aurinkovoima.fi/fi/sivut/aurinkoenergia>. Hakupäivä 31.10.2014.
16. Aurinkokeräimet. 2014. Motiva. Saatavissa: http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo/aurinkokeraimet. Hakupäivä 30.10.2014.

17. Aurinkokeräin. 2015. Wikipedia. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Aurinkokeräin>. Hakupäivä 5.2.2015.
18. Anatomy of a Solar Flat Plate Collector. 2010. Kuva. Free Hot Water. Saatavissa: <http://www.freehotwater.com/solar-thermal-101-flat-plate-solar-collectors/>. Hakupäivä 30.10.2014.
19. Lahdenperä, Sauli 2011. Kokemuksia aurinkolämmitysjärjestelmistä. BIO-WAY-tiedonvälityshanke. Rovaniemen ammattikorkeakoulu. Saatavissa: http://www.lapinbiotie.fi/static/content_files/Lahdenpera_TTKemin-maa20122011.pdf. Hakupäivä 5.2.2015.
20. Aurinkolämpöjärjestelmän toimintaperiaate. Energia-Auringosta. Saatavissa: <http://www.energia-auringosta.fi/tuotteet/toimintaperiaate>. Hakupäivä 30.10.2014.
21. Kääntyvät aurinkokeräinlaitteet. Hannu Huumo Ky. Saatavissa: <http://www.huumo.fi/index.php/aurinkoenergia/kaantuvat-aurinkokerainlaitteet>. Hakupäivä 9.2.2015.
22. Teho ja tuotto. Aurinkokeräin. Ympäristöenergia. Saatavissa: <http://www.energiakauppa.com/Verkko-aurinkosaehkoe/Yleistae-aurinkolaemmoestae/Teho-ja-tuotto-1>. Hakupäivä 26.4.2015.
23. Tuomaala, Jorma 1995. Luova koneensuunnittelu. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.
24. Blom, Seppo – Lahtinen, Pekka – Nuutio, Erkki – Pekkola, Kari – Pyy, Seppo – Rautiainen, Hannu – Sampo, Arto – Seppänen, Pekka – Suosara, Eero 1999. Koneenelimet ja mekanismit. Helsinki: Oy Edita Ab.
25. Tuulet ja myrskyt. Ilmatieteenlaitos. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/tuulet>. Hakupäivä 9.2.2015.

26. Sun Position. Auringon paikantamistyökalu. SunEarthTools.com. Saatavissa: http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=en. Hakupäivä 5.5.2015.

LIITTEET

Liite 1 Tontin asemapiirustus

Liite 2 Aurinkokeräimen kääntölaitteen vaatimuslista

Liite 3 Aurinkokeräimen kääntölaitteen spesifikaatio

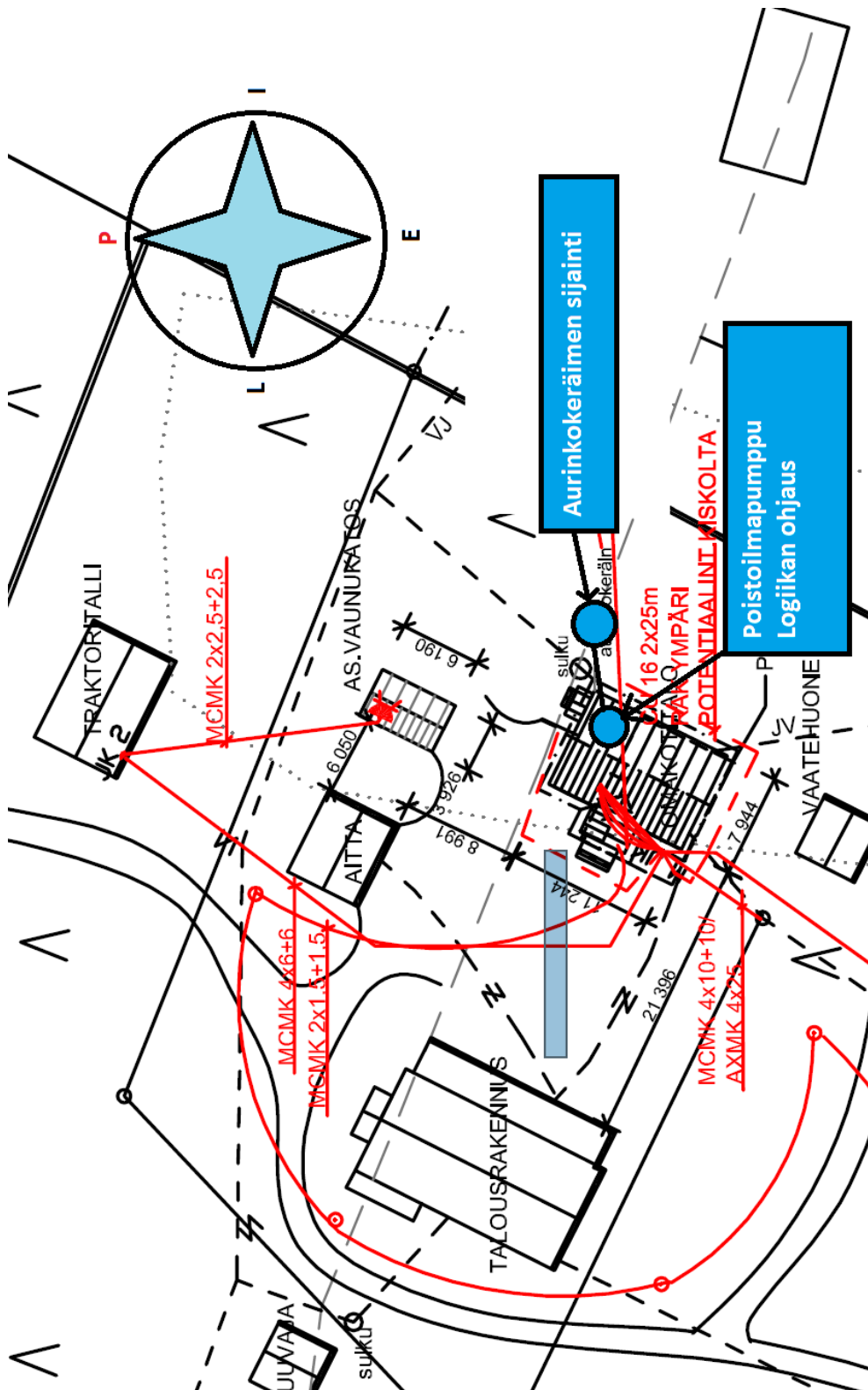
Liite 4 Aurinkokeräimen kääntölaitteen abstrahointitaulukko

Liite 5 Sopivan yhdistelmän valinta

Liite 6 Logiikan ohjelma

Liite 7 Ketjukäytön mitoitus

Liite 8 Aurinkokeräimen kääntölaitteen kokoonpano



Vaatimuslista aurinkokeräimen kääntölaite
Tilaaja: Martti Luro Laatija: Toni Ihalainen Päivämäärä: Kevät 2015 Vaatus:
1. Geometria
Tulee pystyä kääntämään aurinkokeräintä auringon mukaisesti Asennus maston huipulle keräimen läheisyyteen Laite suojassa sääolosuhteilta
2. Energia
Kääntö suoritetaan sähkömoottorilla Keräimen kesä- ja talviasentojen vaihto käsin
3. Aine
Materiaalien on kestettävä erilaisia sääolosuhteita. Materiaalien on kestettävä kovaa kuormitusta.
4. Turvallisuus
Kiinnitysmekanismit on oltava luotettavia. Myrskyssä keräimen kääntyminen suojaan Huoltaminen tulee olla turvallista.
5. Käyttö
Mahdollisimman omatoiminen Tuoton seuranta mahdollinen Ei saa olla liian kankeakäyttöinen.
6. Huolto
Yleinen huolto, kuten liikkuvien osien rasvaus
7. Asennus
Mahdollista asentaa ohjeiden mukaan

Spesifikaatio aurinkokeräimen kääntölaite

Tilaaaja: Martti Luiri

Laatija: Toni Ihalainen

Päivämäärä: Kevät 2015

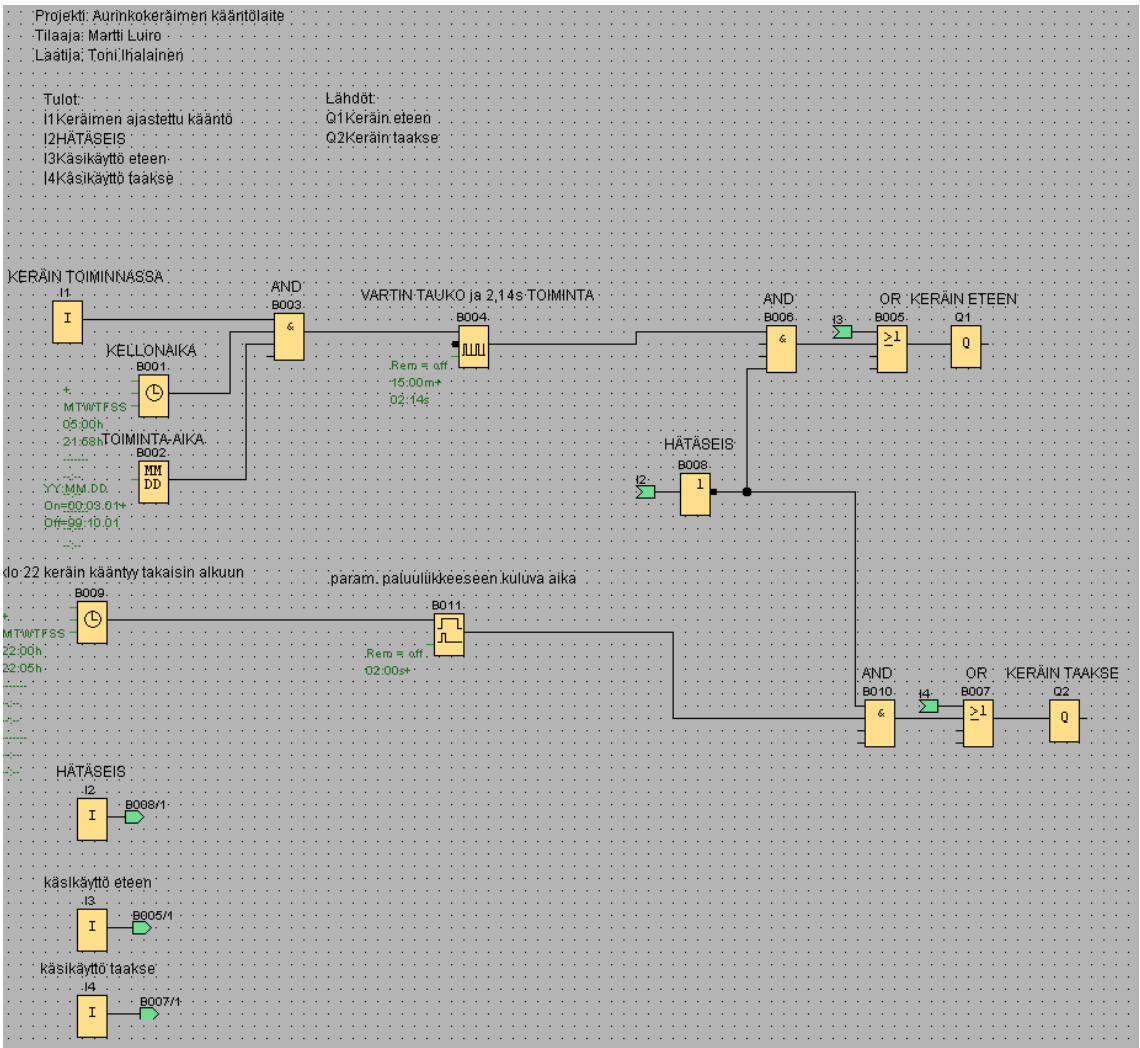
Numero	Mittari	Yksikkö	Arvo
1	Moottorin nimellinen vääntö	Nm	9
2	Maston korkeus	m	>4
3	Laitteen käyttöikä	vuosi v	>6
4	Kääntöjen määrä**	kpl	>75 000
5	Aurinkokeräimien määrä	kpl	3
6	Aurinkokeräimien yhteismassa	kg	100
7	Aurinkokeräimien pinta-ala	m ²	6
8	Keräimien toiminta-aika	vuosi	>6
9	Navan kantavuus	kg	≤3500
10	Lämpötilavaihtelut	°C	±50
11	Ilmankosteuden kesto	%	100 %
12	Tuulennopeus	m/s	>20
13	Kääntölaitteen valmistushinta	€	<4800

** Kääntöjen määrä on laskettu keräimelle annetun toimintatakuun perusteella.

$$\text{kääntöjen määrä} = 72kk * (12 - 6)kk * \left(\frac{17h}{0,25h}\right) = 74\,760$$

Abstrahointi aurinkokeräimen kääntölaite		
KV,VV, T	Vaatus:	Tärkeys
	1. Geometria	
KV	Laitteen tulee luotettavasti pystyä kääntämään 100kg painoista aurinkokeräintä auringon mukaisesti	xxx
T	Laitteen asennus maston huipulle keräimen läheisyyteen	
KV	Laite suojassa sääolosuhteilta	
	2. Energia	
KV	Laitteen sähkömoottorin tulee jaksaa kääntää 100kg painoista aurinkokeräintä auringon mukaisesti	
KV	Laitteen talvi- ja kesäasennon vaihto pystysuunnassa lihasvoimalla	
	3. Materiaali	
KV	Materiaalien kestävä erilaisia olosuhteita	
KV	Materiaalien kestävä kovaa kuormitusta	
	4. Turvallisuus	
KV	Kiinnitys mastoon tulee olla riittävän tukeva romahdusvaaran vuoksi	xx
KV	Kesä- ja talviasennon vaihdon suorittaminen tulee olla turvallista	
KV	Myrskylitä suojautuminen	
KV	Huoltamisen tulee olla turvallista.	
	5. Käyttö	
T	Laite on mahdollisimman omatoiminen	
T	Tuoton seuraaminen mahdollista	
T	Ei saa olla liian kankeakäyttöinen	
VV	Laitteen tulisi kestää vähintään 76000 kääntöä	x
VV	Laitteen tulisi kestää vähintään 6 vuotta	
	6. Huolto	
KV	Liikkuvien osien rasvaus	
	7. Asennus	
T	Mahdollista asentaa ohjeiden mukaan	
KV	Laitteen suunnittelu ja valmistuspiirrustukset tulee olla valmiita 31.4.2015 mennessä	
	8. Kustannus	
VV	Valmistuskustannukset vähemmän kuin 4800€	
	KV = Kiinteä vaatimus VV = Vähimmäisvaatimus T = Toivomus	

Sopivan yhdistelmän valinta																																			
Projekti: Aurinkokeräimen kääntölaite																																			
Tilaaaja: Martti Luiri																																			
Laatija: Toni Ihalainen																																			
Päivämäärä: Kevät 2015																																			
		Vaihtoehto 1		Vaihtoehto 2		Vaihtoehto 3																													
Arvostelukriteerit	Painokeroin g	Arvo W	Arvo gW	Arvo W	Arvo gW	Arvo W	Arvo gW																												
Aurinkokeräimen kääntö luotettava	0,15	8	1,2	8	1,2	8	1,2																												
Laite kestää Suomen olosuhteet	0,08	8	0,64	7	0,56	7	0,56																												
Kausiasennon vaihto helppo	0,04	9	0,36	9	0,36	9	0,36																												
Kausiasennon vaihto luotettava	0,06	9	0,54	9	0,54	9	0,54																												
Vähän kuluvia osia	0,06	8	0,48	7	0,42	7	0,42																												
Vähän ulkoisia häiriöitä	0,07	8	0,56	7	0,49	7	0,49																												
Korkea mekaaninen varmuus	0,1	8	0,8	6	0,6	7	0,7																												
Myrskysuojaus luotettava	0,1	9	0,9	8	0,8	8	0,8																												
Helppo käyttää	0,04	8	0,32	8	0,32	8	0,32																												
Turvallinen käyttää	0,08	8	0,64	8	0,64	8	0,64																												
Valmistushinta sallituissa rajoissa	0,07	9	0,63	6	0,42	8	0,56																												
Yhteensä	0,85	92	7,07	83	6,35	86	6,59																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Arvo W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>sopimaton</td> <td>6</td> <td>melko hyvä</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>puutteellinen</td> <td>7</td> <td>hyvä ratkaisu</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>vaikea ratkaisu</td> <td>8</td> <td>erittäin hyvä</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>hyväksyttävä</td> <td>9</td> <td>yli tavoitteen</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>riittävä</td> <td>10</td> <td>ideaali ratkaisu</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>tydyttävä</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>								Arvo W				0	sopimaton	6	melko hyvä	1	puutteellinen	7	hyvä ratkaisu	2	vaikea ratkaisu	8	erittäin hyvä	3	hyväksyttävä	9	yli tavoitteen	4	riittävä	10	ideaali ratkaisu	5	tydyttävä		
Arvo W																																			
0	sopimaton	6	melko hyvä																																
1	puutteellinen	7	hyvä ratkaisu																																
2	vaikea ratkaisu	8	erittäin hyvä																																
3	hyväksyttävä	9	yli tavoitteen																																
4	riittävä	10	ideaali ratkaisu																																
5	tydyttävä																																		
Arvo gW = W * g																																			



PYÖRIMISLIIKETTÄ VASTUSTAVIEN VOIMIEN LASKENTA

Rotaatioliikettä vastustavia voimia ovat tuulikuorma, hitausmomentti, kuormamomentti ja ilmanvastus.

Tuulikuorman laskenta

Rakenteen tuulelle altis korkeus: $z = 6\text{m}$

Tuulennopeuden perusarvo: $v_b = 21\text{ m/s}$ (1, s. 5)

Ilman tiheys: $\rho = 1,25\text{ kg/m}^3$ (2, s. 10)

Rakenteen mitat: korkeus $h = 2\text{ m}$
 leveys $d = 3\text{ m}$
 syvyys $b = 0,2\text{ m}$

Puuskannopeuspaine kaavalla 1 (2, s. 8).

$$q_{p(z,h)} = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 \quad \text{KAAVA 1}$$

$q_{p(z,h)}$ = Puuskannopeuspaine (N/m²)
 ρ = ilman tiheys (kg/m³)
 v_b = tuulennopeuden perusarvo (m/s)

$$q_{p(z,h)} = \frac{1}{2} \times 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \left(\frac{21\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 471\text{ N/m}^2$$

Kokonaistuulivoima, joka vaikuttaa keräimeen lasketaan kaavalla 2 (2, s. 13).

$$F_{w,k} = C_s C_d \times C_f \times q_{p(z,h)} \times A_{ref} \quad \text{KAAVA 2}$$

$F_{w,k}$ = kokonaistuulivoima (N)
 $C_s C_d$ = Rakennekerroin
 C_f = $NJ \times C_{,0}$ = voimakerroin
 A_{ref} = $h \times d$ = Tuulen projektiopinta-ala (m²)

Sivujen suhde d/b:

$$\frac{d}{b} = \frac{3}{0,2} = 15$$

Rakennusmuodon kerroin kuvasta 2 (2, s. 10):

$$C_{f,0} \approx 0,9$$

Päätevaikutuskerroin kuvasta 3 (2, s. 11):

$$N_J \approx 0,87$$

Voimakerroin kaavasta 3 (2, s. 10).

$$C_f = N_J \times C_{f,0}$$

KAAVA 3

$$C_f = 0,87 \times 0,9 = 0,783$$

Rakennekerroin (2, s. 11):

$$C_s C_d = 1,0$$

Tuulen projektiopinta-ala:

$$A_{ref} = h \times d = (2 \times 3) m^2 = 6 m^2$$

Kokonaistuulivoima keräimelle:

$$F_{w,k} = 1,0 \times 0,783 \times \frac{471 N}{m^2} \times (3 \times 2) m^2 = 2213 N$$

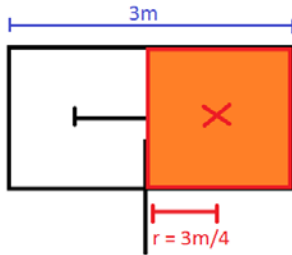
Tuulikuorman aiheuttaman vääntömomentin laskennassa voidaan ajatella kuvan 1 mukaisesti, että rotaatioliikettä vastustava tuulivoima vaikuttaa vain toiseen puoleen keräintä ja vastustavan voiman keskipiste sijoitetaan vastustavan pinta-alan keskipisteeseen, jolloin:

Voiman varsi (3):

$$r_{tk} = \frac{3m}{4}$$

Tuulikuorma (3):

$$F_{tk} = \frac{F_{w,k}}{2}$$



KUVA 1. Tuulikuorman aiheuttama momentti keräimellä

Tuulikuorman aiheuttama vääntömomentti:

Momentti (3):

$$M = r \times F$$

KAAVA 4

r = voiman varsi (m)

F = voima (N)

Tuulikuorman momentti kaavalla 4.

$$M_{tk} = r_{tk} \times F_{tk} = \frac{3m}{4} \times \frac{2213N}{2} = 830 Nm$$

Tarvittavan kokonaismomentin laskenta

Moottorilta keräimen liikuttamiseen tarvittava kokonaismomentti saadaan kaavasta

Kokonaismomentti kaavalla 5 (4, s. 278):

$$T = T_{red} + J_{red} \times \alpha$$

KAAVA 5

T	= Tarvittava kokonaismomentti (Nm)
T _{red}	= Redusoitu kuormamomentti (Nm)
J _{red}	= Redusoitu hitausmomentti (kgm ²)
α	= kulmakiihtyvyys (rad/s ²)

Tuulikuormaa ei ole huomioitu moottorin kokonaismomentin laskennassa.

Lasketaan hitausmomentit käytettävälle pyörälle, kuormalle ja toisioakselille.

Käytettävä pyörä (5):

$$J_{pyörä} = \frac{1}{2} \times m \times r^2 = \frac{1}{2} \times 200 \text{ kg} \times (0,42 \text{ m})^2 = 17,64 \text{ kgm}^2$$

Kuorma (5):

$$J_{kuorma} = \frac{1}{12} \times m \times l^2 = \frac{1}{12} \times 200 \text{ kg} \times (3 \text{ m})^2 = 150 \text{ kgm}^2$$

Toisioakseli:

Toisioakselille valitaan likimääräinen hitausmomentti.

$$J_{akseli} \approx 2 \text{ kgm}^2$$

Jokainen hitausmomentti redusoidaan kaavalla 6 (6):

$$J_{red0} = \frac{J_0}{i^2 \times \mu} \quad \text{KAAVA 6}$$

J_{red0} = reduced hitausmomentti
 J_0 = kappaleen hitausmomentti
 i = välityssuhde
 μ = hyötysuhde

Redusoidut hitausmomentit kappaleille kaavalla 6:

$$J_{redpyörä} = \frac{17,64 \text{ kgm}^2}{3^2 \times 0,98} = 2,0 \text{ kgm}^2$$

$$J_{redkuorma} = \frac{150 \text{ kgm}^2}{3^2 \times 0,98} = 17,0 \text{ kgm}^2$$

$$J_{redakseli} = \frac{2 \text{ kgm}^2}{3^2 \times 0,98} = 0,2 \text{ kgm}^2$$

Reducoitu kokonaishitausmomentti on hitausmomenttien summa (4, s. 278):

$$J_{red} = J_{redpyörä} + J_{redkuorma} + J_{redakseli}$$

$$J_{red} = (2,0 + 17,0 + 0,2) \text{ kgm}^2 = 19,2 \text{ kgm}^2$$

Kuormamomentti saadaan johdettuna kaavasta 7 (4, s. 277–278):

$$T_{red} = \frac{k \times m \times g \times l}{i} \quad \text{KAAVA 7}$$

T_{red} = kuormamomentti (Nm)
 k = kitkakerroin = $k_{\text{teräs-teräs}}$ ilman voitelua = 0,12
 m = massa (kg)
 g = painovoima = 9,81 m/s²
 l = akselin laakerin säde = 60 mm
 i = välityssuhde

$$T_{red} = \left(\frac{0,12 \times 200 \times 9,81 \times 0,06}{3} \right) \text{ Nm} = 4,7 \text{ Nm}$$

Käynnistykseen vaadittava aika saadaan johdettuna kaavasta 8 (4, s. 279):

$$t_s = \frac{J_{red} \times 2 \times \pi \times n_{moottori}}{3 \times (T_{av} - T_{red})} \quad \text{KAAVA 8}$$

t_s = käynnistysaika (s)
 J_{red} = redusoitu hitausmomentti (kgm^2)
 $n_{moottori}$ = moottorin nimellinen kierrosnopeus (1/s)
 T_{av} = moottorin käynnistysmomentti (Nm)
 T_{red} = kuormamomentti (Nm)

$$t_s = \left(\frac{19,2 \times 2 \times \pi \times 0,5}{3 \times (50 - 4,7)} \right) s = 0,44 s$$

Tarvittavaan kokonaismomentin määrittämiseen tarvitaan vielä kulmakiihtyvyys α , joka saadaan kaavasta 9 (6):

$$\alpha = \frac{\omega}{t_s} \quad \text{KAAVA 9}$$

ω = kulmanopeus (rad/s)
 t_s = käynnistysaika (s)
 Kulmanopeus ω saadaan kaavasta 10 (6):

$$\omega = 2 \times \pi \times n \quad \text{KAAVA 10}$$

ω = kulmanopeus (rad/s)
 n = kierrosnopeus (r/s)

Kulmakiihtyvyys α saadaan johtamalla kulmanopeuden kaava 10 suoraan kulmakiihtyvyyden kaavaan 9:

$$\alpha = \frac{2 \times \pi \times n}{t_s} = \left(\frac{2 \times \pi \times 0,5}{0,44} \right) \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} = 7,14 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

Tarvittava kokonaismomentti saadaan kaavalla 5:

$$T = T_{red} + J_{red} \times \alpha = 4,7 \text{ Nm} + 19,2 \text{ kgm}^2 \times 7,14 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} = 141,78 \text{ Nm} \approx 142 \text{ Nm}$$

Moottorin käynnistysmomentti t_s on vain 50 Nm, joten kokonaismomentti $T = 142 \text{ Nm}$ on liian suuri moottorille sellaisenaan. Säättämällä virransyötölle ramp-pia DC-moottoriohjaimella, saadaan käynnistysaikaa t_s pidemmäksi, jolloin moottorin teho riittää. Tarvittava kulmakihtyvyys saadaan muokkaamalla tarvittavan kokonaismomentin kaava 5 muotoon:

$$\alpha_t \leq \frac{(T_{moottori} - T_{red})}{J_{red}} \leq \frac{(50 - 4,7) \text{ rad}}{19,2 \text{ kgm}^2} \leq 2,359 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

Tarvittava käynnistykseen tarvittava aika saadaan muokkaamalla kaavaa 8 muotoon:

$$t_{sn} \geq \frac{2 \times \pi \times n}{\alpha_t} \geq \frac{2 \times \pi \times 0,5}{2,359} \text{ s} \geq 1,33 \text{ s}$$

Moottoriohjaimella, joka säättää käynnistykseen tarvittavaa aikaa suuremmaksi kuin 1,33s saadaan moottorilta tarpeeksi tehoa. Esimerkiksi robomaa.fi – sivulta löytyvä MD03 – 24V 20A H Bridge Motor Drive (7), jonka maksimivirta on 20A, on riittävä.

Vastustavista voimista muodostuva tehotarve P_2

Ketjuskäytön mitoituksessa tarvittava tehotarve P_2 saadaan kaavasta 11 (4, s. 228):

$$P = T \times 2 \times \pi \times n$$

KAAVA 11

T = kokonaismomentti (Nm)
n = pyörimisnopeus (1/s)

Vaadittu nimellisteho ketjuskäytölle, kun tuulikuorma on otettuna huomioon:

Vaadittu nimellisteho

$$P_{nim} = T \times 2 \times \pi \times n_2$$

$$P_{nim} = (830 + 142) \text{ Nm} \times 2 \times \pi \times \frac{0,5 \text{ r}}{3 \text{ s}} = 1,01 \text{ kW}$$

Ketjuskäytön mitoitus

Lähtötiedot:

Vaadittu nimellisteho:

$$P_{nim} = 1,01 \text{ kW}$$

Ketjun pyörimisnopeus:

$$n_1 = 30 \text{ rpm}$$

Alustava akselinväli:

$$a_0 = 600 \text{ m}$$

Valitaan pienemmän pyörän hammasluku z_1 sekä välityssuhde i (4, s. 225):

$$z_1 = 17 \text{ ja } i = 3,$$

$$\text{koska } i = \frac{z_2}{z_1}, \text{ niin } z_2 = i \times z_1 = 3 \times 17 = 51$$

Käyttökertoimen K_k arvo saadaan taulukosta 9.2 (4, s. 228):

$$K_k = 1,37$$

Hammasluku/välityssuhde-kerroin saadaan kaavasta 12 (4, s. 228):

$$k_{iz} = \left(\frac{19}{z_1}\right)^{1,085} \times \left(\frac{3}{i}\right)^{0,18} \quad \text{KAAVA 12}$$

k_{iz} = hammasluku/välityssuhde-kerroin
 z_1 = pienemmän pyörän hammasluku
 i = välityssuhde

$$k_{iz} = \left(\frac{19}{17}\right)^{1,085} \times \left(\frac{3}{3}\right)^{0,18} = 1,13$$

Laskentateho P_{lask} saadaan kaavalla 13 (4, s. 228):

$$P_{lask} = k_k \times k_{iz} \times P_{nim} \quad \text{KAAVA 13}$$

k_k = käyttökerroin
 k_{iz} = hammasluku/välityssuhde-kerroin
 P_{nim} = Vaadittu nimellisteho (kW)

$$P_{lask} = 1,37 \times 1,13 \times 1,01 \text{ kW} = 1,56 \text{ kW}$$

Valitaan pyörimisnopeuden n_1 ja laskentatehon P_{lask} mukaan DIN 8187:n mukainen rullaketju SKS:n esitteen sivun 52 taulukosta (8, s. 52):

Ketjun koko 16 B-1

Jako p saadaan SKS:n esitteen sivun 5 taulukosta (8, s. 5):

$$p = 25,4 \text{ mm}$$

Todellinen akseliväli kaavalla 14 (4, s. 225):

$$a = 20 \dots 80 \times p \quad \text{KAAVA 14}$$

a = akseliväli (mm)
 p = hammasjako (mm)

$$a = 25 \times 25,4 \text{ mm} = 635 \text{ mm}$$

Ketjun lenkkiluku m saadaan kaavasta 15 (4, s. 225):

$$m = \frac{2a}{p} + \frac{z_1+z_2}{2} + \left(\frac{z_2-z_1}{2\pi}\right)^2 \times \frac{p}{a} \quad \text{KAAVA 15}$$

m = ketjun lenkkiluku
 a = akseliväli (mm)
 p = hammasjako (mm)
 z_1 = pienemmän pyörän hammasluku
 z_2 = suuremman pyörän hammasluku

$$m = \frac{2 \times 635 \text{ mm}}{25,4 \text{ mm}} + \frac{17+51}{2} + \left(\frac{51-17}{2\pi}\right)^2 \times \frac{25,4 \text{ mm}}{635 \text{ mm}} = 84,0 \approx 84 \text{ lenkkiä}$$

Ketjun nopeus v ratkaistaan kaavalla 16 (4, s. 225):

$$v = p \times n_1 \times z_1 \quad \text{KAAVA 16}$$

$$v = \frac{25,4}{1000} \text{ m} \times \frac{30 \text{ r}}{60 \text{ s}} \times 17 = 0,216 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Koska ketjun nopeus $v \leq 1 \text{ m/s}$, ketjulle riittää käsivoitelu (4, s. 224).

Ketjukäytön mitoituksessa käytetyt lähteet

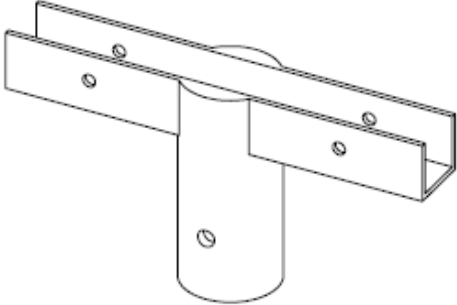
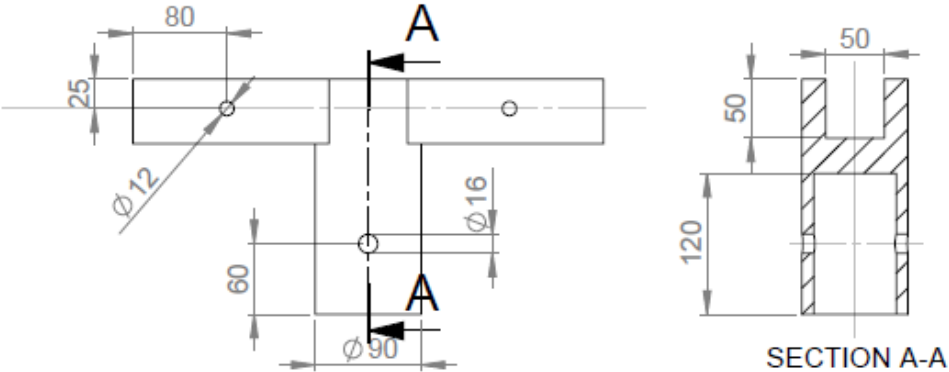
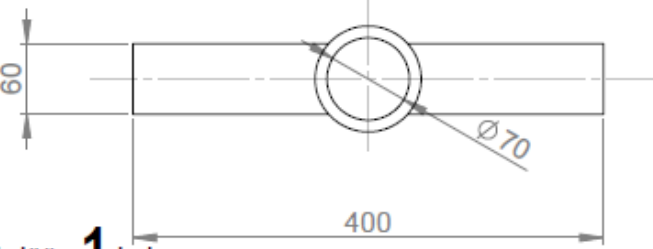



1. BES 2010 Laskentaesimerkki, Logistiikkarakennus. Betoniteollisuus ry. 2010. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/laskentaesimerkit?term=BES%202010%20Laskentaesimerkki,%20Logistiikkarakennus>. Hakupäivä 27.4.2015
2. Tuulikuormien eurokoodi-perusteinen laskentaohjelma. Luntinen, Jarmo. 2011. Opinnäytetyö. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/27362/Tuulikuormien%20eurokoodi-perusteinen%20laskentaohjelma.pdf?sequence=1>. Hakupäivä 27.4.2015
3. Keskustelu lehtori Huhtasen kanssa. OAMK . Päivämäärä 14.4.2015
4. Blom, Seppo – Lahtinen, Pekka – Nuutio, Erkki – Pekkola, Kari – Pyy, Seppo – Rautiainen, Hannu – Sampo, Arto – Seppänen, Pekka – Suosara, Eero 1999. Koneenelimet ja mekanismit. Helsinki: Oy Edita Ab
5. Hitausmomentti. Wikipedia. 2015. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Hitausmomentti>. Hakupäivä 28.4.2015
6. Tehonsiirtoelimet. Kone-elimet 2 kurssimateriaali. 2014. OAMK .
7. MD03 – 24V 20A moottorinohjain. Tekniset tiedot. Robomaa.fi. Saatavissa: http://robomaa.fi/index.php?route=product/product&product_id=1537&search=md03. Hakupäivä 5.5.2015
8. Wippermann vakio- ja erikoisketjut. SKS Group. Esite. Saatavissa: http://www.sks.fi/www/Content3D5A2C&id=Wippermann_vakio_ja_erikoisketjut. Hakupäivä 24.4.2015

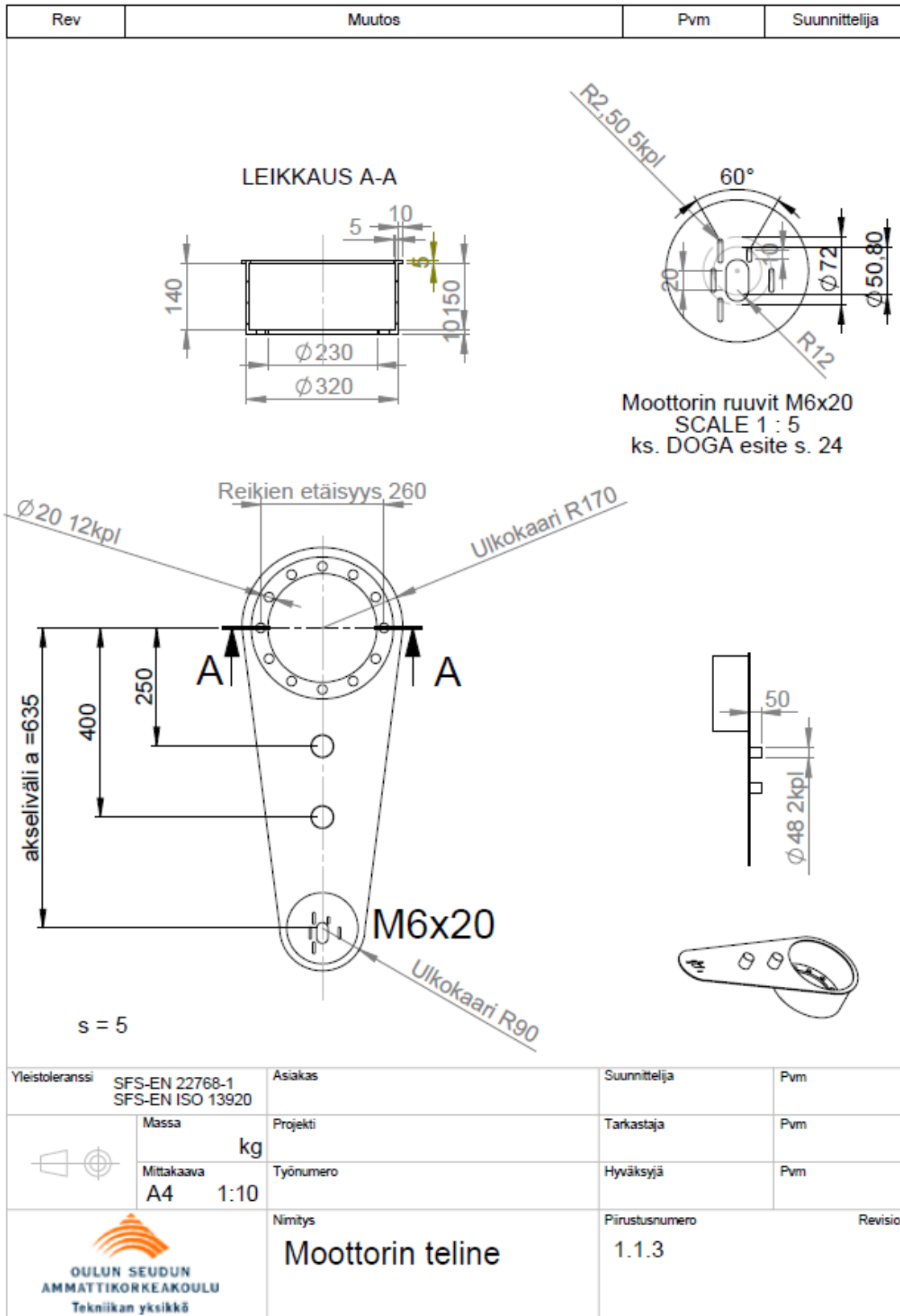
Rev	Muutos	Pvm	Suunnittelija
3	Voimansiirron kokoonpano	1.1	
2	Keräimen rungon kokoonpano	1.2	
1	Keräimen masto		
OSA	NIMITYS	PIIR. NO	
Yleistoleranssi	SFS-EN 22768-1 SFS-EN ISO 13920	Asiakas	Suunnittelija
	Massa	Projekti	Tarkastaja
	kg	Työnumero	Hyväksyjä
Mittakaava	A4 1:50		Pvm
<p>OULUN SEUDUN AMMATTIKORKEAKOULU Tekniikan yksikkö</p>	Nimitys	Pirustusnumero	Revisio
	Aurinkokeräimen kääntölaite		

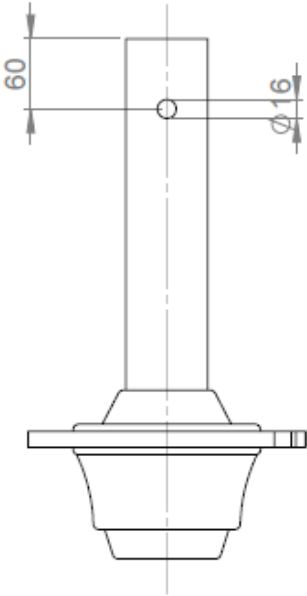


Rev	Muutos	Pvm	Suunnittelija			
12	Mutteri ISO 8674 M12x1,5		6			
11	Pultti ISO 4016 - M12x55x30		6			
10	Putkipalkki 60x40x4 L=780	60x40x4 L=780 (mm)	1			
9	Navan akseli 50x50 L=1510	50x50 L=1510 (mm)	1			
8	Navan laakeristo		2			
7	Navan korvake	200x120x8	2			
6	Työntövarren korvake	125x50x8	4			
5	Putkipalkki 60x40x4 L=500	60x40x4 L = 500 (mm)	1			
4	L-55x45x2,5znk L=3000	55x45x2,5 L = 3000 (mm)	2			
3	Putkipalkki 80x40x2 L=2920	80x40x2 L = 2920 (mm)	2			
2	Putkipalkki 80x40x2 L=1960	80x40x2 L = 1960 (mm)	2			
1	Putkipalkki 60x60x4 l=1050	60x60x4 L = 1050 (mm)	3			
OSA	NIMITYS	PIIR.NO	STANDARDI	MATERIAALI	MITAT	KPL
Yleistoleranssi	SFS-EN 22768-1 SFS-EN ISO 13920	Asiakas		Suunnittelija	Pvm	
	Massa	Projekti		Tarkastaja	Pvm	
	Mittakaava	Työnumero		Hyväksyjä	Pvm	
	A4 1:50	Nimitys		Pirustusnumero	Revisio	
	OULUN SEUDUN AMMATTIKORKEAKOULU Tekniikan yksikkö	Kokoonpano keräimen runko				

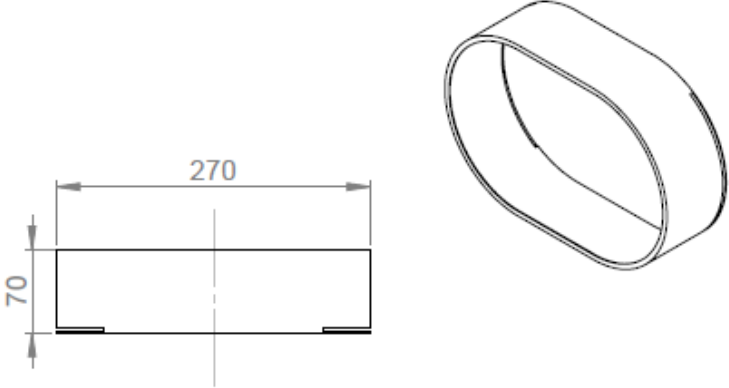
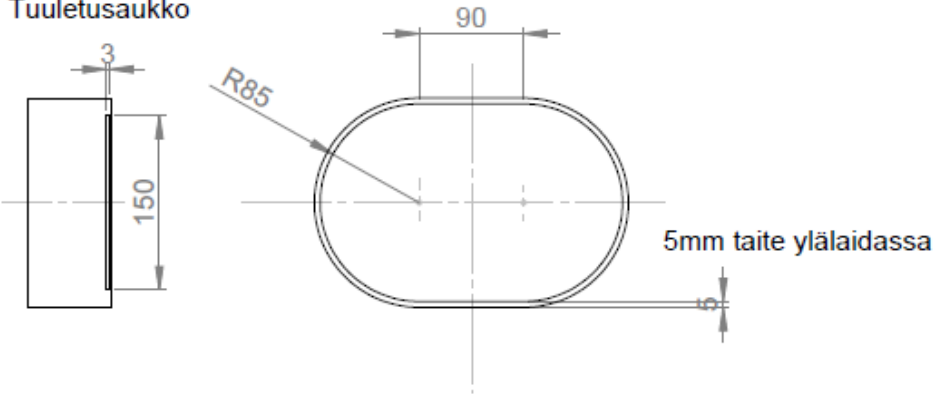


Rev	Muutos	Pvm	Suunnittelija			
10	Ketjusuoja	1.1.8				
9	Väliholkki	1.1.2				
8	Ketjupyörä 16B-1 z=51	1.1.8				
7	Ketjupyörä 16B-1 z=17	1.1.7				
6	Sovite ketjupyörälle z=17	1.1.7				
5	Moottorin kotelo	1.1.5				
4	Moottori DOGA 319					
3	IKH Traktorin napa	1.1.4				
2	Voimansiirron jalusta	1.1.1				
1	Moottorin teline	1.1.3				
OSA	NIMITYS	PIIR.NO	STANDARDI	MATERIAALI	MITAT	KPL
Yleistoleranssi SFS-EN 22768-1 SFS-EN ISO 13920		Asiakas		Suunnittelija		Pvm
	Massa	Projekti		Tarkastaja		Pvm
	Mittakaava	Työnumero		Hyväksyjä		Pvm
		Nimitys		Pirustusnumero		Revisio
		Voimansiirron kokoonpano		1.1		

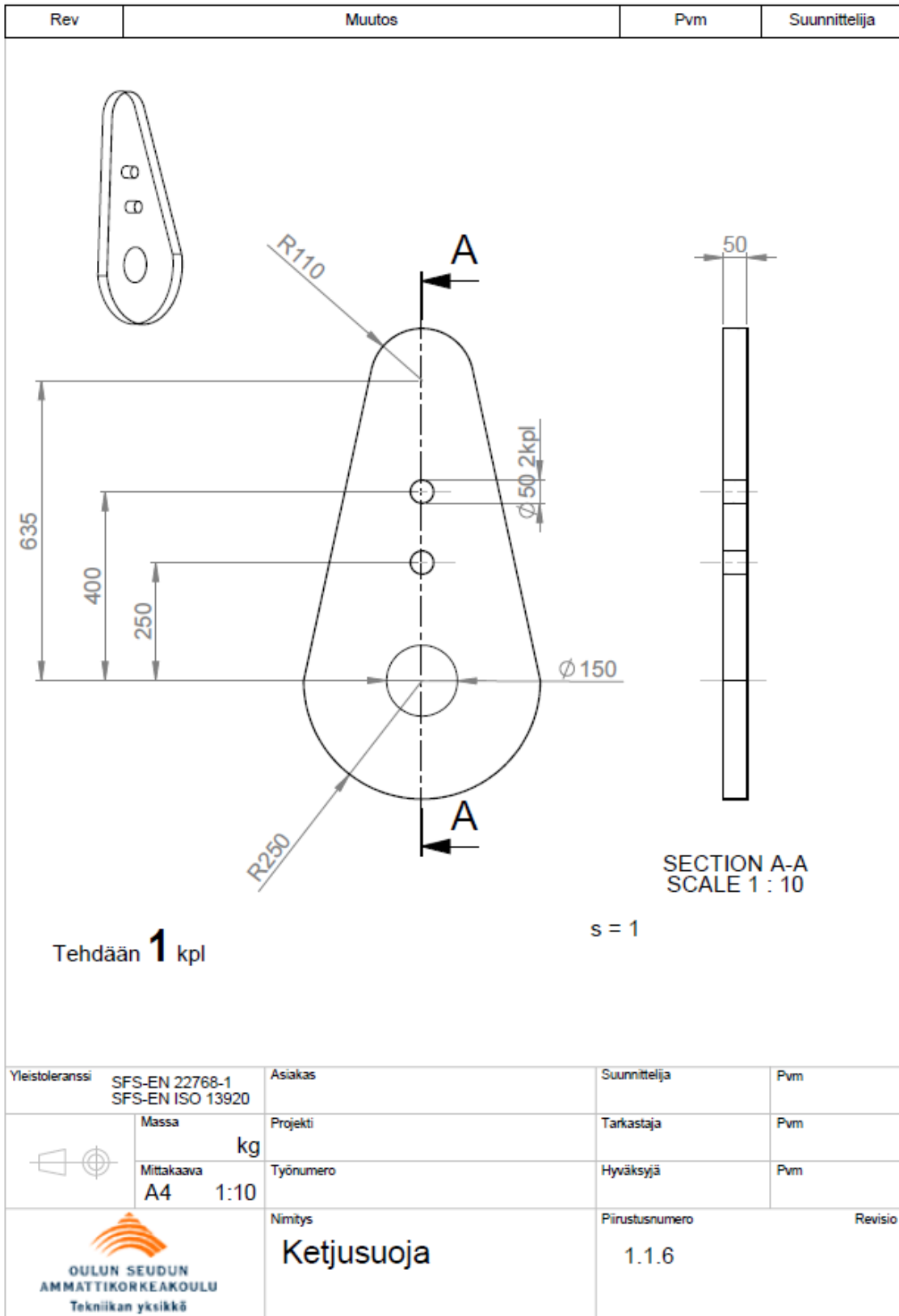
Rev	Muutos	Pvm	Suunnittelija
<p>Tehdään 1 kpl</p>			
Yleistoleranssi	SFS-EN 22768-1 SFS-EN ISO 13920	Asiakas	Suunnittelija
	Massa	Projekti	Tarkastaja
	Mittakaava	Työnumero	Hyväksyjä
<p>OULUN SEUDUN AMMATTIKORKEAKOULU Tekniikan yksikkö</p>	Nimitys	Piirustusnumero	Revisio
		Voimansiirron jalusta	1.1.1

Rev	Muutos	Pvm	Suunnittelija
			
			
			
<p>Tehdään 1 kpl</p>			
Yleistoleranssi	SFS-EN 22768-1 SFS-EN ISO 13920	Asiakas	Suunnittelija
	Massa kg	Projekti	Tarkastaja
	Mittakaava A4 1:5	Työnumero	Hyväksyjä
 <p>OULUN SEUDUN AMMATTIKORKEAKOULU Tekniikan yksikkö</p>	Nimitys Väliholkki	Pirstusnumero	Revisio
	1.1.2		

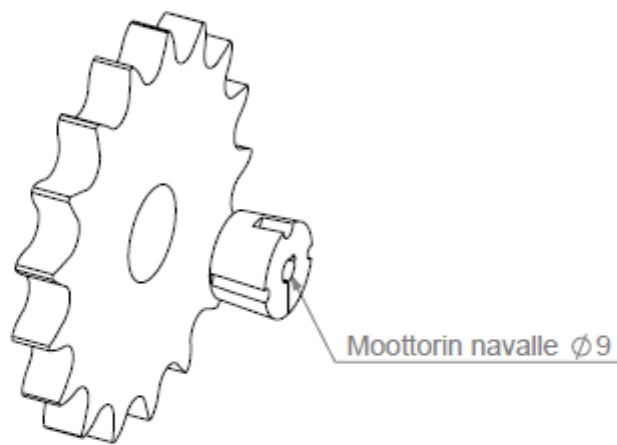


Rev	Muutos	Pvm	Suunnittelija
			
<p>Tehdään _____ kpl</p>			
Yleistoleranssi	SFS-EN 22768-1 SFS-EN ISO 13920	Asiakas	Suunnittelija
	Massa kg	Projekti	Tarkastaja
	Mittakaava A4 1:5	Työnumero	Hyväksyjä
	Nimitys Traktorin napa IKH	Pirstusnumero 1.1.4	Revisio

Rev	Muutos	Pvm	Suunnittelija
			
<p>Tuuletusaukko</p> 			
<p>Tehdään 1 kpl</p>		<p>s = 1</p>	
Yleistoleranssi	SFS-EN 22768-1 SFS-EN ISO 13920	Asiakas	Suunnittelija
	Massa	Projekti	Tarkastaja
	Mittakaava	Työnumero	Hyväksyjä
		Nimitys	Piirustusnumero
		Moottorin kotelo	1.1.5
			Revisio

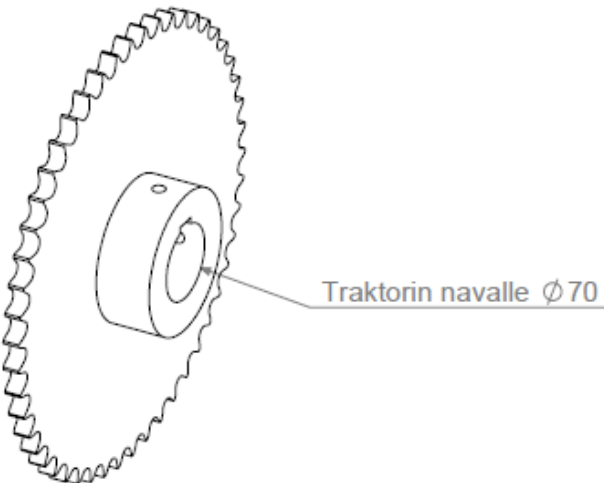




Rev	Muutos	Pvm	Suunnittelija
-----	--------	-----	---------------

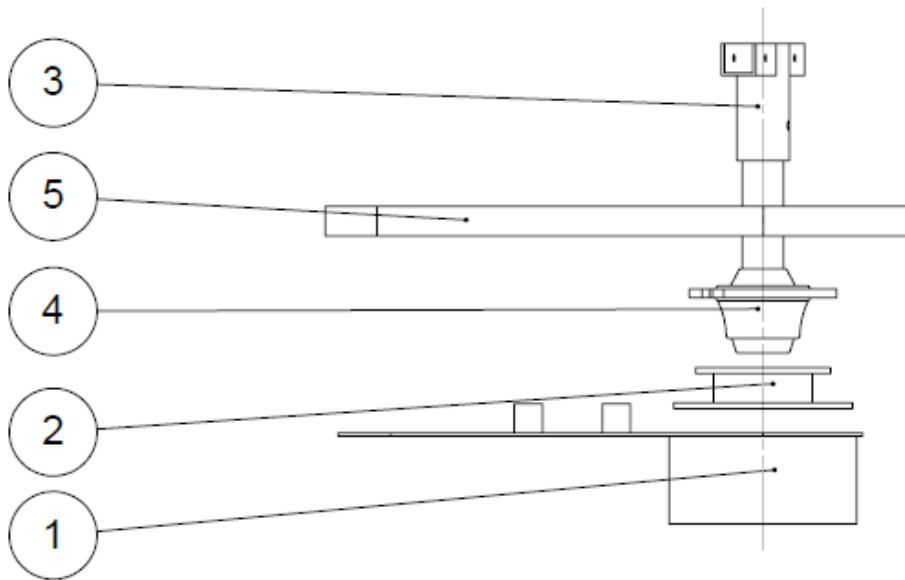


Tehdään kpl

Yleistoleranssi SFS-EN 22768-1 SFS-EN ISO 13920		Asiakas	Suunnittelija	Pvm
	Massa kg	Projekti	Tarkastaja	Pvm
	Mittakaava A4 1:2	Työnumero	Hyväksyjä	Pvm
<p>OULUN SEUDUN AMMATTIKORKEAKOULU Tekniikan yksikkö</p>		Nimitys Ketjupyörä 16B-1 z=17	Piirustusnumero	Revisio

Rev	Muutos	Pvm	Suunnittelija
			
<p>Tehdään _____ kpl</p>			
Yleistoleranssi	SFS-EN 22768-1 SFS-EN ISO 13920	Asiakas	Suunnittelija
	Massa	Projekti	Tarkastaja
	Mittakaava	Työnumero	Hyväksyjä
 <p>OULUN SEUDUN AMMATTIKORKEAKOULU Tekniikan yksikkö</p>		Nimitys	Piirustusnumero
		<p>Ketjupyörä 16B-1 z=51</p>	
			Revisio

Rev	Muutos	Pvm	Suunnittelija
-----	--------	-----	---------------



OSA	NIMITYS	PIIR.NO	STANDARDI	MATERIAALI	MITAT	KPL
5	Ketjusuoja	1.1.6				1
4	Traktorin napa IKH	1.1.4				1
3	Väliholkki	1.1.2				1
2	Voimansiirron jalusta	1.1.1				1
1	Moottorin teline	1.1.3				1

Yleistoleranssi SFS-EN 22768-1 SFS-EN ISO 13920		Asiakas		Suunnittelija		Pvm
	Massa	Projekti		Tarkastaja		Pvm
	Mittakaava	Työnumero		Hyväksyjä		Pvm
		Nimitys		Piirustusnumero		Revisio
		Kokoonpano räjäytyskuva		1.1		