

# OPETUSTILAN SÄHKÖSUUNNITTELU

Lotvonen Matti

Opinnäytetyö  
Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Insinööri (AMK)

2020

Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Matti Lotvonen	<b>Vuosi</b>	2020
<b>Ohjaaja</b>	Ins. (YAMK) Aila Petäjajarvi		
<b>Toimeksiantaja</b>	Koulutuskuntayhtymä OSAO		
<b>Työn nimi</b>	Opetustilan sähkösuunnittelu		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	57 + 31		

---

Tämän opinnäytetyön tilaajana toimii Koulutuskuntayhtymä OSAO. Opinnäytetyön tarkoituksena oli toteuttaa sähkösuunnitelma uusiutuvan energian oppimistilaan OSAOn Haukiputaan yksikköön. Projektin alkuvaiheessa opetustilaa alettiin kutsua energiakontiksi, koska tila rakennetaan aiemmin väistötilana toimineeseen luokkahuoneeseen, joka on koottu kolmesta parakista. Opetustilan sähköistyksessä haluttiin huomioida ekologisuus ja kestävä kehitys. Energiakontin sähköntuotanto toteutetaan aurinkosähköjärjestelmällä sekä pientuulivoimalalla. Kontin valaistus tullaan toteuttamaan led-valaisimilla ja sen yhteyteen haluttiin rakentaa sähköauton latauspiste.

Tässä työssä toteutettiin sähkösuunnitelmat energiakontin sähköntuotantojärjestelmille, valaistukselle sekä sähköauton latauspisteelle. Opinnäytetyö jakaantuu kahteen osaan, eli tietoperustaan ja toteutukseen. Tietoperustassa perehdyttiin uusiutuvan energian lähteisiin ja tuotantomuotoihin, ja siinä hyödynnettiin alan kirjallisuutta, ohjeita ja tutkimusartikkeleita. Kohteen sähkösuunnitelman toteutuksessa käytettiin alan voimassa olevia standardeja, asetuksia sekä ohjeistuksia.

Opinnäytetyön tuloksena kohteen sähkösuunnitelmat saatiin toteutettua toimeksiantajalle sovitussa aikataulussa. Opinnäytetyö antoi työn toteuttajalle hyvää kertausta sähkösuunnitteluun käytettävistä ohjelmistoista sekä mahdollisti tutustumisen sellaisiin standardeihin, joita ei ole aikaisemmin käsitelty.

Electrical and Automation Engineering  
Bachelor of Engineering

---

<b>Author</b>	Matti Lotvonen	Year	2020
<b>Supervisor</b>	Aila Petäjäjärvi, M.Sc.		
<b>Commissioned by</b>	Oulun seudun koulutuskuntayhtymä		
<b>Subject of thesis</b>	Electrical Plan for Teaching Facilities		
<b>Number of pages</b>	57 + 31		

---

This thesis was commissioned by OSAO Edu Ltd. The purpose of the thesis was to implement an electrical plan for teaching facilities of the renewable energy at OSAO's Haukipudas unit. At the early stages of the project, the teaching facilities began to be called an energy barracks. The space will be built in a classroom that used to be substitute premises, and it is made up of three barracks. In the electricity plan, the aim was to take ecological and sustainable development into account. The energy barracks electricity production will be implemented with solar power system and a micro wind turbine. The lighting of the barracks will be implemented with LED lights, and there will be built a charging station for an electric car also.

The thesis is divided into two parts, the knowledge base and the implementation. The theoretical part focuses on renewable energy sources and forms of production. The knowledge base utilized industry literature, guides and research articles. In the implementation of the electricity plan existing standards and regulations were used.

As a result of the thesis, the electrical plans were implemented within a set timeframe. The thesis gave the implementer a good overview of electrical design software, and gave an opportunity to get acquainted with standards that have not been dealt with before.

Key words

solar energy, wind power, electric car

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	AURINKOSÄHKÖ	10
2.1	Aurinko energialähteenä	10
2.2	Auringon säteily	11
2.3	Aurinkopaneelin toimintaperiaate	12
2.4	Aurinkopaneelin teho	14
2.4.1	Aurinkopaneelin teknisiä ominaisuuksia	15
3	TUULIVOIMA	17
3.1	Mitä tuuli on?	17
3.2	Tuulisuus Suomessa	18
3.3	Pientuulivoima	19
3.4	Pientuulivoimaloita	20
3.5	Asennuspaikka	21
3.6	Tuulisuuden mallintaminen	22
3.6.1	Keskimääräisen tuulennopeuden arviointi	22
3.6.2	Weibull-jakauma	23
4	SÄHKÖAUTON LATAUS	26
4.1	Lataustapa 1, mode 1	26
4.2	Lataustapa 2, mode 2	27
4.3	Lataustapa 3, mode 3	28
4.4	Lataustapa 4, mode 4	29
5	VALAISTUKSEN OHJAUS	30
5.1	DALI-järjestelmä	30
5.2	DALI-väylä	30
5.3	DALI-kaapelointi	31
5.4	DALI-topologia ja tehonsyöttö	32
5.5	DALI-käyttöönotto	33
6	SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHTA	34
6.1	Toteutuksen periaate	34
6.2	Käytettävät ohjelmistot	35
7	AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU	37

7.1	Aurinkopaneelin kytkentä ja mitoitus.....	37
7.2	Ylivirtasuojaus.....	40
8	TUULIVOIMALAN SUUNNITTELU.....	41
8.1	Tuulivoimalan masto.....	43
8.2	Tuulivoimalan kaapelointi.....	44
9	SÄHKÖAUTON LATAUSPISTEEN SUUNNITTELU .....	46
9.1	Vikavirtasuojat .....	48
9.2	Kaapelointi .....	49
10	VALAISTUSSUUNNITTELU .....	51
10.1	Luokahuoneen valaistusvoimakkuus .....	51
10.2	DALI-ohjelmointi .....	53
11	POHDINTA .....	54
	LÄHTEET .....	55
	LIITTEET .....	57

## ALKUSANAT

Aluksi haluan kiittää Koulutuskuntayhtymä OSAOn Lehtoria Kari Tuomelaa hyvästä työn ohjaamisesta ja neuvoista opinnäytetyö prosessin aikana. Suuri kiitos kuuluu myös opinnäytetyön ohjaaja toimineelle Aila Petäjäjärvelle työhön annettusta panostuksesta. Lisäksi haluan kiittää Koulutuskuntayhtymä OSAOn Haukiputaan yksikön koko rakentamisalaa kannustuksesta ja tuesta koko opiskeluaikanani ajan.

Eryityisesti haluan kiittää perhettäni, sekä ystäviä ja tuttaviam kannustuksesta ja ymmärtämisestä opiskeluni aikana. Ilman tätä panostusta opiskeluni olisi ollut miltei mahdotonta.

Oulussa 20.3.2020

Matti Lotvonen

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

AM	Air Mass. Ilmamassa
AGM-akku	Absorbent Glass Mat. Lyijyakku
BEV	Battery Electric Vehicle. Täyssähköauto
gPV	aurinkosähköjärjestelmien erikoissulake
HAWT	Horizontal axis wind turbin. Pysty akselinen tuulivoimala.
HEV	Hybrid Electric Vehicle. Hybridiauto, jota ei pysty lataamaan ulkopuolisesta lähteestä.
VAWT	Vertical axis wind turbin. Vaaka-akselinen tuulivoimala.
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle. Ladattava hybridiauto.
SELV	Safety extra low voltage. Sähköjärjestelmä, jossa jännite ei voi ylittää pienoisjännitettä.
Schuko	Saksalainen tuotenimi suojakosketinpistorasialle.
STC	Standard Test Conditions, standardoidut testiolosuhteet. Referenssiolosuhteet, joissa valosähköisten kennojen ja aurinkopaneelien ominaisuuksia testataan.
Wp	Huipputeho. Kertoo aurinkopaneelin tehon standarditesti olosuhteissa.

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilaajana toimii Koulutuskuntayhtymä OSAO, jonka konserniin kuuluvat OSAOn koulutusyksiköt, OSAO Edu Oy ja Virpiniemen liikuntaopisto. Koulutusyksiköt sijaitsevat Oulussa, Limingassa, Kempeleessä, Haukiputaalla, Muhoksella, Pudasjärvellä ja Taivalkoskella. OSAO on perustettu vuonna 1994 ja sen omistavat kahdeksan kuntaa, jotka ovat Hailuoto, Ii, Kempele, Liminka, Muhos, Oulu ja Tyrnävä. Koulutuskuntayhtymä OSAOn tehtävänä on järjestää jäsenkuntiensa puolesta OKM:n järjestämisluvan mukaista ammatillista koulutusta ja tutkintoja, sekä ylläpitää alueellista liikunnan koulutuskeskusta. (Kaleva 2020.)

Suomi kuuluu uusiutuvan energian käytössä Euroopan kärkimaihin. Tästä johtuen myös ammatillisessa koulutuksessa on entistä enemmän panostettava uusiutuvan energian käyttöön sekä ilmastoystävällisiin ratkaisuihin. OSAOlla on pysyvän lisätilan tarve Haukiputaan yksikössä ja uuden tilan tulisi valmistuttuaan toimia opetus- ja taukotilana. Lisätilan rakentamisessa halutaan huomioida ympäristövaikutukset, joten tila tullaan toteuttamaan mahdollisimman ympäristöystävällisillä ratkaisulla. Tilan rakentamisessa tullaan hyödyntämään aiemmin väistötilana toiminut luokkahuone, joka koostuu kolmesta yhteen liitetystä parakista. Jo projektin alkuvaiheessa parakeista rakennettua tilaa alettiin kutsua energiakontiksi, koska päivitetty nimitys kuvaa projektin tarkoitusta paremmin.

Energiakontin sähköistämisessä tullaan hyödyntämään uusiutuvan energian lähteitä. Sähköntuotannon lähteiksi kontille on valittu aurinkosähköjärjestelmä ja pientuulivoimala, joilla on tarkoitus tuottaa mahdollisimman paljon tilan käyttöön tarvittavasta sähköstä. Kontin valaistus toteutetaan nykyaikaisilla led-valaisimilla ja älykkäällä valaistuksen ohjausjärjestelmällä. Tilan on tarkoitus toimia tulevaisuudessa sähkö- ja automaatioalan opiskelijoiden oppimistilana, jossa opiskelijat pääsevät tutustumaan erityyppisiin ja nykyaikaisiin energiaratkaisuihin, joten kontin yhteyteen rakennetaan myös sähköauton latauspiste. Lähtökohtaisesti kohteen sähkösuunnittelun pääpaino oli energiakontin tuuli- ja aurinkoenergian sähköntuotannossa, mutta samalla haluttiin ottaa esille valaistukseen ja sähköauton lataukseen liittyvät asiat. Vaikka järjestelmät poikkeavat huomattavasti toisistaan,



ovat kaikki suunnitelmassa mukana olevat järjestelmät olennaisessa roolissa puhuttaessa ympäristöystävällisistä ja nykyaikaisista sähköjärjestelmistä.

Tässä työssä on tarkoituksena toteuttaa uusiutuvan energian opetustilan sähkösuunnittelu ja käydä läpi teoriassa työssä käytettävien laitteiden keskeisimmät toimintaperiaatteet sekä niiden sähköasennuksen keskeisimmät standardit ja määräykset. Työssä saavutetuilla suunnitelmilla energiakontin sähköasennukset voidaan toteuttaa ja ottaa käyttöön sähköalan opiskelijoiden toimesta.

## 2 AURINKOSÄHKÖ

Aurinkosähköjärjestelmien markkinat ovat kehittyneet viime vuosina voimakkaasti, minkä seurauksena järjestelmien hinnat ovat pudonneet roimasti. Aurinkosähköjärjestelmällä tuotettu sähkö on Suomessakin halvempaa kuin verkosta ostettavan sähkön hinta, eli niin kutsuttu verkkopariteetti on saavutettu. Järjestelmän omakustannushinta kilowattituntia kohden riippuu voimalan koosta, sijaintipaikasta, suunnasta, toimittajasta ja mahdollisista järjestelmän hankintaan myönnettävistä tukirahoista. Perussääntönä kuitenkin voidaan pitää järjestelmän tehoa, jonka kasvaessa omakustannushinta tuotetulle aurinkosähkölle kilowattituntia kohden pienenee. (Tahkokorpi 2016, 136.)

Viime vuosina aurinkosähköjärjestelmiin liittyviä säädöksiä on päivitetty vastaamaan tämän päivän tarpeita. Muun muassa pientuottajille on tullut mahdollisuus myydä tuottamaansa sähköä verkkoon, mutta nykyhinnoilla tämä ei ole vielä kovinkaan järkevää. Kannattavampaa on käyttää tuotettu sähkö omaan kulutukseen ja ohjata kulutusta niille tunneille, jolloin järjestelmä tuottaa sähköä. (Tahkokorpi 2016, 136.)

### 2.1 Aurinko energialähteenä

Nykytietämyksen mukaan Aurinko on kaasupallo, jonka ulkokuoren muodostaa pääasiassa vety (75%) ja helium (25%). Auringon spektrianalyysin mukaan lopuosan Auringon kuoresta muodostavat natrium, rauta, kalsium, magnesium, nikkeli, bariumia, kupari, typpi ja hiili. Lisäksi spektrianalyysin tuloksista selviää, että Auringossa on maapallolle tuntemattomia kemiallisia yhdisteitä. (Lehto ym. 2017, 11.)

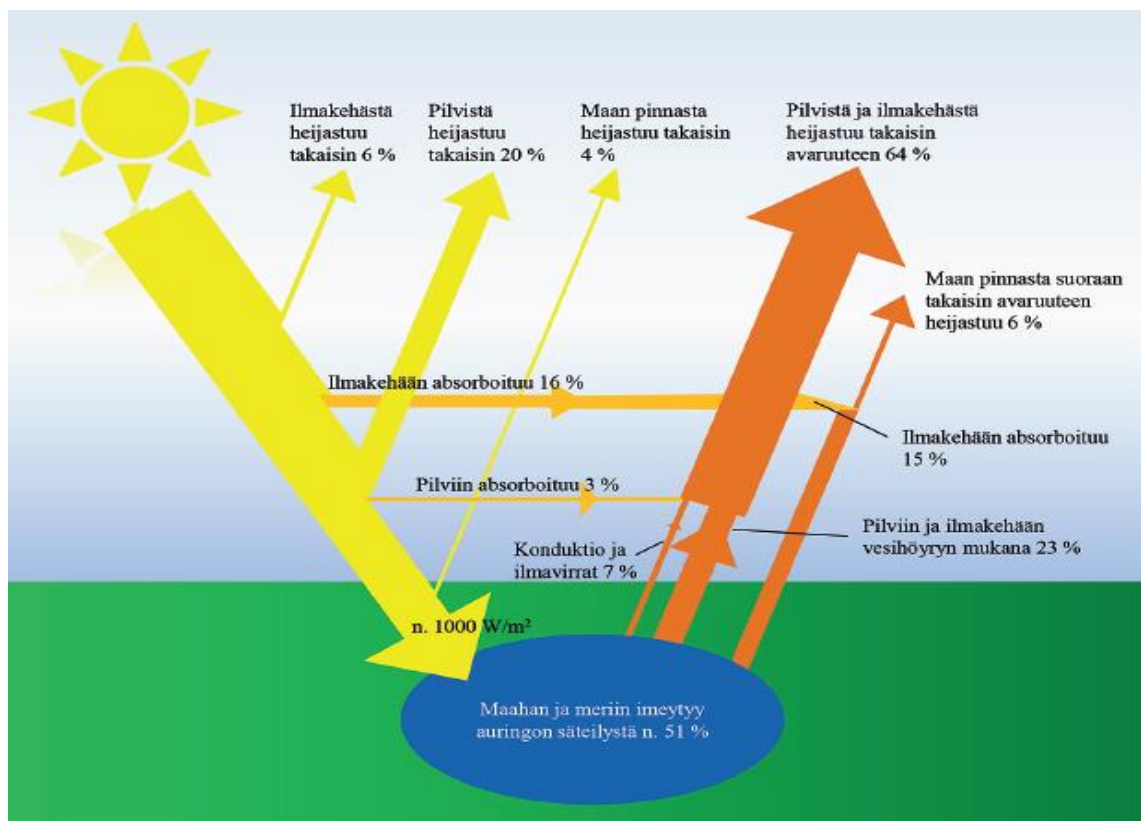
Auringon säteilyenergia on peräisin fuusioreaktiosta, jossa kaksi vetyatomin ydintä yhtyy Auringon ytimessä heliumatomiksi vapauttaen suuren määrän energiaa. Fuusioprosessissa yhden heliumkilon muodostuminen vedystä vapauttaa yhtä paljon energiaa kuin 27 000 tonnia kivihiltä, eli noin 180 miljoonaa kilowattituntia. Onnistuakseen tämä reaktio vaatii noin 10 miljoonaa astetta olevan lämpötilan, joka on Auringon sisällä oleva lämpötila fuusioprosessin tapahtuessa.

Auringon pintalämpötila on puolestaan 5 780 kelviniä eli noin 5 500 celsiusastetta. (Lehto ym. 2017, 11.)

## 2.2 Auringon säteily

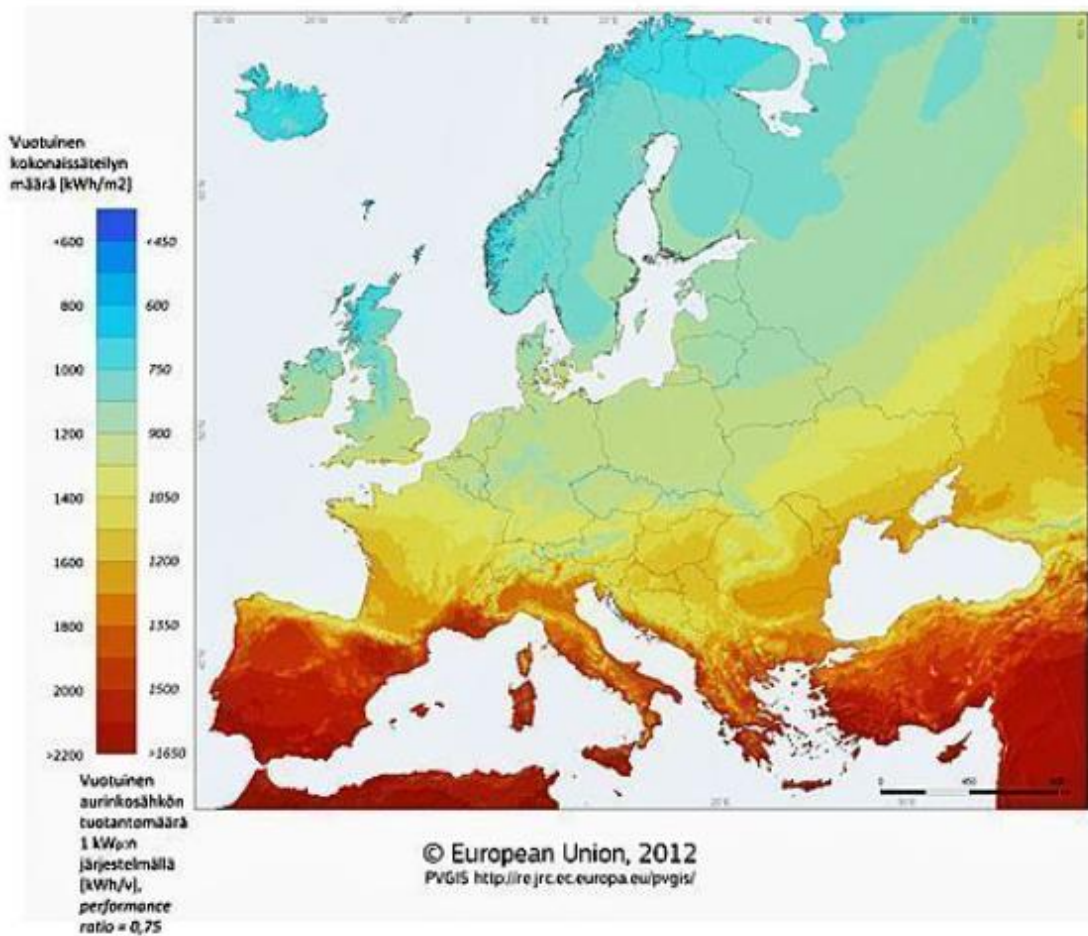
Aurinkopaneelien toiminta perustuu auringon säteilyn lisäksi valosähköiseen ilmiöön sekä puolijohdemateriaalien ominaisuuksiin. Auringon säteilystä hyödynnetään aurinkopaneeleissa, sekä muissakin aurinkoenergia sovelluksissa lähinnä ultraviolettin (UV) ja lähi-infrapunan aluetta (NIR). (Lehto ym. 2017, 9.)

Auringon säteilyintensiteetti on noin  $73 \text{ MW/m}^2$ , josta maan kaasukehän ulkorajalle saapuu noin  $1367\text{-}1370 \text{ W/m}^2$ . Tätä arvoa kutsutaan aurinkovakioksi (SC), josta määräytyy auringon teoreettinen säteilyn intensiteetti maan pinnalla. Käytännössä aurinkovakion säteilymäärästä saapuu maan pinnalle ilmakehän olosuhteiden ja maantieteellisen sijainnin perusteella noin  $1000 \text{ W/m}^2$  (Kuva 1). Auringon säteilyn intensiteetti on suurimmillaan päiväntasaajalla. (Lehto ym. 2017, 10.)



Kuva 1. Auringon säteilyenergian kulku ilmakehässä (Lehto ym. 2017, 9)

Aurinkosähkösovelluksissa usein tarkastellaan auringon vuotuista säteilyn kokonaismäärää, joka koostuu suorasta auringon säteilystä, sekä pilvien, ilmakehän ja maan heijastamasta hajasäteilystä. Vuotuinen säteilyn keskiarvo Suomessa vaihtelee maantieteellisen sijainnin perusteella suuresti, ollen Etelä-Suomessa noin  $980 \text{ kWh/m}^2$  ja Pohjois-Suomessa noin  $750 \text{ kWh/m}^2$  (Kuva 2). (Lehto ym. 2017, 10.)



Kuva 2. Auringonsäteily Euroopassa (Motiva 2018)

### 2.3 Aurinkopaneelin toimintaperiaate

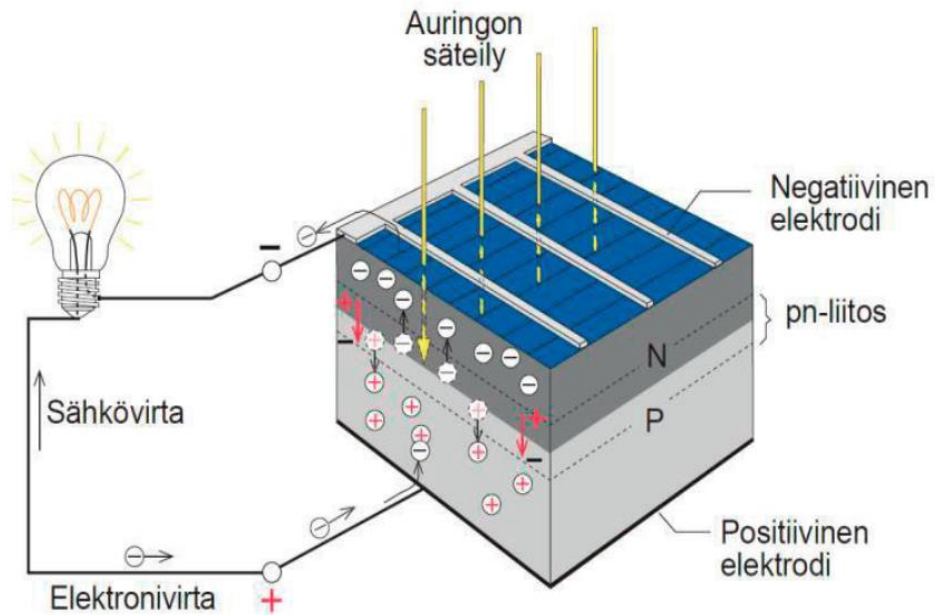
Aurinkopaneeleissa käytetään puolijohdemateriaaleja. Puolijohteisiin kuuluvat sellaiset alkuaineet, joiden virran johtavuus on huonompi kuin johteilla, mutta parempi kuin eristeillä. Aurinkopaneeleissa suosittu puolijohdemateriaali on pii (Si). Puolijohteiden johtavuus paranee lämpötilan noustessa, mutta aurinkopaneelin toiminnan kannalta pelkästään tällä ominaisuudella ei ole suurtakaan merkitystä. (Lehto ym. 2017, 10.)

Puolijohdeita voidaan kuitenkin seostaa tai kyllästää eri materiaaleilla. Seostettaessa puolijohde positiivisen varauksen materiaalilla aineeseen muodostuu aukko, jota voidaan käsitellä ylimääräisenä positiivisena varauksena. Positiivisen varauksen sisältämiä materiaaleja kutsutaan P-aineeksi tai P-materiaaliksi. (Lehto ym. 2017, 10.)

Seostettaessa puolijohde negatiivisen varauksen omaavalla materiaalilla, varauksen kuljettajien määrä kasvaa ja johtavuus paranee, verrattuna pelkkään puolijohdeeseen. Negatiivisen varauksen omaavia materiaaleja kutsutaan N-aineeksi tai N-materiaaliksi. (Lehto ym. 2017, 10.)

Vierekkäin asetetut N ja P aine muodostavat P-N liitoksen, jossa elektronit voivat vapaasti kulkea materiaalista toiseen ja kohdatessaan aukon ne voivat yhdistyä. Samalla tavalla aukot voivat kulkea materiaalista toiseen ja kohdatessaan negatiivisen varauksen nekin voivat yhdistyä. Lähelle P-N liitosta syntyy niin sanottu tyhjennysalue varauksen kantajien yhdistymisestä johtuen. Tämä saa aikaan materiaalin sisäisen sähkökentän tyhjennysalueelle, jossa N-aineen puolella on positiivinen varaus ja P-aineen puolella negatiivinen varaus. (Lehto ym. 2017, 10-11.)

Auringon säteilystä saapuva fotonin saa elektronin liikkeelle muodostaen uuden elektroni-aukkoparin. Sisäinen sähkökenttä saa aikaan elektronin liikkumisen N-aineeseen ja aukon P-aineeseen. Lisäämällä materiaaleihin kontakti ja ulkoinen virtapiiri N-aine pääsee yhdistymään virtapiirin kautta aukkoon, synnyttäen suljettuun piiriin sähkövirran (Kuva 3). (Lehto ym. 2017, 11.)



Kuva 3. Aurinkokennon toimintaperiaate (Aurinkosähköopas 2020, 3)

## 2.4 Aurinkopaneelin teho

Aurinkopaneelien nimellisteho ilmoitetaan piikkiwatteina (Wp), joka ilmoittaa paneelin tehon standardiolosuhteissa (STC). Piikkiteho ei kuitenkaan vastaa paneelin maksimi tehoa, koska paneeli voi säteilystä ja lämpötilasta johtuen tuottaa ilmoitettua nimellistehoa suuremman tehon. Tyypillinen tilanne Suomessa on kevättalvella, kun jyrkkään kulmaan asennettuihin paneeleihin kohdistuu suoran säteilyn lisäksi heijastuksia lumihangesta. Lisäksi ympäristön lämpötila on matala, jolloin paneelien tuotto voi kasvaa jopa 120 prosenttiin nimellistehosta. (Tahkokorpi 2016, 138.)

Standarditestiolosuhteet STC (Standard Test Conditions) ovat seuraavat

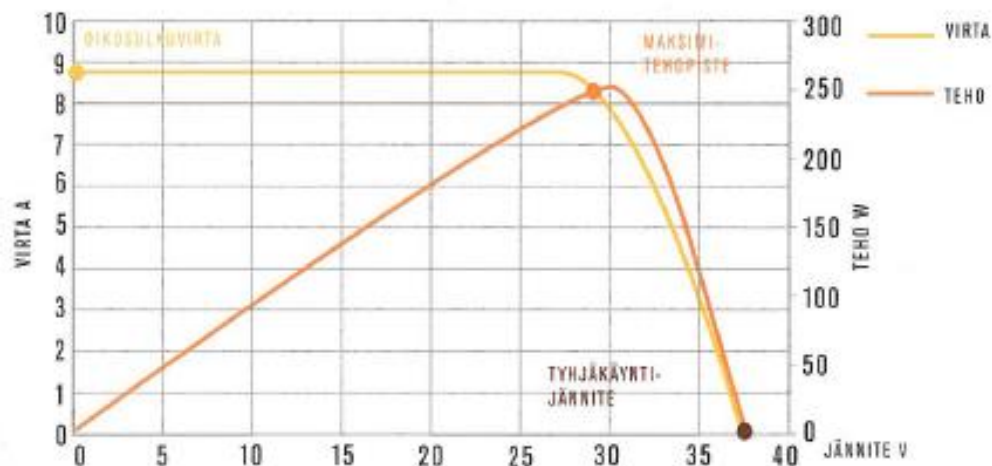
- Säteilyn tulee olla  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . Tämä vastaa auringon säteilyä kohtisuoraan maanpinnalla hyvissä olosuhteissa.
- Paneelin kennojen lämpötila tulee olla  $+25\text{ }^\circ\text{C}$ . Koska kennot lämpenevät  $1000\text{W}/\text{m}^2$  säteilyssä, niin kennon arvo vastaa noin  $-5\text{ }^\circ\text{C} \dots +5\text{ }^\circ\text{C}$  ympäristön lämpötilaa.

- Auringon säteilyn spektri vastaa spektriä, joka syntyy, kun säteily suodattuu ilmakehässä matkan, joka on 1,5 kertaa ilmakehän paksuus (AM).
- Suomessa tämän tyyppiset olosuhteet voivat esiintyä kirkkaana ja kylmänä kevät- tai syyspäivänä. (Tahkokorpi 2016, 139.)

#### 2.4.1 Aurinkopaneelin teknisiä ominaisuuksia

Aurinkopaneelin teknisistä tiedoista selviävä virta-jännitekäyrä, tai toiselta nimeltä ominaiskäyrä, ilmoittaa virran ja jännitteen arvot, joilla paneeli voi toimia. Teknisissä tiedoissa ilmoitetaan tyypillisesti paneelin tehon lisäksi avoimen piirin jännite ( $U_{voc}$ ), jännite maksimitehopisteessä ( $U_{mpp}$ ), sekä oikosulkuvirta ( $I_{sc}$ ) ja virta maksimitehopisteessä ( $I_{mpp}$ ). Nämä arvot ovat aurinkosähköjärjestelmän keskeisimmät sähköiset suureet laitteiston mitoituksen ja käyttöönoton kannalta. (Tahkokorpi 2016, 137.)

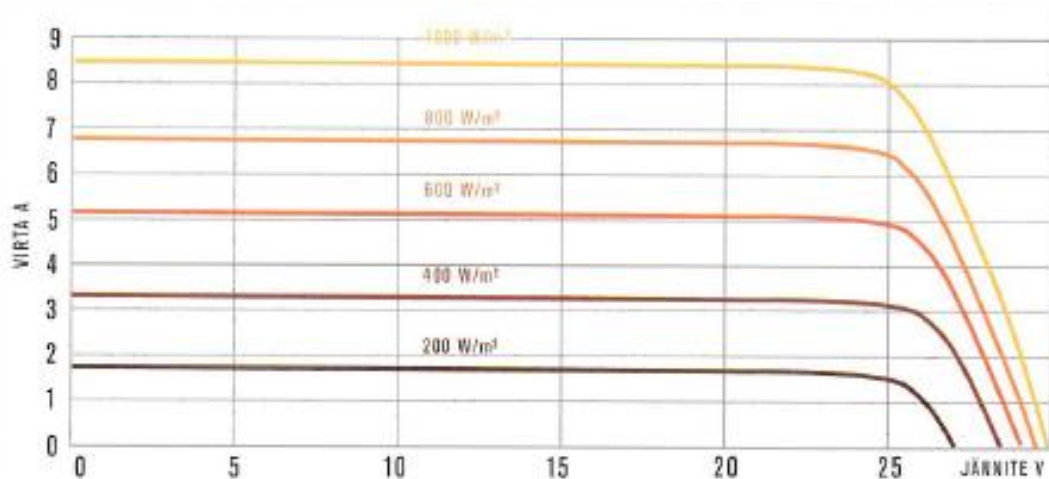
On tärkeä muistaa, että paneelin tyhjäkäynti, eli avoimen piirin jännite, ei tarkoita paneelin suurimman tehon jännitettä, eli jännite-virtakäyrän maksimiteho pistettä, vaan paneelin avoimen piirin jännite on maksimiteho pisteen jännitettä suurempi (Kuvio 1). (Tahkokorpi 2016, 137.)



Kuvio 1. Tyypillisen aurinkopaneelin ominaiskäyrät (Tahkokorpi 2016, 138)

Paneelien ilmoitetut nimellisarvot ovat standardiolosuhteissa mitattuja, joten paneelin jännite määräytyy kytketyn kuorman mukaan, jota vastaavaan pisteeseen

virta hakeutuu, säteilyn voimakkuuden ja paneelin lämpötilan mukaan. Aurinkopaneelit muuttavat auringon säteilyn sähkövirraksi, joten auringon säteilyn intensiteetti on suoraan verrannollinen paneelin virta-jännite-ominaiskäyrään. Intensiiteetin pienentyessä paneelin ominaiskäyrä pysyy saman muotoisena, mutta siirtyy alaspäin tuottaen pienemmän virran, tyhjäkäyntijännitteen liikkuen vain vähän (Kuvio 2). Aurinkokennon lämpötilan noustessa paneelin tehon tuotto pienenee useissa paneeleissa noin 0,4 %/ 1°C. (Tahkokorpi 2016, 141.)



Kuvio 2. 48-kennoisen 185 Wp paneelin ominaiskäyrät kun kennolämpötila on +25 °C (Tahkokorpi 2016, 1)



### 3 TUULIVOIMA

Tuulivoimassa hyödynnetään tuulen eli ilmanvirtauksen liike-energiaa, joka muutetaan sähköksi generaattoreiden avulla. Tuulivoima kuuluu uusiutuvien energialähteiden joukkoon ja sen energia perustuu auringosta peräisin olevaan säteilyenergiaan. Tuulivoimasta ei näin ollen synny päästöjä ilmaan, maahan tai veteen. (Suomen Tuulivoimayhdistys 2020.)

Tuulisähkön tuotto riippuu tuulen nopeudesta, joka aiheuttaa ajallista tehonvaihtelua. Lähinnä tästä syystä tuulivoima poikkeaa perinteisistä sähköntuotantomuodoista. Tyynet päivät eivät ole juurikaan ongelmallisia tilanteissa, jossa tuulivoimalla tuotetaan ainoastaan osa sähköstä. Vuositasolla Suomessa on vain vähän tyyniä päiviä, jolloin tuulivoiman tuotanto jää pieneksi tai sitä ei ole ollenkaan. Suomessa tuulee eniten talvella, jolloin tuulisähkön käyttö on otollisinta aikaa. (Suomen Tuulivoimayhdistys 2020.)

#### 3.1 Mitä tuuli on?

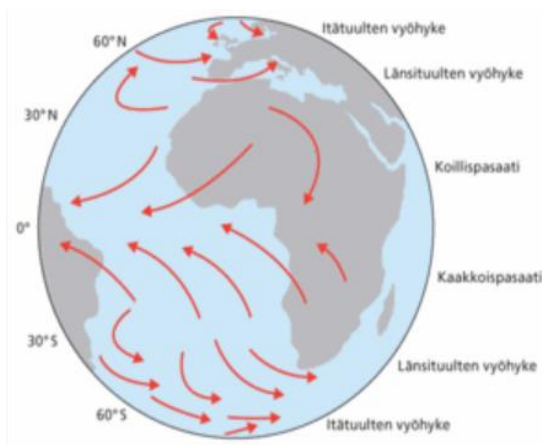
Yksinkertaisesti ajateltuna tuuli on maanpinnan suuntainen ilmakehässä liikkuva ilmavirtaus. Pohjimmiltaan tuuli on kuitenkin peräisin aurinkoenergiasta. Aurinkoenergian teho on ilmakehän ulkorajalla suuruusluokkaa  $1370\text{W}/\text{m}^2$ , josta tuuleksi muuttuu noin 1-3 % maapallolle saapuvasta energiasta. (Suomen Tuuliatlas 2020a.)

Auringon säteily lämmittää maanpintaa eri tavoin eri leveysasteilla. Lähellä päiväntasaajaa sijaitsevat alueet saavat auringon säteilyä paljon enemmän, kuin lähelle maapallon napoja sijaitsevat alueet. Maailmakehäsystemistä johtuen maa menettää lämpöä pitkäaaltoisena ulossäteilynä. Leveysasteiden 38 S ja 38 N napojen puoleiset alueet menettävät keskimääräisesti enemmän lämpöä, kuin saavat, johtuen pitkäaaltoisesta ulossäteilystä ja leveysasteiden 38 S ja 38 N välinen alue saa enemmän auringon säteilyenergiaa kuin menettää. (Suomen Tuuliatlas 2020a.)

Maapallon ilmakehä pyrkii pitämään lämpötasapainon, jonka seurauksena lämpöä siirtyy pieniltä leveysasteilta kohti suurempia. Lämmönsiirto eri leveysasteille

tapahtuu tuulten ja valtamerien virtauksien muodossa. Tuulen osuus lämmönsiir-  
rosta eri leveysasteille on noin 70 %. (Suomen Tuuliatlas 2020a.)

Maapallolla voidaan erottaa kolme eri tuuli vyöhykettä, joista lähinnä napoja ovat  
itätuulet, keskileveysasteilla länsituulet ja tropiikissa pasaatituulet (Kuva 4). Tuu-  
livyöhykkeiden rajat vaihtelevat vuodenaikojen mukana. Paikalliseen tuulisuu-  
teen vaikuttaa maapallon lämpötila erojen lisäksi maan ja meren jakauma ja sen  
lämpötilaero sekä maanpinnan muoto ja laatu. (Suomen Tuuliatlas 2020a.)

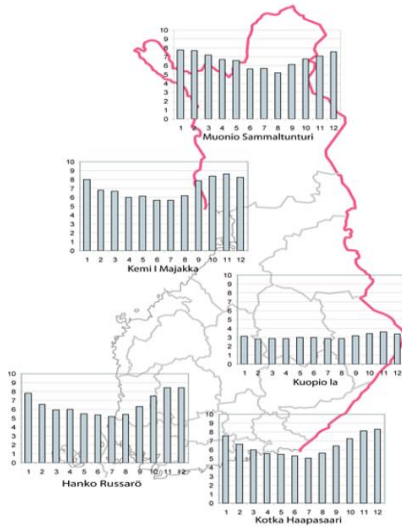


Kuva 4. Planetaarinen tuulijärjestelmä (Suomen Tuuliatlas 2020a)

### 3.2 Tuulisuus Suomessa

Suomessa tuulen nopeus ilmoitetaan tyyllillisesti SI-yksikön mukaisesti metriä se-  
kunnissa (m/s) ja tuulen suunta ilmansuunnan mukaan, josta tuuli tulee. Tuulen  
nopeus mitataan kansainvälisen ohjeen mukaan kymmenen metrin korkeudelta.  
Käytännössä mittauspaikan korkeus voi vaihdella sääaseman sijoituspaikan ja  
maaston muodon mukaan. Esimerkiksi metsäisessä maastossa oleva mittaus-  
piste sijoitetaan puiden yläpuolelle, jolloin mittauspisteen korkeus on suurempi.  
(Suomen Tuuliatlas 2020c.)

Suomessa tuulee talvikuukausina huomattavasti enemmän kuin kesäkuukau-  
sina. Tuulisilla rannikko- ja tunturialueilla tuulen voimakkuus vaihtelee kuukausit-  
tain selvästi enemmän kuin sisämaassa (Kuva 5). Suomessa suuren mittakuvan  
keskimääräinen tuulennopeus kilometrin korkeudella on noin 9-9.5 m/s, joka on  
varsin suuri verrattuna eteläiseen Eurooppaan, mutta pienempi verrattuna lähellä  
pohjoista Atlanttia oleviin alueisiin. (Suomen Tuuliatlas 2020c.)



Kuva 5. Tuulen nopeuden kuukausikeskiarvon vaihtelu eräillä Ilmatieteen laitoksen sääasemilla (Suomen Tuuliatlas 2020c)

### 3.3 Pientuulivoima

Pientuulivoimalat ovat kooltaan ja teholtaan pienempiä kuin teolliseen tarpeeseen käytetyt voimalat. Pienvoimalaksi määritellään voimalat, joiden potkurin pinta-ala on alle 200 m<sup>2</sup>, käytännössä tämä vastaa nimellisteholtaan alle 50 kW:n laitetta. (Suomen Tuuliyhdistys 2020a.)

Hyvissä tuuliolosuhteissa käytettynä pientuulivoimala on hyvä vaihtoehto hajautettuun energiantuotantoon. Tyypillisesti voimaloita käytetään maataloudessa, kotitalouksissa ja vapaa-ajan asunnoissa. Voimaloita voidaan käyttää kohteissa, jotka eivät ole sähkönjakelun piirissä, mutta käyttö lisääntyy myös sähkönjakelun piirissä olevissa kohteissa, jossa pientuulivoimala lisää omavaraisuutta ja pienentää näin ollen sähkölaskua. Pientuulivoimalalla voidaan tuottaa merkittävä osa pientalojen sähkön kulutuksesta. 4-10 kW tuulivoimalalla voidaan tuottaa hyvällä asennussijainnilla tyypillisen omakotitalon valaistukseen ja laitteisiin kuluva sähköenergia, sekä valtaosa lämmitykseen kuluva energiasta. (Suomen Tuuliyhdistys 2020a.)

### 3.4 Pientuulivoimaloita

Kiinteistökohteissa käytettävät tuulivoimalat ovat useimmiten tyypiltään vaaka-akselisia HAWT-potkurivoimaloita (Kuva 6), joiden toiminta perustuu lapoihin kohdistuvaan aerodynaamiseen voimaan. Vaaka-akseliset tuulivoimalat sopivat parhaiten määrätyleiselle tuulen nopeudelle. Vaaka-akselinen tuulivoimala on kustannustehokas ratkaisu, koska sillä on edullisinta saada suuri potkuripinta-ala tuulta vasten. (Eklund 2011, 4.)



Kuva 6. Vaaka-akselinen potkurivoimala (Eklund 2011, 5)

Toinen yleinen voimalatyyppi on pystyakselinen VAWT-voimala, jonka toiminta perustuu tuulen työntävään voimaan, aerodynaamiseen voimaan tai näiden yhdistelmään. Pystyakselisista voimalatyypeistä tunnetuimmat ovat Darrieus, sekä Suomessa 1920-luvulla keksitty Savonius-voimala (Kuva 7). Pystyakseliset voimalat sopivat pyörteisiin tuuliolosuhteisiin, mikä lisää pystyakselisen voimalan sijoitus paikkoja, mutta tuottaakseen saman tehon ne tarvitsevat enemmän tuulta kuin vaaka-akseliset voimalat. (Suomen Tuulivoimayhdistys 2020b.)

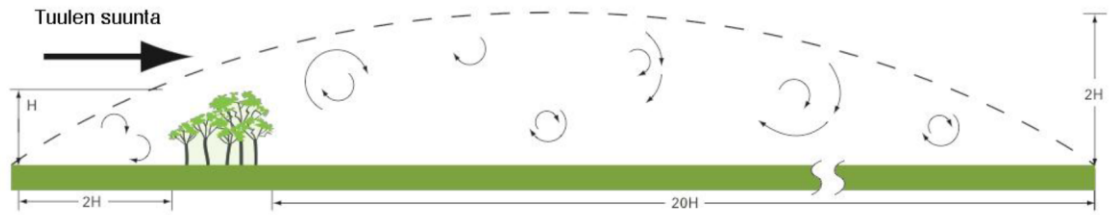


Kuva 7. Pysty akselinen Savonius-voimala (Eklund 2011, 5)

### 3.5 Asennuspaikka

Tuulivoimalan asennuspaikkaan ja ympäristöön kannattaa kiinnittää suurta huomiota parhaan mahdollisen tuuliolosuhteen löytymiseen. Yleisesti ottaen parhaiten voimalan sijoitusalueena toimii alue, jossa vallitsevassa tuulen suunnassa on paljon avointa ja esteetöntä aluetta, jolla tuuli voi kiihdyttää vauhtiaan. Lähtökohteisesti tuulivoimalalle hyviä sijoitus alueita ovat rannikot, saaristot, vesistöjen ääret sekä sisämaassa avoimet alueet kuten peltoaukeat. Parhaat paikat tuulivoimalalle ovat kuitenkin kukkulat ja vastaavat alueet, jolla tuuli pääsee kiihdyttämään vauhtiaan noustessaan rinnettä ylös. (Eklund 2011, 5.)

Jos tuulivoimalan sijoituspaikalla on suuria esteitä valitsevassa tuulen suunnassa, niin tuulivoimalan pitäisi olla vähintään kymmenen kertaa korkeammalla kuin esteen huippu maasta mitattuna. Esteet aiheuttavat tuuleen pyörteitä, eli turbulenssia, joka heikentää tuulivoimalan tuottoa huomattavasti (Kuva 8). Mikäli voimala sijoitetaan rakennuksen tai metsän aiheuttaman esteen eteen, tulisi voimala sijoitus korkeus olla kaksi kertaa esteen korkeus tai vähintään 7-10 metriä esteen yläpuolella. (Eklund 2011, 5.)



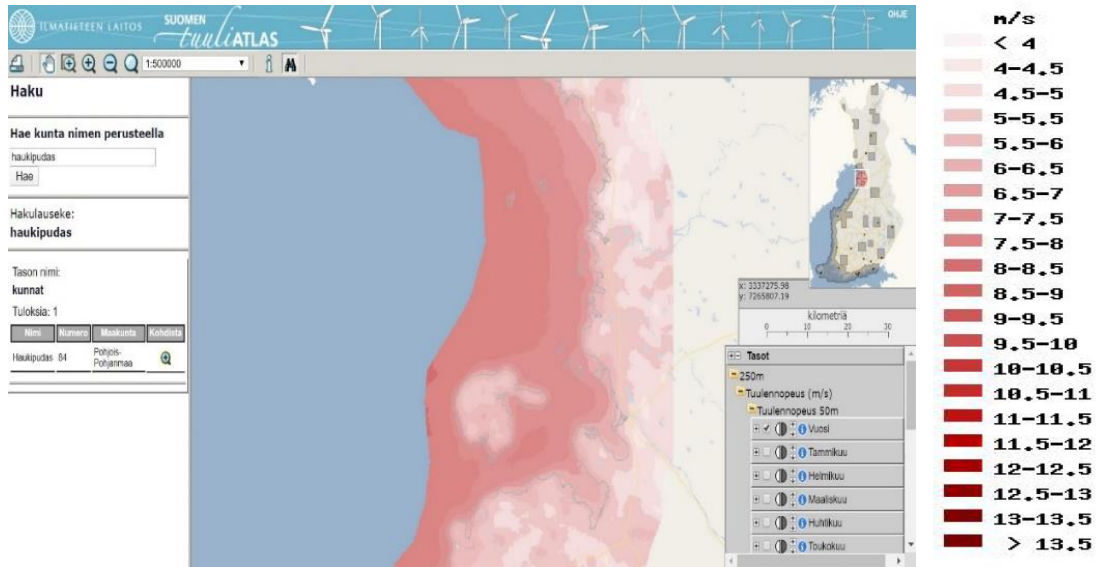
Kuva 8. Turbulenssin vaikutus tuuleen (Eklund 2011, 6)

### 3.6 Tuulisuuden mallintaminen

Tuulisuuden mallintamisella pyritään saamaan mahdollisimman tarkka kuva tuulen voimakkuuden vaihtelusta ja sen tavoitteena on saada mahdollisimman tarkka kuva tuulen esiintymisestä halutussa kohteessa. Luotettavin tapa mallintaa tuulta on pitkäaikainen mittaus kohteessa, josta tuulen käyttäytyminen halutaan mallintaa, mutta tämä ei ole aina mahdollista tai muuten järkevää. Jos kohteesta käytetään esimerkiksi tuuliatlaksen tuulennopeuden keskiarvoa, on mallintaminen järkevää. Tuulen nopeuden keskiarvolla ei voi lähteä suoraan arvioimaan tuulen energiasisältöä, koska tuulen teho riippuu kuutiollisesti ilmavirtauksen nopeudesta. Tästä johtuen on oleellisen tärkeää tietää kohteen eri tuulen nopeuksien esiintymistodennäköisyys. Mallintamisen tarkoituksena on selvittää, miten tuulennopeus vaihtelee keskiarvon molemmilla puolilla ja mitkä ovat esiintymistodennäköisyydet tuulen eri nopeuksilla. (Korpela 2016, 45.)

#### 3.6.1 Keskimääräisen tuulennopeuden arviointi

Tuuliatlaksen nettisivuilta voi hakea paikkakunnittain keskimääräisen tuulen nopeuden, jota voi hyödyntää suunnittelussa. Kuvassa 9 on Tuuliatlaksen sivulta haettu tuulen voimakkuuden keskiarvo Haukiputaalle.



Kuva 9. Tuulen voimakkuuden keskiarvo Haukiputaalla (Suomen TuuliAtlas 2020b)

Tuulen nopeudeksi Haukiputaalle saadaan noin 8 m/s, mutta arvo annetaan 50 metrin korkeudelle. Energiakontin tuulivoimala asennetaan huomattavasti matalammalle, joten keskimääräisen tuulen nopeus putoaa huomattavasti. Tämän hetken asennuspaikalla ei ole kuitenkaan merkittäviä esteitä, joten keskimääräiseksi tuulen nopeudeksi on realistisempaa käyttää arvoa 5 m/s.

### 3.6.2 Weibull-jakauma

Tuulen nopeuden mallintamisessa hyödynnetään yleisesti Weibull-jakaumaa. Weibull-jakauman avulla voidaan selvittää eri tuulen nopeuksien esiintymistodennäköisyyttä halutussa kohteessa. (Korpela 2016, 45.)

Tuulivoimalan sijoituspaikan keskimääräiseksi tuulen nopeudeksi arvioitiin 5 m/s. Tarkoituksena oli mallintaa Weibull-jakauman avulla tuulen nopeuden vaihtelu keskiarvon molemmin puolin, sekä selvittää mitkä ovat tuulen nopeuden esiintymistodennäköisyydet eri tuulienopeuksilla.

Tuulisuuden Weibull-jakauma, jossa tuulen nopeuden esiintymistodennäköisyyttä  $F$  mallinnetaan kuvassa 10 esitetyllä yhtälöllä:

$$F(u; A, k) = \frac{k}{A} \left( \frac{u}{A} \right)^{k-1} e^{-\left( \frac{u}{A} \right)^k}$$

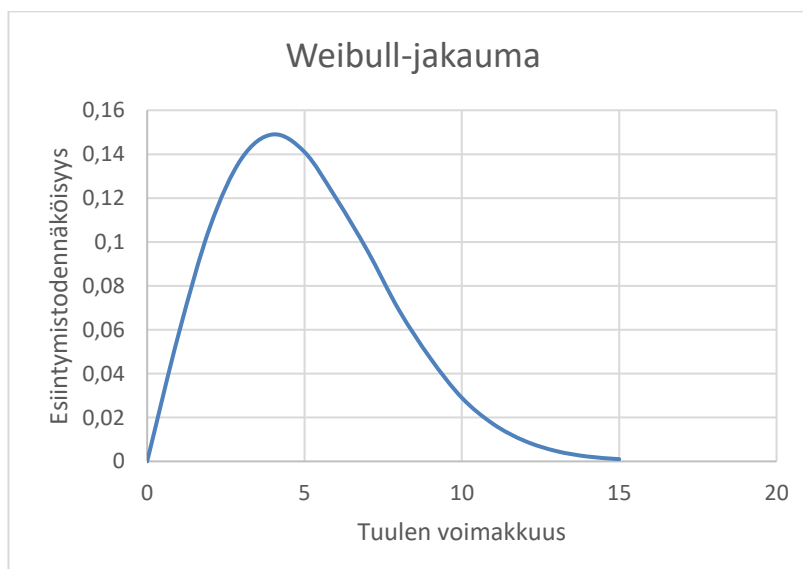
Kuva 10. Tuulen nopeuden esiintymistodennäköisyyden yhtälö (Suomen Tuuliatlas 2020).

jossa,

$e$	on	Neperin luku
$k$	on	muotokerroin
$A$	on	skaalausparametri
$u$	on	tuulennopeus.

Tuulen nopeuden esiintymistodennäköisyyksien kuvaaja arvoilla 0-15 m/s on esitetty kuviossa 3. Skaalausparametrin  $A$  arvo on 10-15 % suurempi kuin kohteessa yleisesti vallitseva tuulen keskinopeus. Tässä tapauksessa skaalausparametrille käytettiin arvoa 1,15 ja muotokertoimella mannertuulelle tyypillistä arvoa 2. (Suomen Tuuliatlas 2020.)

Muotokertoimen kasvattaminen keskittää tuulen nopeuden esiintymistodennäköisyyttä keskimääräisen tuulen nopeuden läheisyyteen. Muotokertoimen kasvattaminen tarkoittaa tuulisuuden vaihtelun vähenemistä. Merituulta mallinnettaessa muotokertoimen arvo 2 ei ole enää toimiva, koska merellä tuulee huomattavasti tasaisemmin kuin maalla. (Korpela 2016, 45-46.)





### Kuvio 3. Tuulen nopeuden Weibull-jakauma

Mallinnuksen tuloksesta (Kuvio 3) huomataan, että kohteen todennäköisyyden maksimi noin 15 % osuu tuulen nopeudelle 4 m/s, vaikka kohteen keskimääräiseksi tuulen nopeudeksi käytettiin arvoa 5 m/s.

Ilmavirtauksen energiasisältöä ei voi lähteä arvioimaan pelkän Weibull-jakauman tai keskimääräisen tuulen perusteella, koska teho riippuu kuutiollisesti tuulen nopeudesta. Haluttaessa selvittää tuulivoimalan vuosituottoa on laskentaa vielä jatkettava. Weibull-jakaumasta voidaan laskea tehotiheysjakauma, jota voidaan käyttää tuulivoimalan vuotuisen energiatuotannon laskemiseen pinta-ala menetelmän avulla. Toinen yleinen tapa selvittää tuulivoimalan vuosituotantoa on tehokäyrämenetelmä, jolla arvioidaan vuosituotantoa generaattorin tehojakauman perusteella. (Korpela 2016, 47, 88.)

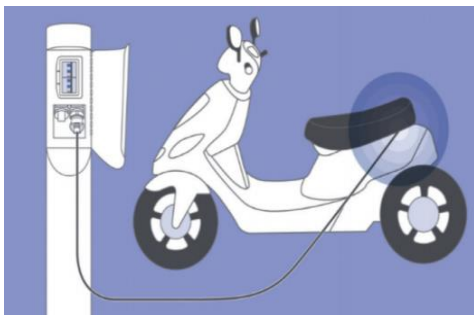
## 4 SÄHKÖAUTON LATAUS

Ladattavista autoista puhuttaessa on hyvä käyttää oikeita termejä, koska muuten täyssähkö- ja ladattavien hybridautojen käsitteet voivat mennä sekaisin. Täyssähköautossa (BEV) on ainoastaan sähkömoottori ja puolestaan hybridautossa on perinteisen polttomoottorin lisäksi sähkömoottori. Lisäksi hybridautot jakaantuvat ladattaviin (PHEV) ja ei ladattaviin malleihin (HEV). Vuonna 2016 Suomen hallituksen julkaisema tavoite 250 000 sähköautosta tarkoittaa nimeen omaan ladattavia autoja. Useat tiedotusvälineet uutisoivat tavoitteen koskevan ainoastaan täyssähköautoja, mutta todellisuudessa tavoite sisältää ladattavat autot, eli täyssähkö- ja ladattavat hybridautot. (Sähkötieto Ry 2019, 11.)

SFS-EN 61851-1 määrittelee sähköautojen lataukseen käytettävät lataustavat. Ensisijaisesti Suomessa suositellaan käyttämään lataustapoja 3 ja 4. Joillain vakuutusyhtiöillä saattaa olla ehtoja sähköauton lataukseen. Esimerkiksi kotitalouspistorasian käytölle voi olla rajoituksia, joten vakuutusehdot on hyvä tarkastaa ennen käytön aloittamista. Eri lataustavat määräytyvät jännitteen, virran ja lataustavan mukaan neljään eri lataustapaan. (Sähkötieto Ry 2019, 30.)

### 4.1 Lataustapa 1, mode 1

Lataustavalla 1 sähköajoneuvon liittäminen sähköverkkoon tapahtuu käyttämällä syöttöpuolella enintään 16 A:n ja 250 V:n yksivaiheista tai 16 A:n ja 480 V:n kolmivaiheista standardisoitua pistorasiaa sekä tehoa syöttäviä johtimia mukaan lukien suojavaadoitusjohtimet. Yksivaiheisena käytetään Schuko-pistorasiaa ja kolmivaiheisena kolmivaiheista voimapistorasiaa. Lataustapaa 1 käytetään enimmäkseen kevyiden sähköajoneuvojen lataukseen. Esimerkiksi sähköpyörät ja sähkömopot voidaan ladata lataustavalla 1 (Kuva 11). (Sähkötieto Ry 2019, 30.)



Kuva 11. Lataustapa 1 (Sähkötieto Ry 2019, 30)

#### 4.2 Lataustapa 2, mode 2

Lataustavalla 2 sähköajaneuvon liittäminen sähköverkkoon tapahtuu käyttämällä syöttöpuolella enintään 16 A:n ja 250 V:n yksivaiheista (Kuva 12) tai 16 A:n ja 480 V:n kolmivaiheista standardisoitua pistorasiaa, sekä tehoa syöttäviä johtimia mukaan lukien suojavaadoitusjohtimet. Yksivaiheisena käytetään Schuko-pistorasiaa ja kolmevaiheisena kolmivaiheista voimapistorasiaa. Pistorasian ja latausjohdon väliin ei saa lisätä ylimääräisiä komponentteja, kuten kello ja energiamittari. (Sähkötieto Ry 2019, 31-32.)

Lataustavan 2 käyttö on lähtökohtaisesti tarkoitettu tilapäiseen käyttöön tilanteissa, jolloin ei ole mahdollista käyttää esimerkiksi lataustavan 3 mukaista latauspistettä. Käytettäessä lataustapaa 2 tulee liitosjohdossa olla tarvittavat suojalaitteet. Käytettäessä standardin SFS 5610 mukaista kotitalouspistorasiaa on latausvirta rajoitettava riittävän pieneksi, koska standardin SFS 5610 mukaiset pistorasiat eivät kestä sähköajoneuvon pitkäaikaista latausta täydellä mitoitusvirralla. Käytännössä latausvirta tulee rajoittaa kahdeksaan A:iin. (Sähkötieto Ry 2019, 32.)

Tavallisista pistorasioista, jotka ovat tarkoitettu kotitalouskäyttöön, on kehitetty niin sanottu "super schuko". Näitä IEC-standardin 60884-1 mukaisia pistorasioita voidaan kuormittaa jatkuvalla 16 A:n virralla. (Sähkötieto Ry 2019, 33.)



Kuva 12. Lataustavan 2 yksivaiheinen liitosjohto (ML Tekniikka Oy 2020)

#### 4.3 Lataustapa 3, mode 3

Sähköajoneuvo liitetään vaihtosähkösyöttöön käyttäen siihen erityisesti tarkoitettua latausjärjestelmää, jossa ohjaustoiminnot ulottuvat kiinteästi vaihtosähköverkkoon liitettyyn sähköajoneuvon latauslaitteeseen. (Sähkötieto Ry 2019, 33.)

Sähköauton lataukseen käytetään siihen erityisesti siihen suunniteltua standardin SFS-EN 62196-2 mukaista kolmivaiheista pistorasiaa. Latausvirta vaihtelee välillä 6 A-63 A, jolla saavutetaan 1,4 kW-43 kW latausteho. Ajoneuvon oikea kytketyminen latauspisteeseen varmistetaan latausjärjestelmän tiedonsiirtoväylän avulla, jonka avulla voidaan myös ohjata kuormitusta. (Sähkötieto Ry 2019, 33.)

Lataustavassa 3 yleisimmät standardin SFS-EN 62196-2 mukaiset pistoketyypit ovat type 1 ja type 2 (Kuva 13). Euroopassa käytetään yleisesti type 2 pistoketyppiä. (Sähkötieto Ry 2019, 33.)



Kuva 13. Type 2 ja type 1 pistoke ja pistokytin (Sähkötieto Ry 2019, 34)

#### 4.4 Lataustapa 4, mode 4

Sähköajoneuvo liitetään vaihtosähkösyöttöön käyttäen siihen erityisesti tarkoitettua latausjärjestelmää, jossa ohjaustoiminnot ulottuvat kiinteästi vaihtosähköverkkoon liitettyyn sähköajoneuvon latauslaitteeseen. (Sähkötieto Ry 2019, 35.)

Lataustavassa 4 latauslaite, joka on suunniteltu erityisesti sähköautojen lataamiseen, syöttää tasasähköä. Lataustavasta käytetään myös nimityksiä teho-, pika- ja DC-lataus. (Sähkötieto Ry 2019, 35.)

Latauksessa käytetään pistokkeena erityisesti sähköauton lautaukseen tarkoitettua standardin SFS-EN 62196-3 mukaista pistoketta. Latausjärjestelmän tiedonsiirtoväylän avulla varmistetaan ajoneuvon oikea kytkeytyminen latauspisteeseen sekä voidaan ohjata kuormitusta. (Sähkötieto Ry 2019, 35.)

Lataustavassa 4 yleisimmät standardin SFS-EN 62196-3 mukaiset pistoketyypit ovat "CHAdeMO" ja (CCS2 (Combo2))" (Kuva 14). Euroopassa käytetään yleisesti CCS2 pistoketyppiä, mutta tehollatausasemat voidaan varustaa molemmilla pistoketyypeillä. (Sähkötieto Ry 2019, 35.)



Kuva 14. CCS2 ja CHAdeMO pistoketyypit ja pistoke (Sähkötieto Ry 2019, 36)

## 5 VALAISTUKSEN OHJAUS

Oikein toteutettu valaistuksen ohjaus mahdollistaa joustavasti toimivan valaistuksen eri tiloissa ja ympäristöissä. Verrattuna perinteiseen valaistuksen ohjaukseen voidaan älykkäällä valaistuksen ohjauksella saada merkittäviä säästöjä. Aiemmin käytössä olleisiin valaistusratkaisuihin verrattuna ledivalaistuksen ohjausmahdollisuudet ovat merkittävästi monipuolisemmat. Toiminnallisuuden lisäksi valaistuksen toteutuksessa kannattaa ottaa huomioon toteutukseen tarvittavan tekniikan lisäksi turvallisuus, visuaalisuus ja toiminnallisuuteen liittyvät näkökohdat. (Motiva 2020.)

### 5.1 DALI-järjestelmä

DALI, eli ”Digital Addressable Lighting Interface”, on digitaalinen valaistuksen ohjaukseen käytettävä avoin tiedonsiirtoprotokolla. DALI-protokollan laitteet kommunikoivat keskenään ja protokolla on vapaasti kaikkien valmistajien käytettävissä. (DALI AG 2001, 9-10.)

Valaisin- ja liitäntälaittevalmistajien yhteistyönä kehitetyn DALIn tarkoituksena on korvata analogiset ohjaustavat. Digitaalinen osoitteellinen liityntärajapinta tarjosi uusia mahdollisuuksia valaistuksen toteuttamiseen. DALI-konseptin ajatuksena on tuottaa valaistuksenohjaus, joka on helposti hallittava ja kustannustehokas. DALI-järjestelmän kautta valaistuksenohjaus voidaan integroida osaksi muuta kiinteistöautomaatiota. (DALI AG 2001, 9-10.)

DALI-järjestelmässä ei tarvitse olla erillistä keskusyksikköä, koska liitäntälaitteisiin tallentuu kaikki ohjelmoitu tieto. Tästä johtuen yksittäisten laitteiden rikkoutuminen ei vaikuta muiden laitteiden toimintaan. (DALI AG 2001, 9-10.)

### 5.2 DALI-väylä

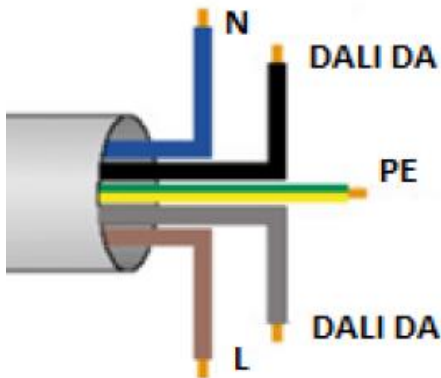
Yhdessä DALI-väylässä voi olla enintään 64 osoitetta, joista voi muodostaa 16 ryhmää ja 16 erilaista tilannetta. Väylään liitettävien laitteiden yhteenlaskettu virrankulutus ei saa ylittää arvoa 250 mA. Jos samaan järjestelmään halutaan liittää enemmän laitteita, voidaan käyttää yhtä tai useampaa reititintä, jolloin laitteiden

määrää voidaan kasvattaa jopa tuhansiin, mutta tällöin ei enää puhuta puhtaasta DALI-järjestelmästä. (DALI AG 2001, 12 ja 22.)

### 5.3 DALI-kaapelointi

DALI-väylän kaapeloinnissa käytettävän kaapelin ei tarvitse olla parikierrettyä. Väyläkaapeloinnin tulee olla verkkojännitteen kestävä, koska DALI-järjestelmä ei ole SELV-luokiteltu, vaikka väylän jännite on ainoastaan 16 VDC. (Piikkilä & Kallioharju 2016, 10.)

DALI-järjestelmän liitäntälaitteelle kytketään jatkuva verkkojännite. DALI-väylä on polariteettivapaa, joten väyläkaapelin risteily kytkentäpisteiden välillä ei häiritse väylän toimintaa. Tästä johtuen väylä ei välttämättä tarvitse omaa kaapelia, vaan se voi olla samassa kaapelissa sähkönsyötön kanssa. (Kuva 15). (Piikkilä & Kallioharju 2016, 10.)



Kuva 15. DALI-johdotus MMJ 5x1,5S -kaapelilla (Piikkilä & Kallioharju 2016, 10)

Tiedonsiirto tapahtuu johdinparia pitkin, jolla digitaalinen signaali voidaan siirtää kaikkien järjestelmään liitettyjen laitteiden välillä. Kaikki samassa väylässä olevat laitteet yhdistetään rinnankytkennällä toisiinsa. (Piikkilä & Kallioharju 2016, 10.)

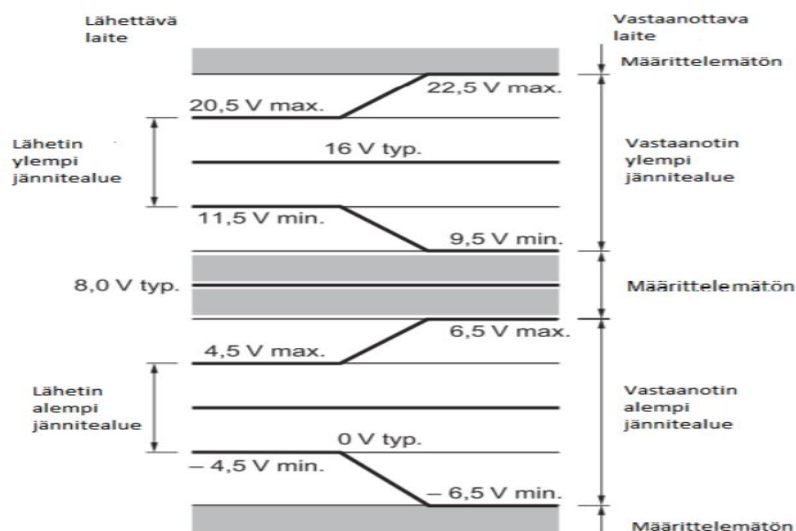
DALI-väylän maksimipituus riippuu väyläkaapelointiin käytetyn kaapelin poikkipinta-alasta. Väylän suurin sallittu jännitteen alenema on 2 V. Näin ollen väylän maksimipituus ohjaimelta liitäntälaitteelle voi olla 300 metriä, jos käytetään kaapelia, jonka johtimen poikkipinta-ala on 1,5 mm<sup>2</sup>. Luonnollisesti väylän maksimipituus lyhenee kaapelin poikkipinnan laskiessa. (Piikkilä & Kallioharju 2016, 10.)

#### 5.4 DALI-topologia ja tehonsyöttö

DALI-väylän kaapelointi voidaan toteuttaa usealla eri tavalla. Väylä voidaan kaapeloida sarjaan tähteen tai näiden yhdistelmiin, mutta väylän renkaaksi muodostumista on syytä välttää. (Piikkilä & Kallioharju 2016, 11.)

DALI-järjestelmän virtalähteitä on erilaisia, mutta yleensä käytetään DIN-kiskoon asennettavia malleja. Saatavana on myös malleja, joita voidaan käyttää uppo- tai pinta-asennuksena. Teholähteiden tuottama virta on yleensä 90-250 mA. Yhden DALI-liitäntälaitteen ottama virta saa olla enintään 2 mA. Ohjainlaitteiden virrankulutus vaihtelee valmistajan ja ohjainlaitteen mukaan, mutta yleensä virrankulutus on 10-40 mA:n luokkaa. Suunnittelussa on huomioitava, ettei väylän maksimivirtaa ylitetä. (Piikkilä & Kallioharju 2016, 11.)

DALI-väylän jännitetasot on esitetty kuviossa 4. Lähettimen 0-bitin signaalijännite DALI-väylässä on 0 V ( $\pm 4,5$  V) ja 1-bitin signaalijännitteen arvo on puolestaan 16 V ( $\pm 4,5$  V). Vastaanottimen 0-bitin signaalijännite on 0 V ( $\pm 6,5$  V) ja 1-bitin puolestaan 16 V ( $\pm 6,5$  V). Signaalijännitteiden välissä on määrittelemätön alue, jolla bittiä ei luokitella 0:ksi tai 1:ksi. Tämän ansiosta DALI-väylän signaali ei ole herkkä sähköisille häiriöille. Väylän jännite perustilassa on 16 V ( $\pm 4,5$  V). (Piikkilä & Kallioharju 2016, 11.)



Kuvio 4. DALI-väylän jännitetasot (Murtoniemi 2018, 14)



## 5.5 DALI-käyttöönotto

DALI-järjestelmän käyttöönotto tapahtuu lähes poikkeuksetta ohjelmoinnilla. Ohjelmointi voi tapahtua esimerkiksi tietokoneohjelmalla. Ohjelmointiin käytetään hyvin yleisesti Helvarin DIGIDIM Toolbox- ja Desinger-ohjelmistoja. Valaisimia voidaan ohjata jokaista erikseen tai niistä voidaan luoda useamman valaisimen ryhmiä. Lisäksi voidaan ohjata kaikkia valaisimia yhtä aikaa ja on myös mahdollista, että ohjataan useampia ryhmiä yhtä aikaa. Lopullinen valaisimien ohjausmahdollisuus muodostuu väylään liitetystä laitteista. Hyvin yleisiä laitteita ovat liike- ja läsnäolotunnistimet, joiden avulla voidaan ohjata valaistusta liikkeen mukaan ja on myös olemassa kyseessä olevia laitteita, joihin on integroitu valovoimakkuuden mittausta. Tämän toiminnon avulla voidaan valaistukseen tehdä vakiovalo-ohjaus, jolloin toimintoon liitetyt valaisimet säätävät tehoa tilaan tulevan luonnonvalon mukaan. (Piikkilä & Kallioharju 2016, 9.)

Ohjelmointiin voidaan tehdä helposti muutoksia jälkeenpäin ilman kaapelointiin tehtäviä muutoksia. Myös laitteiden lisääminen väylään on vaivatonta, mutta lisättäessä laitteita pitää muistaa väylän enimmäisosoitteet sekä väylälaitteiden suurin mahdollinen virrankulutus. Lisättyjen laitteiden käyttöönotto vaatii yleensä ohjelmointia. Perus DALI-järjestelmässä ei ole keskusyksikköä, vaan käyttöönotto vaiheessa ohjelmoitava toiminta, ominaisuudet ja osoitteet tallentuvat väylälaitteisiin. (Piikkilä & Kallioharju 2016, 9.)

## 6 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHTA

Suunnittelun lähtökohtana oli luoda OSAOille opetustila, joka hyödyntää omassa sähkökäytössään uusiutuvia energiamuotoja ja jossa voidaan suorittaa käytännönopetusta nykyaikaisista sähkön tuotantotavoista. Lähtökohtana oli rakentaa energiakontti, jossa tuotetaan tuuli- ja aurinkoenergiaa, joita käytetään kohteen yleissähkön lisäksi lämmittämiseen ja mahdollisuuksien mukaan sähköauton lataukseen. Kohteen lämmitys tapahtuu ilmavesilämpöpumpulla, joka lämmittää erillistä hybridivaraajaa. Lisäksi hybridivaraajaa voidaan lämmittää kahdella eri sähkövastuksella. Tämä mahdollistaa veden lämmittämisen ajankohtina, jolloin tuuli- ja aurinkoenergiaa on tarjolla ja kontin muu sähkönkulutus on pientä. Luokkatilassa on myös ilmalämpöpumppu, jota voidaan käyttää lämmittämisen lisäksi viilennykseen kesäkuukausien aikana.

Kohteelle tarvittiin sähkösuunnitelma, jonka pohjalta kohteen sähköistys voidaan toteuttaa oppilaiden toimesta. Sähkösuunnitelman sisältöön vaikuttivat aikaisemmin hankitut tarvikkeet ja materiaalit, jotka haluttiin hyödyntää tässä kohteessa. Heti alussa oli selvää, että tuuli- ja aurinkoenergialla ei voida tuottaa kaikkea kohteen tarvitsemaa sähköenergiaa kaikkina vuoden aikoina. Tästä johtuen kohteesta ei lähdetty tekemään tarkkaa huipputeholaskelmaa. Laittevalinnoissa huomioitiin niiden helppo toteutus sekä toimivuus opetuksen ja tutkimuksen apuvälineinä.

### 6.1 Toteutuksen periaate

Sähköenergian tuotanto perustuu tuuli- ja aurinkovoimalla ladattavaan kahteen 240 Ah AGM-akkuun, joiden varaus puretaan vaihekohtaisen invertterin kautta verkkoon (Liite 8) ja käytetään kontin omaan sähkön kulutuksen tarpeeseen mahdollisimman paljon. Akustoihin liittyvät vaatimukset on esitetty standardeissa SFS 6000 ja SFS-EN 50272-2, Akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimukset, osa 2: paikallisakut. Sähköenergian tuotantokaavio on esitetty liitteessä 6.

Lisäksi energiakonttiin suunniteltiin energiatehokas valaistusjärjestelmä, ottaen huomioon, että energiatehokkuudella ei tingitä voimassaolevia valaistusvaati-

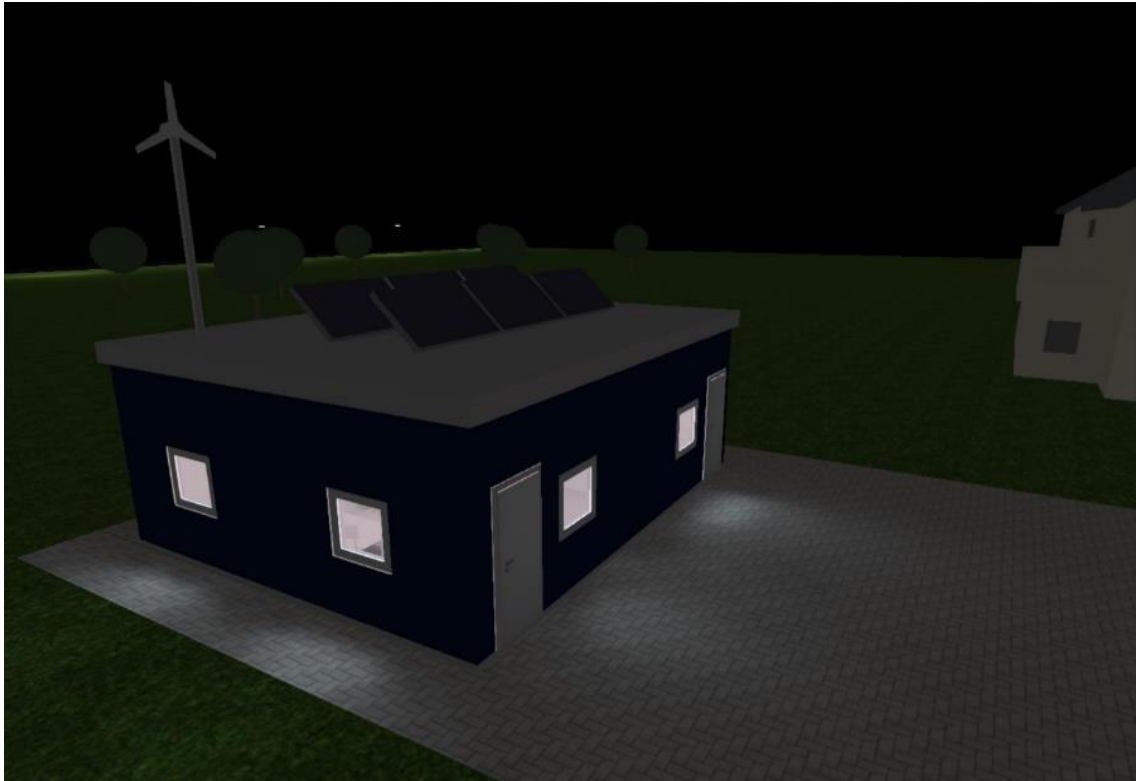
muksia. Energiaa voidaan kuitenkin säästää, ottamalla huomioon valaistushuoltoon liittyvät tekijät, sekä käyttämällä täysimääräisesti valaistuksen ohjausta. (SFS-EN 12464-1 Sivut 32, 34.)

Kohteen sähkösuunnitelmassa otettiin myös huomioon sähköauton latauspisteen suunnittelu, koska tulevaisuudessa latauspisteiden määrä lisääntyy huomattavasti. Latausaseman valinnassa otettiin huomioon latauspisteiden määrän mahdollinen nouseminen ja latausaseman mahdollisuudet erilaisille ohjauksille.

Työssä käsiteltävien aiheiden lisäksi energiakontti sisältää myös muita järjestelmiä. Kokonaiskuvan ymmärtämiseksi käsiteltävien aiheiden ulkopuolelle rajattujen järjestelmien suunnitelmat haluttiin esittää opinnäytetyön liitteissä. Liitteissä 3 ja 4 on esitetty energiakontin turva- ja yleiskaapelointi järjestelmä. Kohteeseen suunnitellun ryhmäkeskuksen pää- ja piirikaavio on esitetty kokonaisuudessaan liitteissä 8 ja 9.

## 6.2 Käytettävät ohjelmistot

Varsinainen suunnittelu alkoi heti, kun energiakontista saatiin rakennesuunnittelijalta DWG piirustus käyttöön. Ensimmäisenä kohteesta suunniteltiin havainnekuva DIALux Evo 8.2 -ohjelmalla (Kuva 16). Havainnekuvan tekemiseen päädyttiin, koska se oli hyvä apuväline projektin esittelyyn ja samaa suunnitelmaa voidaan käyttää myös kohteen valaistussuunnitteluun.



Kuva 16. Energiakontin havainnekuva

Sähkösuunnitelmien piirtäminen toteutettiin CADS Planner 17 -ohjelmalla. Kohteeseen toteutetut sähköpiirustukset on listattu liitteessä 1 piirustusluettelo ja kaikki kohteeseen toteutetut sähkösuunnitelmat on esitetty liitteissä 2-8.

## 7 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

Kohteeseen asennetaan nimellisteholtaan 1.08 kWp aurinkosähköjärjestelmä, joka koostuu neljästä monikide aurinkopaneelista. Järjestelmä poikkeaa tavanomaisesta järjestelmästä siten, että aurinkosähköpaneelit kytketään invertterin sijaan lataussäätimen kautta akustoon (Liite 6).

Aurinkosähköjärjestelmän lataussäätimenä käytetään Victron Energy Smart Solar 100/50 mallia, joka oli hankittu jo ennen suunnittelun aloittamista. Tästä johtuen aurinkosähköjärjestelmä suunniteltiin lataussäätimelle sopivaksi. Tosin alustavia suunnitelmia oli tehty jo laitehankinnan yhteydessä. Säätimeen tuleva jännite saa olla enintään 100 V ja virta enintään 60 A. Järjestelmän nimellisteho ei saa ylittää arvoa 1400 W. Lataussäätimen tekniset tiedot on esitetty liitteessä 11.

Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelussa käytetään seuraavia termejä:

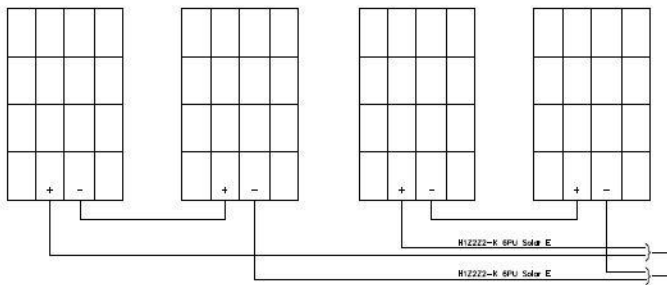
- Kahden tai useamman aurinkosähköpaneelin sarjaan kytkennästä käytetään nimitystä paneeliketju.
- Aurinkosähköpaneelisto tarkoittaa kokoonpanoa, joka muodostuu aurinkosähköpaneeleista, paneeliketjuista, osapaneelistoista sekä paneeliston liitäntäkeskuksista.
- Liitäntäkeskuksella tarkoitetaan sähkökeskusta, joka yhdistää osapaneelistot tai paneeliketjut. Liitäntäkeskus voi sisältää myös muita sähkölaitteita.
- Aurinkosähkövaihtosuuntaaja tunnetaan myös nimellä invertteri. Invertteri on laite, joka muuttaa paneeliston tuottaman tasajännitteen ja tasavirran vaihtojännitteeksi ja vaihtovirraksi. (SFS-käsikirja 600-1-2 2017, 136.)

### 7.1 Aurinkopaneelin kytkentä ja mitoitus

Aurinkopaneelina käytetään Astronergyyn valmistamaa 270 W monikidepaneelia. Paneelin avoimen piirin jännite (Uvoc) on STC olosuhteissa teknisten tietojen mukaan 38,0 V (Liite 10). Jos kaikki paneelit kytkettäisiin sarjaan, olisi paneeliston

avoimen piirin jännite  $4 \times 38.0 \text{ V} = 152 \text{ V}$ . Tämä arvo ylittää lataussäätimen maksimi jännitearvon, joten kaikkien paneelien sarjaan kytkentä ei ole tässä tapauksessa mahdollinen.

Käyttämällä kahden sarjaan kytketyn paneelin rinnankytkentää (Kuvio 5) saadaan edellä mainittu avoimen piirin jännite laskemaan puoleen, eli  $144.4/2 = 76.0 \text{ V}$ :iin.



Kuvio 5. Aurinkopaneelien kytkentä

Jos käytetään rinnakkain kytkettyjä paneeliketjuja, on kaikilla paneeliketjuilla oltava sama mitoitusjännite. Käytännössä tämä tarkoittaa, että jokaisessa paneeliketjussa on saman verran juuri samanlaisia aurinkosähköpaneeleita. (SFS-käsikirja 600-1-2 2017, 140.)

Lataussäädintä ei kuitenkaan voi mitoittaa paneelien nimellisarvoilla, vaan on laskettava paneeliston suurin mahdollinen avoimenpiirin jännite  $U_{OC \text{ MAX}}$  ja suurin mahdollinen oikosulkuvirta  $I_{SC \text{ MAX}}$ . (SFS-käsikirja 600-1-2 2017, 152).

Standardin SFS 6000 kohdan 7-712 liitteen B mukaan aurinkosähköpaneelin suurin mahdollinen avoimen piirin jännite voidaan laskea kaavalla:

$$U_{OC \text{ MAX}} = K_U \cdot U_{OC \text{ STC}} \quad (1)$$

,jossa

$K_U$  on korjauskerroin

$U_{OC \text{ STC}}$  on avoimen piirin jännite STC olosuhteissa (SFS-käsikirja 600-1-2 2017, 152).

Korjauskerroin ottaa huomioon asennuskohteen alimman lämpötilan vaikutuksen paneelin avoimenpiirin jännitteen suurenemiseen STC-arvosta. Korjauskerroin voidaan laskea kaavalla:

$$K_U = 1 + (A_{U_{OC}}/100) * (T_{min} - 25) \quad (2)$$

jossa,

$A_{U_{OC}}$  on paneelin jännitteen  $U_{OC}$  lämpötilakerroin %/C

$T_{min}$  on kohteen alin lämpötila

Arvioidaan kohteen alimman lämpötilan olevan  $-15\text{ °C}$  ja lasketaan korjauskerroin kaavalla:

$$K_U = 1 + (-0.310\%/C/100) * (-15\text{ °C} - 25) = 1.124 \quad (3)$$

Ja edelleen suurin mahdollinen avoimenpiirin jännite kaavalla:

$$U_{OC\ MAX} = 38.0\text{ V} * 1.124 = 42.712\text{ V} \quad (4)$$

Laskettu arvo vastaa yhden paneelin  $U_{OC\ MAX}$  jännitettä. Kohteeseen asennetaan kahden paneelin sarjaan kytkentä, jolloin jännite kaksinkertaistuu. Joten lopullinen mitoituskäyttöön käytettävä jännite  $U_{OC\ MAX}$  on  $85.42\text{ V}$ .

Suurimman mahdollisen oikosulkuvirran  $I_{SC\ MAX}$  arvo lasketaan kaavalla:

$$I_{SC\ MAX} = K_1 * I_{SC\ STC} \quad (5)$$

jossa,

$K_1$  on kerroin, jonka pienin arvo on 1.25

\* $I_{SC\ STC}$  = paneelin oikosulkuvirta STC olosuhteissa (SFS-käsikirja 600-1-2 2017, 153).

$$I_{SC\ MAX} = 1.25 * 9.45\text{ A} = 11.81\text{ A}$$

Jos asennuskohteessa on suuri säteilyn voimakkuus tai voimakkaita heijastuksia, on korjauskertoimen  $K_1$  arvoa suurennettava huomioiden ympäristön olosuhteet (SFS-käsikirja 600-1-2 2017, 153).

Koska asennuksessa on kaksi rinnankytkettyä paneeliketjua, on laskettu oikosulkuvirran maksimiarvo kerrottava kahdella. Joten lopullinen mitoitukseen käytettävä virta  $I_{SC\ MAX}$  on 23.63 A. Myös liitäntäkotelon ja lataussäätimeen välinen johdotus tulee mitoittaa virran maksimiarvolla.

## 7.2 Ylivirtasuojaus

Aurinkosähköpaneelistoissa, joissa on yli yksi tai kaksi rinnankytkettyä paneeliketjua, ei tarvitse olla ylivirtasuojauksia. Käytettäessä ylivirtasuojauksia tasasähköosassa on ylivirtasuojina käytettävä joko standardin SFS-EN 60269-6 mukaista gPV-varoketta tai standardin SFS-EN 60947-3 mukaista varokekytkinyhdistelmää tai standardin SFS-EN 60947-2 tai SFS-EN 60898-2 mukaista katkaisijaa (SFS-käsikirja 600-1-2 2017, 146).

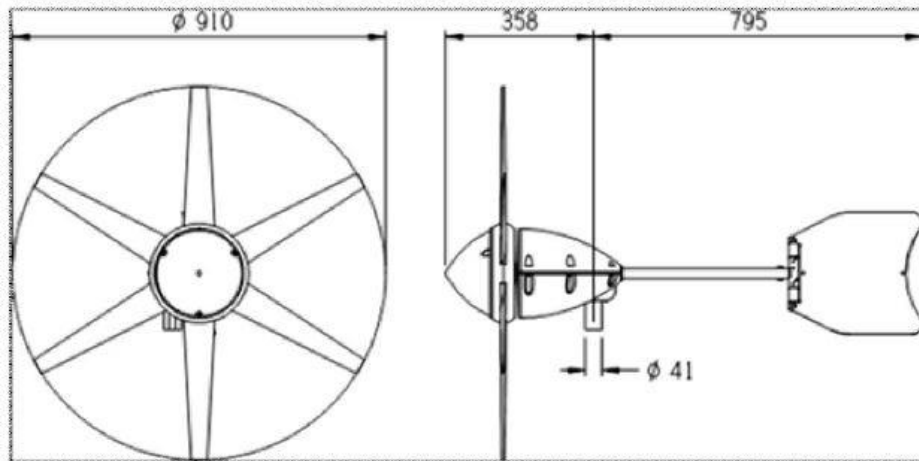
Aurinkosähköpaneeliston vaihtosähkösyöttökaapelin ylivirtasuojan mitoitusvirrana käytetään valmistajan invertterille ilmoittamaa suurinta vaihtovirtaa tai tiedon puuttuessa 1,1 kertaa vaihtosuuntaajan mitoitusvaihtovirta (SFS-käsikirja 600-1-2 2017, 141).

Liitteessä 6 Sähköenergian tuotantokaavio on esitetty aurinkosähköjärjestelmän liityntä energiakontin sähkön tuotantojärjestelmään. Pääkaaviossa (Liite 8) on esitetty invertterin vaihtosähkösyöttökaapelin tyyppi ja poikkipinta, sekä kyseisen lähdön suojalaitteet.



## 8 TUULIVOIMALAN SUUNNITTELU

Kohteeseen asennetaan nimellisteholtaan 160 W Rutlandin valmistama vaaka-akselinen tuulivoimala (Kuva 17). Tuulivoimalassa on kolmivaiheinen kestopagneetti generaattori, joka tuottaa kolmivaiheista vaihtovirtaa. Tuulivoimala sisältää sisäänrakennetun tasasuuntaajan, joka muuttaa vaihtojännitteen tasajännitteeksi 24 VDC. (Marlec Engineering Company Ltd 2013, 1.)



Kuva 17. Rutland FM910-4 tuulivoimala (Marlec Engineering Company Ltd 2013, 2)

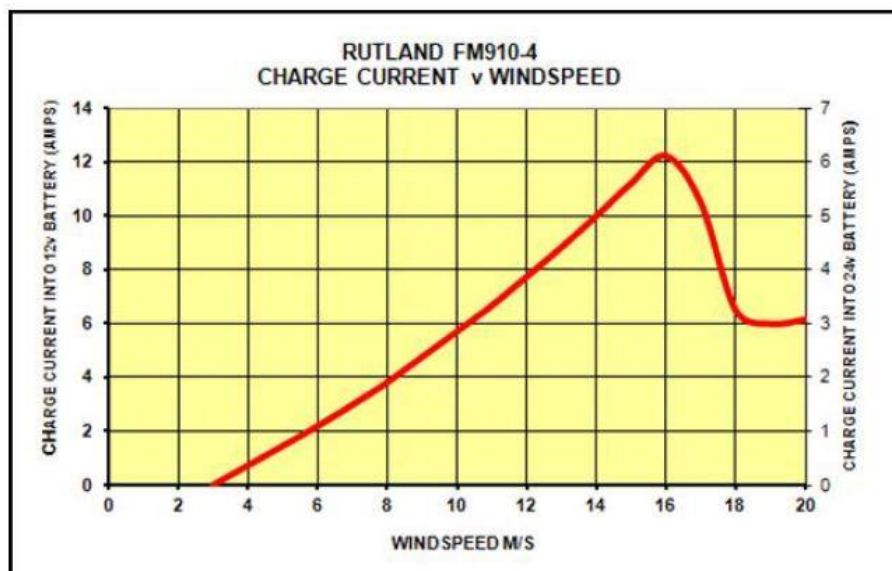
Tuulivoimala kytketään lataussäätimen ja siitä edelleen samaan akustoon aurinkosähköjärjestelmän kanssa, eli tuulivoimala toimii aurinkosähköjärjestelmän kanssa hybridijärjestelmänä. Tuulivoimalan liittyminen energiakontin sähköntuotantoon on kokonaisuudessaan esitetty liitteessä 6.

Lataussäätimenä käytetään Marlecin valmistama pulssileveysmodulaatiosäädintä (Kuva 18). Lataussäädin säätelee akuston latausvirtaa akkujen lataustason mukaan ja samalla hidastaa tuulivoimalan generaattoria tilanteessa, jolloin akut ovat täynnä. Tällä toimenpiteellä pystytään vähentämään generaattorin kulumista. Lataussäätimen sijoitus tulisi olla enintään 1,5 metriä akustosta jännitehäviöiden minimoimiseksi ja säädön tarkkuuden varmistamiseksi. Lataussäätimessä merkivalot indikoivat latauksen tilan ja akuston jännitteen. (Marlec Engineering Company Ltd 2013, 2.)



Kuva 18. Tuulivoimalan lataussäädin (Marlec Engineering Company Ltd 2013, 2)

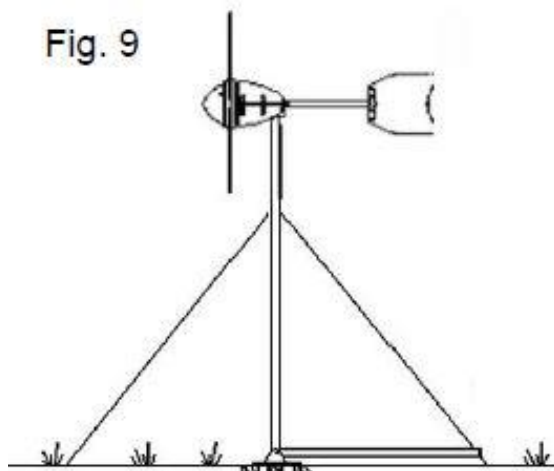
Voimalan myrskysuojaus on toteutettu kääntyvällä peräsimellä, joka kääntää voimalan asentoa 90 astetta vallitsevasta tuulen suunnasta tilanteessa, jolloin tuulen nopeus ylittää arvon 16 m/s. Tuulivoimalan tuotto ei kuitenkaan lakkaa kokonaan, vaikka voimala on myrskysuoja-asennossa, koska tässä tilanteessa voimala on poikittain tuulensuuntaan nähden. Kuvassa 19 on esitetty voimalan latausvirta eri tuulen nopeuksilla, josta huomataan, että latausvirta pienenee tuulen voimakkuuden ylittäessä 16 m/s. Lisäksi voimalassa on sisäänrakennettu ylikuumenemisuoja, joka tarvittaessa hidastaa voimalan pyörimisnopeutta. (Marlec Engineering Company Ltd 2013, 5.)



Kuva 19. Tuulivoimalan latausvirta eri tuulennopeuksilla (Marlec Engineering Company Ltd 2013, 2)

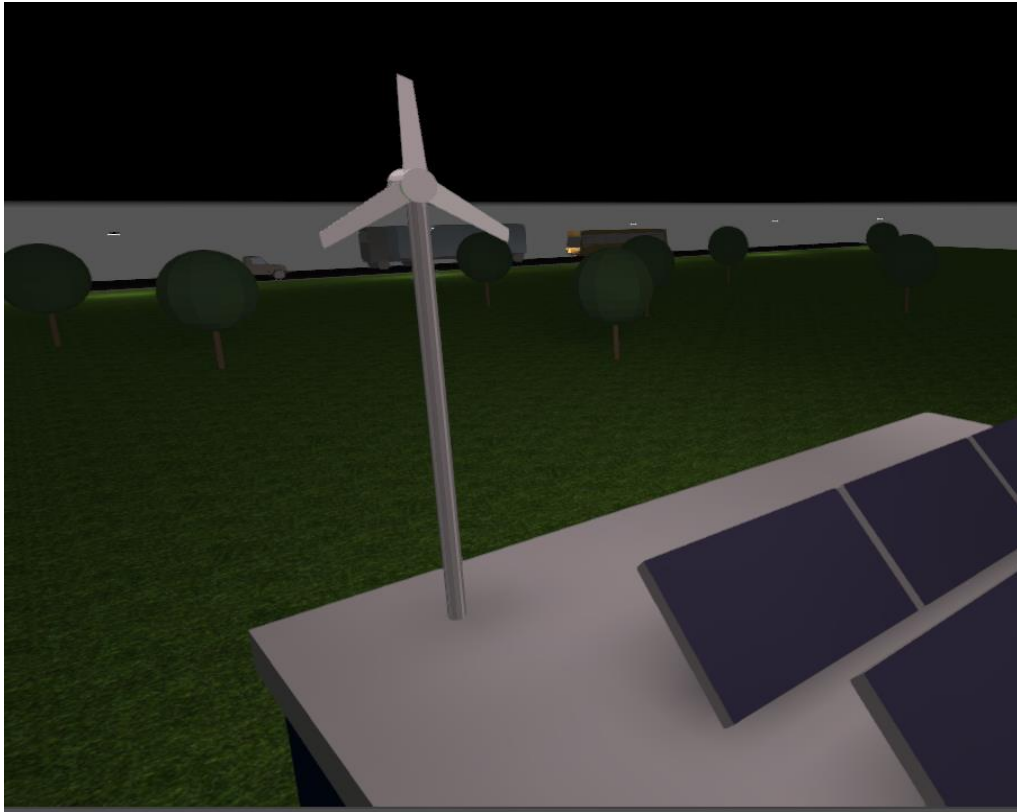
## 8.1 Tuulivoimalan masto

Tuulivoimala asennetaan mastoon, jonka korkeus tulee olla vähintään kuusi metriä. Tuulivoimalan kiinnitys mastoon vaatii, että maston halkaisijan sisämitta maston huipussa on 41 mm ja maston halkaisijan ulkomitta enintään 50 mm. Lisäksi maston seinämän paksuuden tulee olla vähintään 3 mm. Masto tulee kiinnittää tukevasti asennusalueeseen ja lisäksi masto tulee harustaa, ettei se pääse liikkumaan tuulen vaikutuksesta (Kuva 20). (Marlec Engineering Company Ltd 2013, 4.)



Kuva 20. Tuulivoimalan maston harustaminen (Marlec Engineering Company Ltd 2013, 13)

Energiakontin katolle asennetaan neljä metriä korkea masto (Kuva 21). Kontin katon korkeus maasta mitattuna on kolme metriä, joten kokonaiskorkeus täyttää sille asetetut vaatimukset. Masto kiinnitetään alapäästä kontin kattoon siihen erikseen suunnitellun laipan avulla. Poiketen kuvan 21 havainnekuvasta mastoon asennetaan kaksi kulmaraudasta valmistettua harusta, jotka kiinnitetään mastoon hieman keskikohdan yläpuolelle ja toisesta päästä kontin runkorakenteeseen.



Kuva 21. Maston sijoittaminen energiakontin katolle

## 8.2 Tuulivoimalan kaapelointi

Tuulimyllyn kaapelointiin käytettävän kaapelin poikkipinta määräytyy tuulimyllyn ja lataussäätimen välisestä etäisyydestä. Taulukossa 1 on esitetty vaatimukset kaapelin poikkipinnoille eri kaapeli pituuksille. Tässä kohteessa kaapelin kokonaispituus on noin seitsemän metriä, joten taulukon 1 mukaan tuulivoimala voidaan kaapeloida kaapelilla, jonka johtimien poikkipinta-ala on  $1,5 \text{ mm}^2$ . (Marlec Engineering Company Ltd 2013, 14.)

Taulukko 1 Vaaditut kaapelipoikkipinnat eri etäisyyksillä (Marlec Engineering Company Ltd 2013, 14)

Cable Run (m)	Cable Size			
	12V		24V	
	mm <sup>2</sup>	AWG	mm <sup>2</sup>	AWG
0-20	2.5	13	1.5	15
21-30	4	11	2.5	13
31-45	6	9	4	11
46-80	10	7	6	9

Käytettävää poikkipintaa päädyttiin kuitenkin kasvattamaan, koska tuulimyllyn kaapelointiin voidaan käyttää aurinkosähkö sovelluksista tuttua HIZ2Z2-K tyyppin kaksoiseristettyä asennusjohdinta. Tuulivoimalan kytkentä voidaan toteuttaa pikaliittimillä, mikä helpottaa voimalan irrottamista huoltotoimenpiteiden ajaksi. Poikkipinnan kasvattaminen ei huomattavasti lisää kaapeloinnin kustannuksia. Toinen hyvä puoli poikkipinnan kasvattamisella on, ettei kaapeloinnissa syntyvää jännitehäviötä tarvitse tutkia tarkemmin.

## 9 SÄHKÖAUTON LATAUSPISTEEN SUUNNITTELU

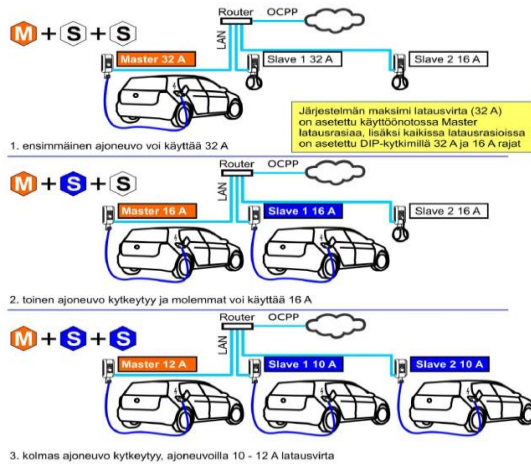
Tässä vaiheessa kohteeseen asennetaan latausasema yhdelle sähköautolle. Latausaseman sijoituspaikaksi valittiin energiakontin päätyseinä ja sen tarkka sijainti löytyy tasopiirustuksesta (Liite 2). Latausasemaksi valittiin ABB:n valmistama, lataustavan kolme EVLuniv Pro-M malli (Kuva 22), kiinteällä type 2 kaapelilla. Niin kuin edellä mainittiin kohteessa, tuotetaan tuuli- ja aurinkoenergiaa, jolla kannattaa ladata sähköautoa aina, kun kontin muu sähkön kulutus on pientä.



Kuva 22. Type 2 latausasema (ABB 2020)

Kyseiseen latausasemaan päädyttiin, koska se pystyy olemaan masterrasiana enintään 15 slaverasialle. Tällä tavoin voidaan muodostaa enintään 16 latausrasiasta koostuva ryhmä, jonka virran kulutuksen maksimiarvo voidaan määrittää käyttönoton yhteydessä (Kuva 23). Toteutettavaan kohteeseen asennetaan aluksi yksi latauspiste ja mahdollisesti tulevaisuudessa toinen.

Dynaamisella kuormanhallinnalla tarkoitetaan tilannetta, jossa latauslaitteet ottavat huomioon kohteen sähkönsyötön ja muun kuorman asettamat rajat, sekä estävät näin latauslaitteita aiheuttamasta ylikuormitustilanteita (Kuva 23). Dynaamisen kuormanhallinnan avulla voidaan siis tarjota useampi tehokas latauspiste ja silti noudattaa kiinteistön sähkönsyötön ja muun kuorman asettamia rajoja. (Ensto 2018, 7.)



Kuva 23. Dynaaminen kuormanhallinta (Järnefelt 2018).

Sähköautojen latausasemien suunnittelussa ja asennuksessa tulee noudattaa Standardia SFS 6000 (SFS-käsikirja 600-1-2 2017,199).

Jos sähköauton latausasema on sijoitettu ulos, tulee sen koteloitualueen oltava vähintään IP44 ja puolestaan sisätiloihin sijoitettuna IP41. Lisäksi latauspisteeseen tulee kestää asennuspaikasta riippuen tarpeeksi suuren ulkoisen iskun. Standardi SFS 6000 määrittelee kohdassa 722.512.2 ulkoisten tekijöiden vaikutuksesta seuraavasti:

*”Sähköautojen liitäntäpisteet on suojattava vähintään keskimääräistä iskua (AG2) vastaan. Suojaus voidaan toteuttaa yhdellä tai useammalla seuraavista tavoista*

- *valitaan asennusasento tai sijoituspaikka siten, että todennäköisesti vältetään iskut*
- *käytetään yleistä tai paikallista mekaanista suojausta*
- *asennetaan liitäntäpistekoteloon, joka kestävä vähintään SFS-EN 62262 mukaisen luokan IK07 mukaisen ulkoisen iskun.”* (SFS-käsikirja 600-1-2 2017, 202-203.)

Lisäksi standardin edellä mainittuun kohdan kansallinen lisävaatimus määrittelee latausasemien rakenteelle vaatimuksia. Latausasemien vaatimukset annetaan erikseen tiloihin, joihin pääsyä ei ole rajoitettu, sekä tiloihin joihin pääsy on rajoitettu. (SFS-käsikirja 600-1-2 2017, 203.)

Tässä asennuskohteessa noudatetaan standardin tarkoittamaa paikkaa, jonne pääsy on rajoitettu. Standardin SFS 6000 kohta 722.512.2 määrittelee seuraavasti:

*”Paikoissa, joissa pääsy on rajoitettu (esim. pysäköintilaitokset, ja yksityiset pysäköintialueet, yksityiskiinteistöjen pihat ja vastaavat) latausaseman pitää kestää SFS-EN 62262 luokan IK07 mukainen ulkoinen isku. Suositellaan kuitenkin, että latausasema rakennetaan siten, että se kestää luokan IK08 mukaisen iskun ja muut keskimääräisen lujuuskuokan mukaiset vaatimukset.”* (SFS-käsikirja 600-1-2 2017, 203.)

### 9.1 Vikavirtasuojat

Standardin SFS 6000 määrittelee kohdassa 722.531.3.101 vaatimukset vikavirtasuojan käytölle. Jokainen liitäntäpiste (piste, jossa sähköajoneuvo on kytketty kiinteään asennukseen) on suojattava mitoitusvirraltaan enintään 30 mA ja vähintään tyyppin A vikavirtasuojalla, ellei piirejä ole suojattu sähköisellä erotuksella. (SFS-käsikirja 600-1-2 2017, 203.)

Tasasähkövirroilta suojaamisen toimenpiteet standardi SFS 6000 em. kohta asettaa seuraavat ehdot:

*”Jos sähköajoneuvon latausasema on varustettu SFS-EN 62196 mukaisella pistoriisillä tai pistokkeella, on oltava käytössä toimenpiteet tasasähkövirroilta suojaamiseksi, ellei suojausta toteuteta latausasemassa. Kussakin latausasemassa tehtävät toimenpiteet ovat seuraavat:*

- *B-tyypin vikavirtasuojan käyttö*
- *A-tyypin vikavirtasuojia ja soveltuvat laitteet, joilla varmistetaan poiskytkentä tasasähkövirran ylittäessä 6mA.”* (SFS-käsikirja 600-1-2 2017, 203.)

Lisäksi vikavirtasuojien on oltava jonkin seuraavan standardin mukaiset: SFS-EN 61008-1, SFS-EN 61009-1, SFS-EN 60947-2 tai SFS-EN 62423 (SFS-käsikirja 600-1-2 2017, 203).



Kohteeseen suunniteltu sähköauton latausasema sisältää 6 mA:n tasavirran tunnistuksen, joten sen suojaaminen voidaan toteuttaa A-tyypin vikavirtasuojalla, jonka mitoitusvirta on 30 mA. Latausasemassa ei sisällä vikavirtasuojasta, joten latausasemaa syöttävä ryhmäjohto pitää suojata vikavirtasuojalla ryhmäkeskuksessa (Liite 8).

## 9.2 Kaapelointi

Sähköauton latausasemien syöttökaapelit mitoitetaan yleensä nimellistehon mukaan, mutta useiden latausasemien tehoa voidaan rajoittaa esimerkiksi DIP-kytkimillä, jolloin kaapelin mitoitukseen voidaan käyttää rajoitettua virta-arvoa. Jos asennuksessa on mahdollisuus kasvattaa virtaa suuremmaksi, se täytyy ottaa huomioon mitoituksessa. Asennuksen ylikuormitussuojaus määräytyy käytetyn kaapelin mukaan. (Ylinen 2019, 8.)

Kohteeseen asennettavan latausaseman nimellisteho on 22 kW, mutta syöttävästä sähköverkosta ei saada tarvittavaa tehoa, joten latausaseman virtaa on rajoitettava DIP-kytkimillä. Latausaseman oikosulku- ja ylikuormitussuojaus on toteutettu pääkaavion (Liite 8) mukaan C16 A johdonsuojakatkaisijalla. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että aseman latausteho voi olla enintään 11 kW.

Latausaseman dynaaminen kuormanohjaus huomioitiin kohteen yleiskaapelointijärjestelmän suunnittelussa (Liite 4) siten, että latausaseman läheisyyteen suunniteltiin telerasia, jolla latausasema voidaan liittää tietoliikenneverkkoon. Tämä mahdollistaa tehon rajoituksen toimenpiteet ohjelmallisesti, joka on välttämätöntä, jos latausasemien määrä kasvaa. Telerasia sijaitsee energiakontin sisäpuolella, jolloin se ei ole alttiina ilmastollisille olosuhteille.

Vaikka suunnittelukohteeseen asennetaan tässä vaiheessa ainoastaan yksi latausasema, varaudutaan myös toisen aseman asennukseen tulevaisuudessa. Latausaseman kaapeloinnin toteutustapaa piti hieman pohtia, koska standardista saa helposti sen käsityksen, että jokaista latausasemaa tulisi syöttää omalla syöttöllä keskukselta saakka. Tästä syystä heräsi mielenkiinto tutkia useamman latausaseman kaapelointia koskevia määräyksiä.

Standardi SFS 6000 kohdan 722.314.101 mukaan sähköajoneuvojen syöttämiseen tulee käyttää omaa virtapiiriä. Lisäksi kohdan 722.533.101 mukaan jokaista liitäntäpistettä on syötettävä erikseen ryhmäjohdolla, joka on suojattava ylivirtasuojalla. (Ylinen 2019, 2.)

SFS 6000 kohdan 826-14-01 määritelmän mukaan ”*virtapiiri on asennuksen sähkölaitteiden muodostama kokonaisuus, jota suojataan ylivirroilta samalla suoja-laitteella tai -laitteilla*” (SFS-käsikirja 600-1-1 2017, 40).

Kohdan 826-14-03 mukaan

*”ryhmäjohto on virtapiiri, joka on tarkoitettu kytkettäväksi suoraan kulutuskojeseen tai pistorasiaan”* (SFS-käsikirja 600-1-1 2017, 40).

Sähköajoneuvojen latauksessa ryhmäjohto syöttää liitäntäpistettä, joka voi olla pistorasia tai pistoke. Nämä suojataan yleensä latauskeskuksessa olevalla ylivirtasuojalaitteella. (Ylinen 2019, 3.)

Latausaseman syöttö on määritelmän 826-14-02 mukainen pääjohto, eli yhtä tai useampaa jakokeskusta syöttävä virtapiiri. Standardissa ei vaadita kullekin latauskeskukselle omaa pääjohtoa, vaan latauskeskusten välillä on mahdollisuus käyttää ketjutusta kuten perinteisillä autolämmityspistorasiakoteloilla. (Ylinen 2019, 4.)

## 10 VALAISTUSSUUNNITTELU

Standardi SFS-EN 12464-1 määrittelee normaalinäkökyisten valaistusvaatimukset sisätiloissa, lähtien henkilöiden näkömukavuuden ja näkötehokkuuden tarpeista. Standardi käsittelee yleisimpiä näkötehtäviä vaativia töitä mukaan lukien tietokoneella suoritettava työ. (SFS-käsikirja 12464-1 2019, 10.)

Standardi määrittelee valaistusratkaisujen määrälliset ja laadulliset vaatimukset useimmille sisätyöpaikoille, mutta standardia ei voi soveltaa ulkotyöpaikkojen, maanalaisten kaivosten tai turvavalaisituksen tarpeisiin. Standardi ei myöskään esitä valmiita ratkaisumalleja, eikä rajoita suunnittelijan vapautta soveltaa valaistukseen uutta tekniikkaa tai edistyneiden laitteiden käyttöä. (SFS-käsikirja 12464-1 2019, 10.)

### 10.1 Luokkahuoneen valaistusvoimakkuus

Taulukossa 2 on esitetty standardin SFS-EN 12464-1 taulukko 5.36, joka kohdassa 5.36.1 määrittelee opetustilojen, sekä luokkahuoneiden valaistusvaatimukset. Vaatimukset on esitetty valaistusvoimakkuuden lisäksi suurin sallittu UGR (Unified Glare Rating) arvo, joka kertoo sisätilojen valaistusasennusten valaisimien suoraan aiheuttaman kiusahäikäisyn enimmäisarvon. Lisäksi taulukossa määritellään  $U_o$  arvo, joka on laskettavissa tilan pienimmän ja keskimääräisen valaistusvoimakkuuden osamääränä. Taulukossa esitetty  $R_a$  arvo kertoo värintoisto indeksin vähimmäisvaatimuksen. Värintoiston tarkoituksena on saada ympäristön, kohteiden ja ihmisten värit toistumaan oikeana, sekä luonnollisella tavalla. Valolähteiden värintoisto-ominaisuudet ilmoitetaan  $R_a$  indeksillä, jonka suurin mahdollinen arvo 100. (SFS-käsikirja 12464-1 2019, 24, 30, 60.)

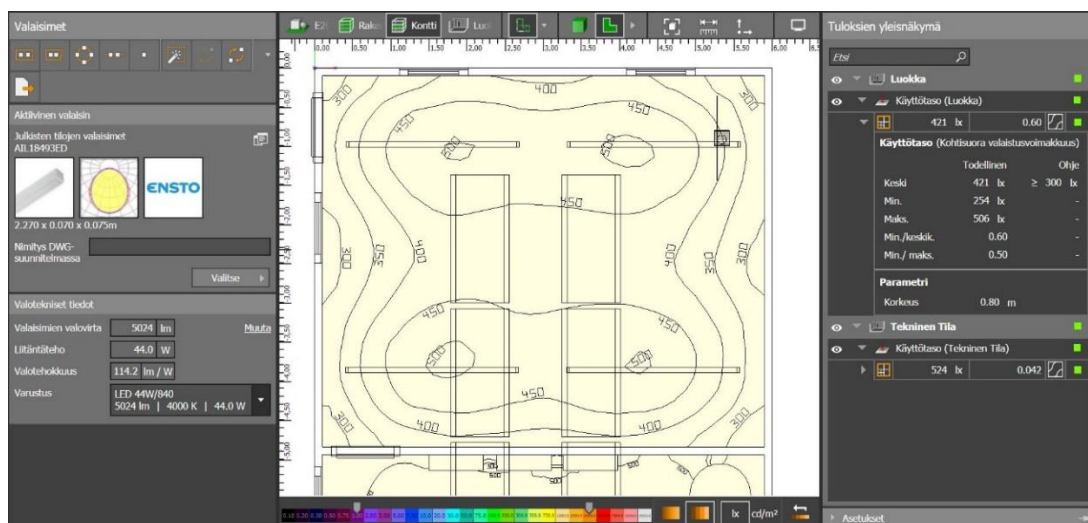
Taulukko 2 Opetustilojen ja opetusrakennusten valaistusvoimakkuus (SFS-käsikirja 12464-1 2019, 36)

Taulukko 5.36 Opetustilat – Opetusrakennukset

Viitenro.	Tila, tehtävä tai toiminta	$\bar{E}_m$ lx	$UGR_L$	$U_o$	$R_a$	Erityisvaatimukset
5.36.1	Luokkahuoneet, opetustilat	300	19	0,60	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä
5.36.2	Luokkahuoneet iltaikäytössä ja aikuisopiskelijoille	500	19	0,60	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä
5.36.3	Auditorio, luentosali	500	19	0,60	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä erilaisiin A/V -tarpeisiin
5.36.4	Liitutaulut ja kirjoitustaulut	500	19	0,70	80	Suuntaheijastumisia on vältettävä Esiintyjä/opettaja on valaistava sopivalla pystysuoralla valaistusvoimakkuudella

Valaisinvalmistaja ilmoittaa valaisimelle UGR- ja Ra- arvon, mutta sopivan valaistusvoimakkuuden, sekä tasaisuuden saavuttaminen on aina suunniteltava tapauskohtaisesti. Tässä kohteessa luokkahuoneen valaistukseen käytettiin Enston valmistamaa valaisinta, joka valmistajan mukaan täyttää tilalle asetetut vaatimukset kiusahäikäisyn ja värinöistön suhteen. Kohteessa käytettävät valaisimet ovat listattuna valaisinluettelossa (Liite 7).

Valaistussuunnitelma toteutettiin DIALux Evo 8.2 ohjelmalla, jolla mallinnettiin kohteen eri tilat. Kuvassa 24 on esitetty luokkahuoneen valaistusvoimakkuus, jonka mukaan luokkahuoneen keskimääräinen valaistusvoimakkuus 0,8 metrin korkeudelta mallinnettuna on 421 lx ja tasaisuus 0,60. Mallintamalla saadaan varmistettua, että valaistus täyttää sille asetetut vaatimukset.

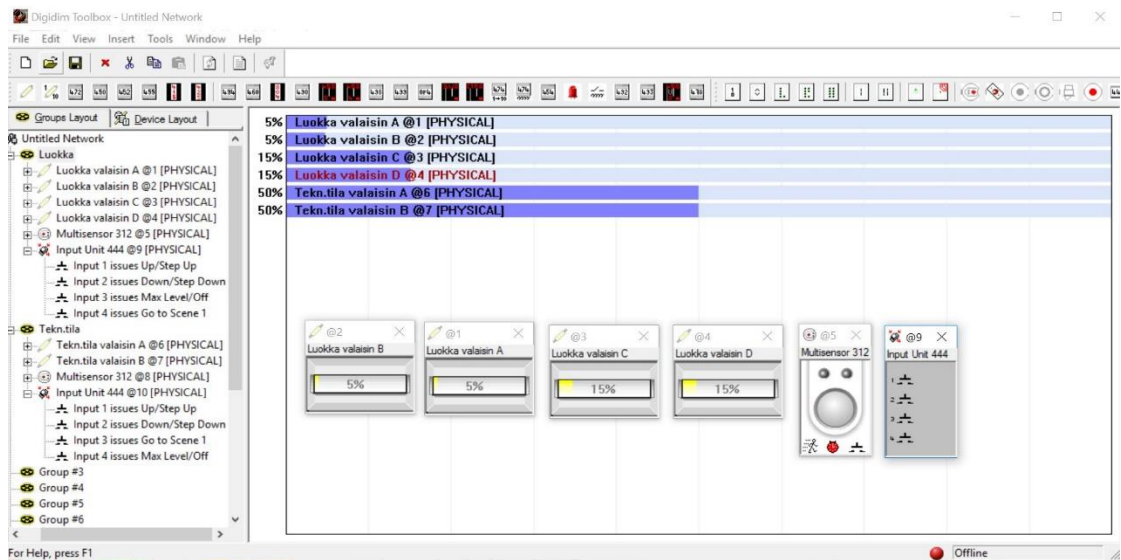


Kuva 24. Luokkahuoneen mallinnettu valaistusvoimakkuus

## 10.2 DALI-ohjelmointi

DALI- kaapelointi ja järjestelmässä käytettävät komponentit ovat esitetty liitteessä 5. Valaistuksen ohjaus mahdollisuuksia ovat himmennys ja erilaiset valaistus tilanteet. Lisäksi kohteessa käytetään Helvarin 312 multisensoria, joka mahdollistaa vakiovalotoiminnan. Vakiovalotoiminta ottaa huomioon tilaan vaikuttavan luonnon valon ja säätää valaistusta halutulle tasolle riippuen luonnonvalon määrästä. Tällä tavalla saavutetaan energiatehokas sekä miellyttävä valaistus.

Varsinaiseen käyttöön ottoon voidaan käyttää Helvarin DIGIDIM Toolbox ohjelmaa, jolla voidaan tehdä valaistuksen ohjaus offline-tilassa etukäteen (Kuva 25).



Kuva 25. Ohjelmointi off-line tilassa DIGIDIM Toolbox ohjelmalla

Offline-tilassa tehty ohjelma voidaan pienellä vaivalla siirtää valmiiseen järjestelmään, josta on huomattavaa hyötyä ainakin suuremmissa järjestelmissä. Lisäksi valaistukseen on helppo tehdä muutoksia vielä käyttöönoton yhteydessä ja mahdollisesti myös tulevaisuudessa, jos käyttökokemukset niin osoittavat.

## 11 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli toteuttaa sähkösuunnitelma koulutuskuntayhtymä OSAOn Haukiputaan yksikköön rakennettavaan opetustilaan.

Opinnäytetyössä perehdyttiin syvällisemmin ympäristöystävällisiin järjestelmiin ja laitteisiin, jotka ovat keskeisessä osassa puhuttaessa uusiutuvasta energiasta ja energiatehokkuudesta. Lopputuloksena saatiin laadittua sähkösuunnitelmat, joilla hankeen sähköasennukset voidaan toteuttaa.

Opinnäytetyöprosessin aikana pääsin toteuttamaan sähkösuunnitelmia, käyttönoton visualisointia ja mallinnusta eri ohjelmistoilla, jotka pääosin olivat entuudestaan tuttuja. Haasteita työssä aiheutti käsiteltävien aihealueiden laajuus, josta johtuen läpikäytävää materiaalia kertyi todella paljon. Itse työhön piti valikoida ainoastaan tärkeimmät asiat, ettei työ veny luvattoman pitkäksi. Työn tavoitteena oli saada kohteen sähkösuunnitelmat toteutettua sovitussa aikataulussa. Opinnäytetyön tuloksena saatiin opetuskäyttöön suunnitellun energiakontin sähkösuunnitelmat ja työlle asetetut vaatimukset työn laajuudesta huolimatta onnistuneesti täytettyä.

Opinnäytetyö tarjoaa runsaasti jatkokehitysmahdollisuuksia. Kohteessa on loistavat mahdollisuudet testata ja kehittää eri järjestelmien integrointia ja niihin liittyviä automaatiosovelluksia. Tulevaisuudessa luokkatilan seinille tullaan rakentamaan sähköalan opiskelijoille pieniä harjoitustöitä, joten tämän projektin tiimoilta työt jatkuvat vielä tilan suunnittelun ja toteutuksen jälkeenkin. Syntyneestä sähkösuunnitelmasta voidaan jatkossa hyvin pienillä muutoksilla hyödyntää aurinko- ja tuulienergian tuotantosuunnitelmat myös muille pienille rakennuksille, kuten kesämökeille, joissa ei ole sähköliittymää ja sähköntuotannossa halutaan käyttää ympäristöystävällisiä vaihtoehtoja.

## LÄHTEET

- ABB 2020. EVLunic\_Pro\_M\_W22-G6-R-C. Viitattu 16.2.2020  
<https://new.abb.com/products/fi/6AGC070495/evlunic-pro-m-w22-g6-r-c-evlunic-wallbox-type-2-ac-cable-6m-22-kw-rfid-umts>.
- Aurinkosähköopas 2020. Viitattu 16.2.2020 <https://www.vsv.fi/sites/default/files/aurinkosahkoopas.pdf>.
- Dali AG. 2001. Dali AG Manual. Viitattu 19.2.2020 [https://sitelec.org/download\\_page.php?filename=cours/abati/dali/pdf/manual\\_gb.pdf](https://sitelec.org/download_page.php?filename=cours/abati/dali/pdf/manual_gb.pdf).
- Eklund, E. 2011. Jokamiehen opas tuulivoiman käyttöön. Viitattu 18.1.2020  
[https://www.tuulivoimayhdistys.fi/filebank/759-Joka\\_miehen\\_opas\\_motiva.pdf](https://www.tuulivoimayhdistys.fi/filebank/759-Joka_miehen_opas_motiva.pdf).
- Ensto Oy 2018. Suunnittelijan opas. Sähköautojen latausjärjestelmien huomiointi kiinteistöjen sähkösuunnittelussa. Viitattu 25.1.2020  
<https://www.ensto.com/globalassets/whitepapers/suunnittelijan-opas-sahkoautojen-latausjarjestelmat.pdf>.
- Järnefelt, O. 2018. ABB EVLunic AC sähköautolatauslaitteet. Koulutusmateriaali, 28.
- Kaleva 2020. Osekk on nyt Koulutuskuntayhtymä OSAO – "Olemme saaneet vain positiivista palautetta nimiudistuksesta". Viitattu 15.1.2020 <https://www.kaleva.fi/uutiset/oulu/osekk-on-nyt-koulutuskuntayhtyma-osao-olemme-saaneet-vain-positiivista-palautetta-nimiudistuksesta/832907/>.
- Korpela, A. 2016. Tuulivoiman perusteet. Tampere: Amk-Kustannus Oy.
- Marlec Engineering Company Ltd. 2013. Owners Manual Installation and Operation. Asennus- ja käyttöohjeet.
- Lehto, I., Liuksiala, L., Lähde, P., Olenius, M., Orrberg, M. & Ylinen, M. 2017. Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus, ST-käsikirja 40. Espoo: Sähkötieto ry.
- ML Tekniikka Oy 2020. Sähköauton matkalatauskaapeli. Viitattu 25.1.2020  
<https://mltekniikka.omaverkkokauppa.fi/Saehkoeauton-latauskaapeli-PEC-00>.
- Motiva 2018. Auringonsäteilyn määrä Suomessa. Viitattu 6.2.2019  
[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon\\_perusteet/auringonsateilyn\\_maara\\_suomessa](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa).
- Motiva 2020. Valaistustieto. Valaistuksen ohjaus. Viitattu 12.2.2020 <https://valaistustieto.fi/energiatehokas-valaistus/valaistuksen-ohjaus>.
- Murtoniemi, S. 2018. DALI-reititinjärjestelmän suunnittelu ja käyttöönotto. Kaakois-Suomen Ammattikorkeakoulu. Sähkö- ja automaatiotekniikka. Opinnäytetyö.

Piikkilä, V. & Kallioharju, K. 2016. KNX DALI taustoja. Tampere: Avoin Automaatio Oy. Viitattu 19.2.2020 [http://knx.fi/doc/2016\\_lokakuu\\_julkaisut/KNX-DALI-TAUSTOJA.pdf](http://knx.fi/doc/2016_lokakuu_julkaisut/KNX-DALI-TAUSTOJA.pdf).

Tahkokorpi, M. 2016. Aurinkoenergia Suomessa. Helsinki: Into Kustannus.

SFS-käsikirja 600-1-1 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 1-1: Yleisvaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-käsikirja 600-1-2 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 1-2: Erikoistilojen ja täydentävät vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-käsikirja 12464-1 2019. Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: sisätilojen työkohteiden valaistus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

ST-käsikirja 41 2019. Sähköautot ja latausjärjestelmät. Espoo: Sähköinfo Oy.

Suomen Tuuliatlas 2020a. Mitä tuuli on? Viitattu 18.1.2020 [http://www.tuuliatlas.fi/tuulisuus/tuulisuus\\_2.html](http://www.tuuliatlas.fi/tuulisuus/tuulisuus_2.html).

Suomen Tuuliatlas 2020b. Tuuliatlaksen karttaliittymä. Viitattu 25.2.2020 <http://tuuliatlas.fmi.fi/fi/>.

Suomen Tuuliatlas 2020c. Tuulisuus Suomessa. Viitattu 18.1.2020 <http://www.tuuliatlas.fi/tuulisuus/index.html>.

Suomen Tuuliatlas 2020d. Weibull. Viitattu 25.2.2020 [http://www.tuuliatlas.fi/mallinnus/mallinnus\\_2\\_1.html](http://www.tuuliatlas.fi/mallinnus/mallinnus_2_1.html).

Suomen Tuulivoimayhdistys 2020a. Pientuulivoima. Viitattu 18.1.2020 <https://www.tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta/pientuulivoima>.

Suomen Tuulivoimayhdistys 2020b. Tietoa tuulivoimasta. Viitattu 15.1.2020 <https://www.tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta/tietoa-tuulivoimasta>.

Ylinen, T. 2019. Sähköasennusstandardien tulkintakysymyksiä. Koulutusmateriaali Sähköinfo Oy.

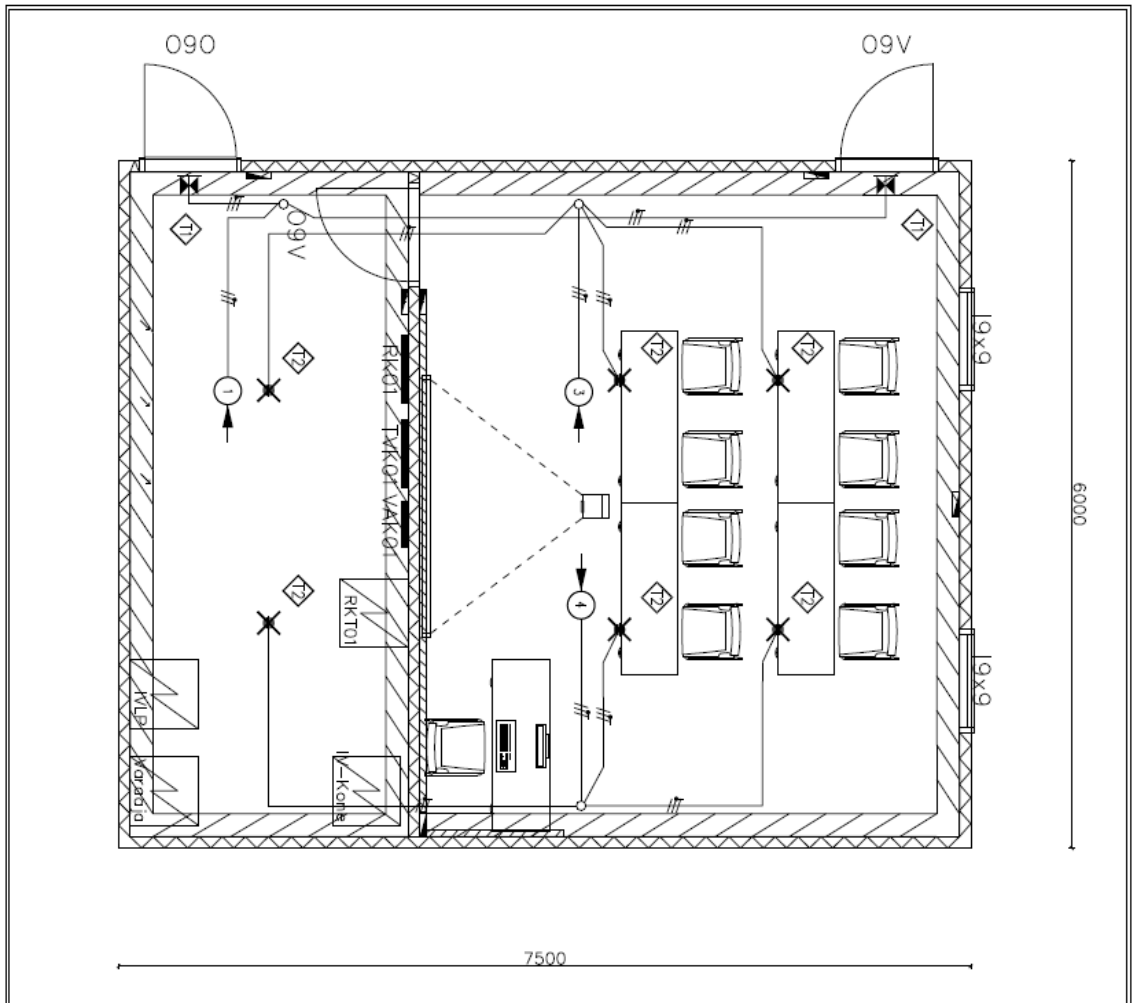


## LIITTEET

- Liite 1. Piirustusluettelo
- Liite 2. Tasopiirustus
- Liite 3. Turvavalaistus
- Liite 4. Yleiskaapelointi
- Liite 5. Väyläkaapelointi DALI
- Liite 6. Sähköenergian tuotantokaavio
- Liite 7. Valaisinluettelo
- Liite 8. Pääkaavio RK01
- Liite 9. Piirikaavio RK01
- Liite 10. Aurinkopaneelin tekniset tiedot
- Liite 11. Lataussäätimen tekniset tiedot



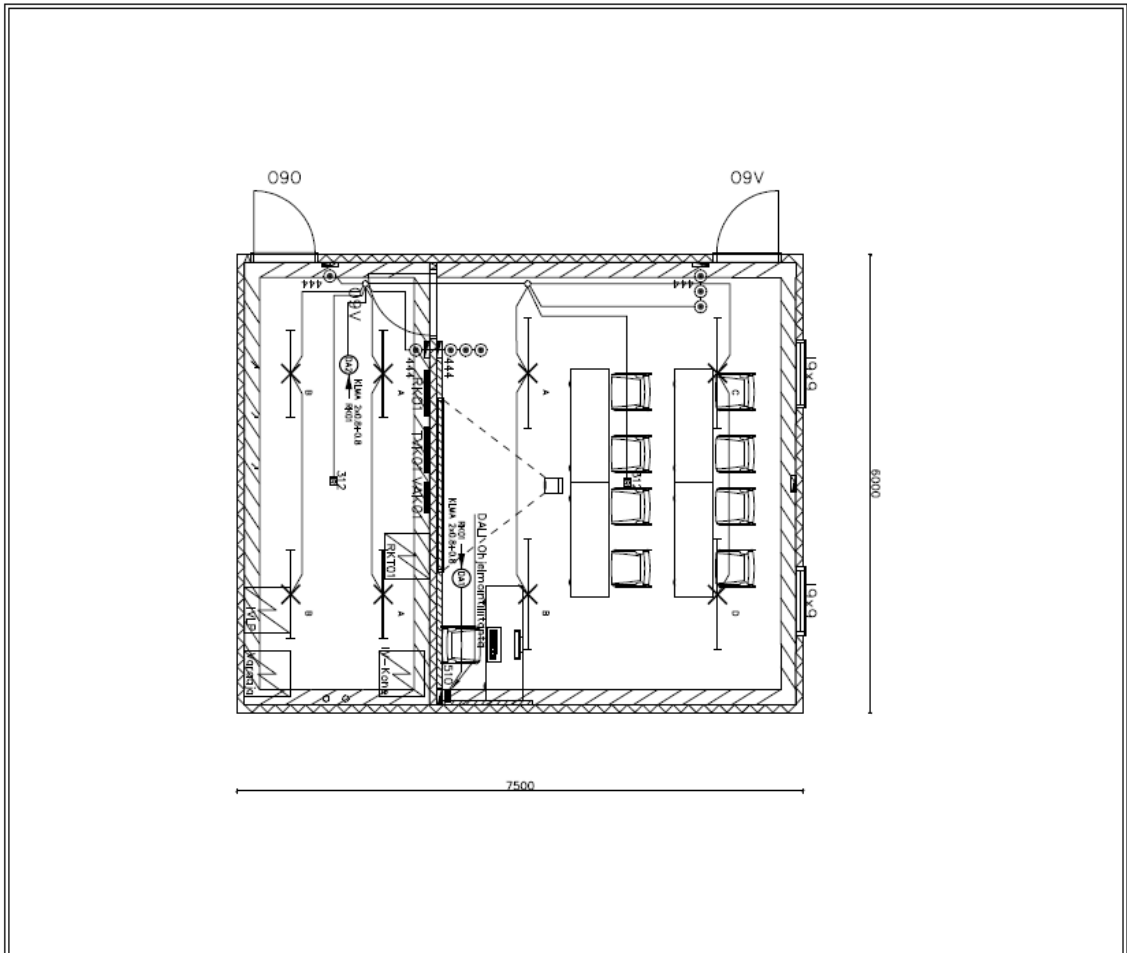




- Kaapelointi FRHF 3X2.5 S
- Jatkorsiat EI30/90 Esim. T 100 ED 6-5 A
- Turvavaloakeskus TKT3122
- Akku 12V TEA020 2kpl
- Akkukaapelsarja XJ996
- T1 Overmerkkivalo Opa80-Y8041W109 24V 20M Alas 1-P (jatkuvaltoininen)
- T2 Turvavalaisin Linespot II Y9971W (ajottain toimiva)

Työnr. Luonn. Muutos	Kart./Mu	Tihti	Riio	Yhteystietojen muuttaja	Siirtäjä	Ernt
UUDISRAKENNUS				SÄHKÖPIIRUSTUS		
Osuu. Huokkupuus				Turvavalaistus		
Esim. jaohje 5				E2020 Energialkentuul		
Turvavalaistus				Turvavalaistus		
OSAO				OSAO		
Proj.	2011/2020	Tekijä	Tilauksen numero			
Ernt.	Mid.	E2020		Tilauksen numero		
Siirtäjä	Mid.	SÄH S6100-1-001		Tilauksen numero		
Siirtäjä	Mid.			Tilauksen numero		
Siirtäjä	Mid.			Tilauksen numero		





- Dali väyläkaapelointi klm2x0 8+0 8
- 312 Multisensori liiketunnistin vakiovalo—ohjauksella
- 510 Usb Dali sovitin (ohjelmointiliityntä)
- 444 Mini sisäilmamenoysikkö

Tilaus	Uuden	Kerros	Tilaus	Proj.	Yhteystietojen mukaisesti	Nimi	Osasto
K-osa/työ	Huoli						
<b>UUDISRAKENNUS</b>				<b>SÄHKÖPIIRUSTUS</b>			
Osasto Huolipalvelus Asennusyksikön 5 50800 Huolipalvelus				Dali väyläkaapelointi E2020 Energikontti			
<b>OSAO</b>				<b>OSAO</b>			
Päivä		Tilauksen numero		Tilauksen numero		Muut	
2017/2020		E2020		E2020		SÄH S2511-1-001	
Suunn. V.A.		Suunn. V.A.		Suunn. V.A.		Suunn. V.A.	
Tark. V.A.		Tark. V.A.		Tark. V.A.		Tark. V.A.	
Käytt.		Käytt.		Käytt.		Käytt.	







A muutos		D muutos	
B muutos		E muutos	
C muutos		F muutos	

19.3.2020

**SÄHKÖTEKNISEET TIEDOT :**

1. NIMELLISJÄNNITE / -VIRTA / -TAALUUS . . . . . 400 V 50 A 50 Hz  
 2. TERMINEN OIKOSULUKESTOVSUUS . . . . . 10 kA  
 3. TASATTU- / ASENNETTU TEHO / COSFI . . . . . 8 kW 12 kW 0,96 costfi  
 4. OHJAUSJÄNNITEKISKOT . . . . .  EI  ON JÄNNITE \_\_\_ V VIRTA \_\_\_ A  
 5. AC-KISKOT TAI JOHTIMET . . . . .  L1,N  L1,N,PE  L1,L2,L3,N  L1,L2,L3,N,PE

**RAKENNETIEDOT :**

1. KESKUSALII . . . . .  KENNO  KOTILO  KEHIKKO  
 2. ASENNUSTAPA . . . . .  PINTA  UPPO KOTEL. LUOKKA IP 34  
 3. KINNITYS . . . . .  LATTA  SEINÄ  
 4. OVLALITE . . . . .  LUUKKO  SALPA  
 5. LATTISEKESK. POHJALEVYT . . . . .  AVOIN  PALONKESTÄVÄ  
 6. MAALUUS . . . . .  VAKIO  ERIKOIS  
 7. MITAT . . . . . KORKEUS : \_\_\_ LEV : \_\_\_ SYV : \_\_\_

**KALUSTUSTIEDOT :**

1. KALUSTUSTYYPPI . . . . .  KINTEÄ  ULOSV.  ULOSOT.  
 2. KALUSTUSTAPA . . . . .  YKSIKKÖ  KESKITETTY  
 3. MERKKILAMPUT . . . . .  HEIKU  HOHTO  LEDI  
 4. MITTAUKSEN TOIMITTAJA . . . . .  SÄHKÖALAITOS  VALMISTAJA

**KAPeloINTI :**

1. SYÖTTÖKAAPELI . . . . .  YHÄÄLTÄ  ALHAALTA  
 2. PÄÄKAAPELIT . . . . .  YHÄÄLTÄ  ALHAALTA  KOJESIIN  RIVIL.  
 3. OHJAUSKAAPELIT . . . . .  YHÄÄLTÄ  ALHAALTA  KOJESIIN  RIVIL.

**TUNNUSMERKINNÄT :**

1. TUNNUSKILVET . . . . .  VALM.NORM.  ERILL.OHJE  
 2. KOJEMERKINNÄT . . . . .  JUOKSEVA  KENNOKOHT.  ERILL.OHJE

**MUUT TIEDOT :** \_\_\_\_\_

**OSAO**

RK01 RYHMÄKESKUS PÄÄKAAVIO ENERGIAKONTTII	Suunn. Päiv. /12.1.2020	Kokouksuus Lähtö 1/7	Sähköpiirio Pöytäkirjanumero	Talvakuu E2020
	Wk 1/7		SÄH S2228-1-101	







A muutos		D muutos																																	
B muutos		E muutos																																	
C muutos		F muutos																																	
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37									
A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		O		P		R		S	
KESKUS																																			
RYHMÄ																																			
OSOITE																																			
TUNNUS																																			
JOHDOTUS																																			
KVA/KW																																			
A / A																																			
HUOM.																																			
Turvarele opetusympäristöt																																			
Prevente XPSAC3721																																			
Merkkivälo keskukseen konsi. Valokoinen=ele on																																			
Merkkivälo keskukseen konsi. punainen =ele oft																																			
Opetusympäristö 1																																			
Opetusympäristö 2																																			
Opetusympäristö 3																																			
Opetusympäristö 4																																			
IMJ 5X2.5 S																																			
IMJ 5X2.5 S																																			
IMJ 5X2.5 S																																			
IMJ 5X2.5 S																																			
C16																																			

OSAO

RK01 RYHMÄKESKUS  
PÄÄKAAVIO  
ENERGIAKONITTISuunn. /21.2020  
Mitt. /21.2020  
Lohk. 3/7  
KokonaismääräSähkösysteemin numero  
SÄH S2228-1-101

E2020



A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		O		P		R		S																			
11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		32		33		34		35		36		37	
OSAO																																																					
RHYHMÄ																																																					
OSOITE																																																					
TUNNUS																																																					
JOHDOTUS																																																					
KVA/KW																																																					
A / A																																																					
HUOM.																																																					
39 Invertteri L2 OUT																																																					
Emcrlk 3X2.5+2.5S																																																					
C16																																																					
40 Pistorasia Ihtokanava																																																					
MMU 3X2.5 S																																																					
C6																																																					
41 Varallo																																																					
C6																																																					
42 Varallo																																																					
C6																																																					
43 Invertteri L3 OUT																																																					
Emcrlk 3X2.5+2.5S																																																					
C16																																																					
44 RKT01																																																					
MMU 3X2.5 S																																																					
C6																																																					
45 Varallo																																																					
C6																																																					
46 Varallo																																																					
C6																																																					

A muutos

B muutos

C muutos

D muutos

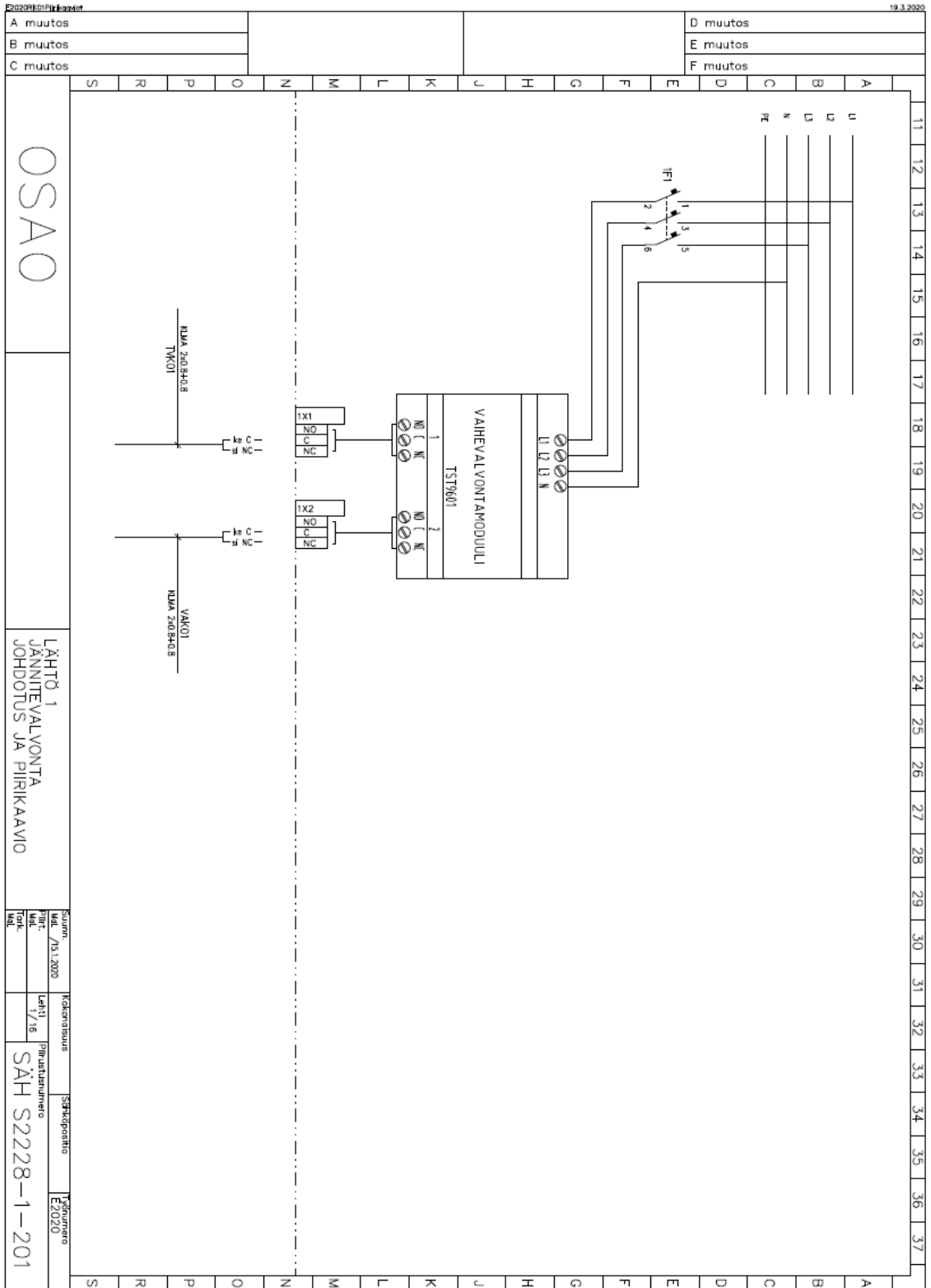
E muutos

F muutos

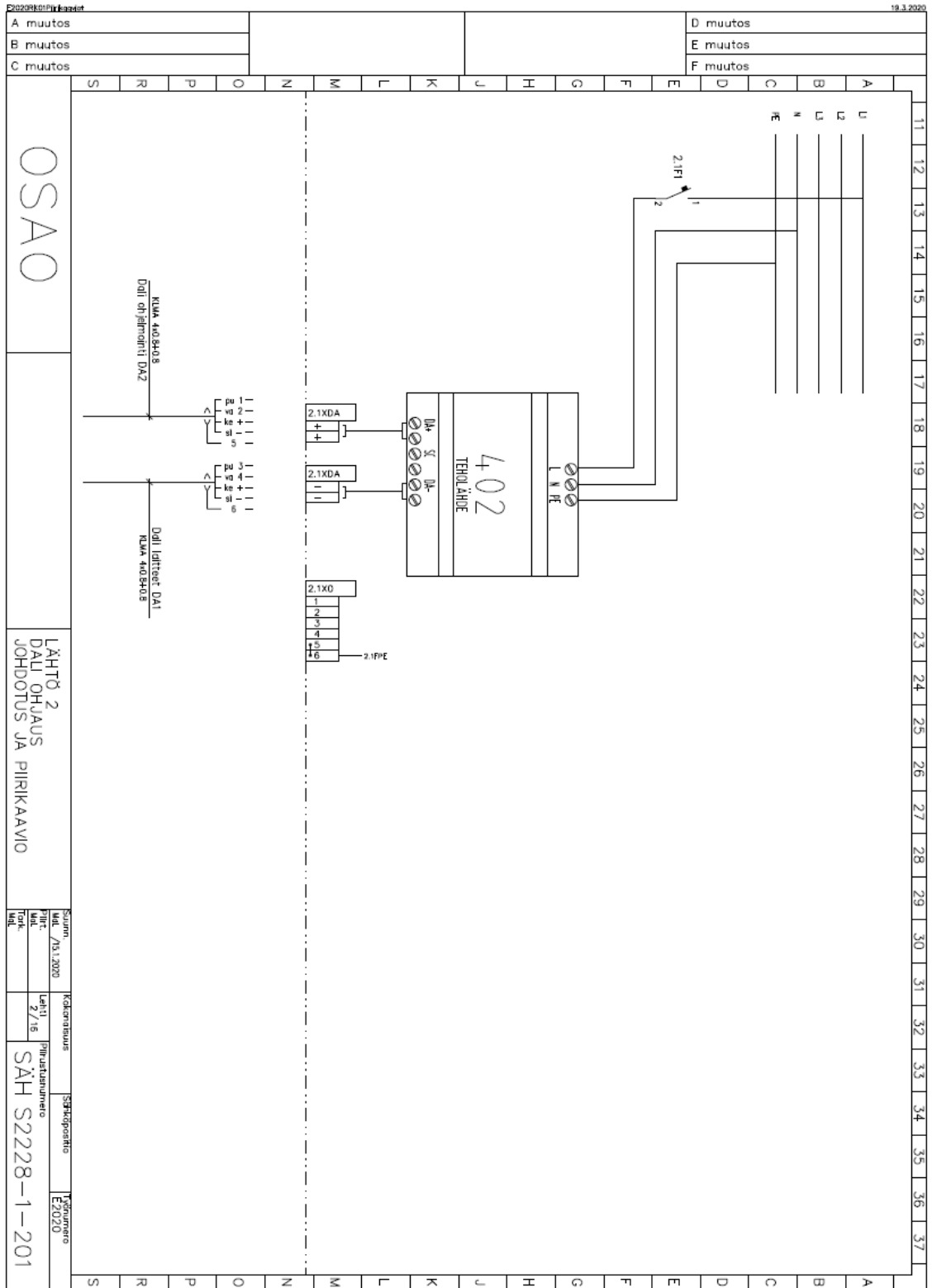
OSAO

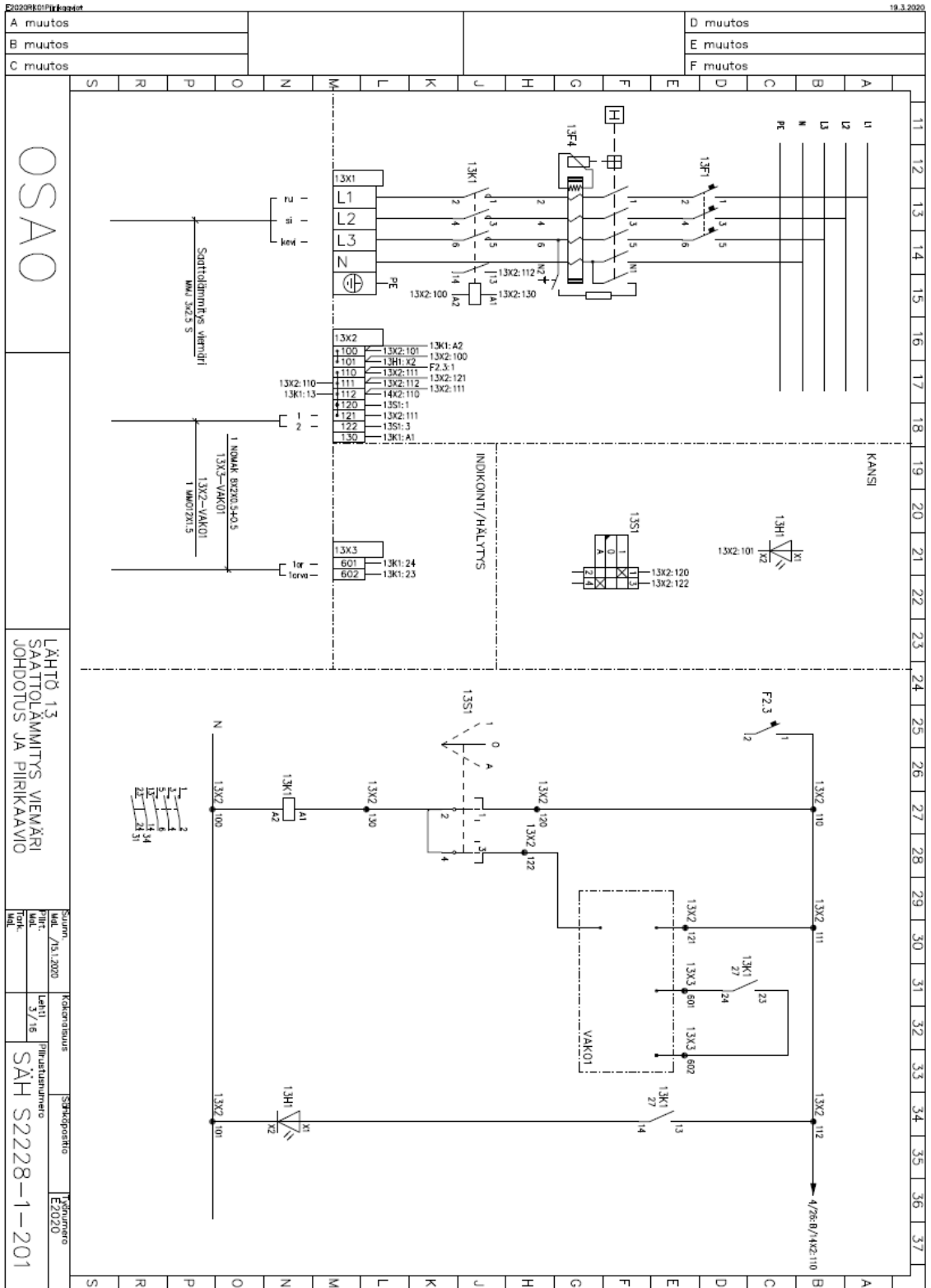
RK01 RYHMÄKESKUS  
PÄÄKAAVIO  
ENERGIAKONTTIISuunn. /21.2020  
Suitt. /21.2020  
Muok. /21.2020Kokonaissuus  
Lehti /7/7Pilausnumero  
SÄH S2228-1-101Sähköpiirros  
E2020

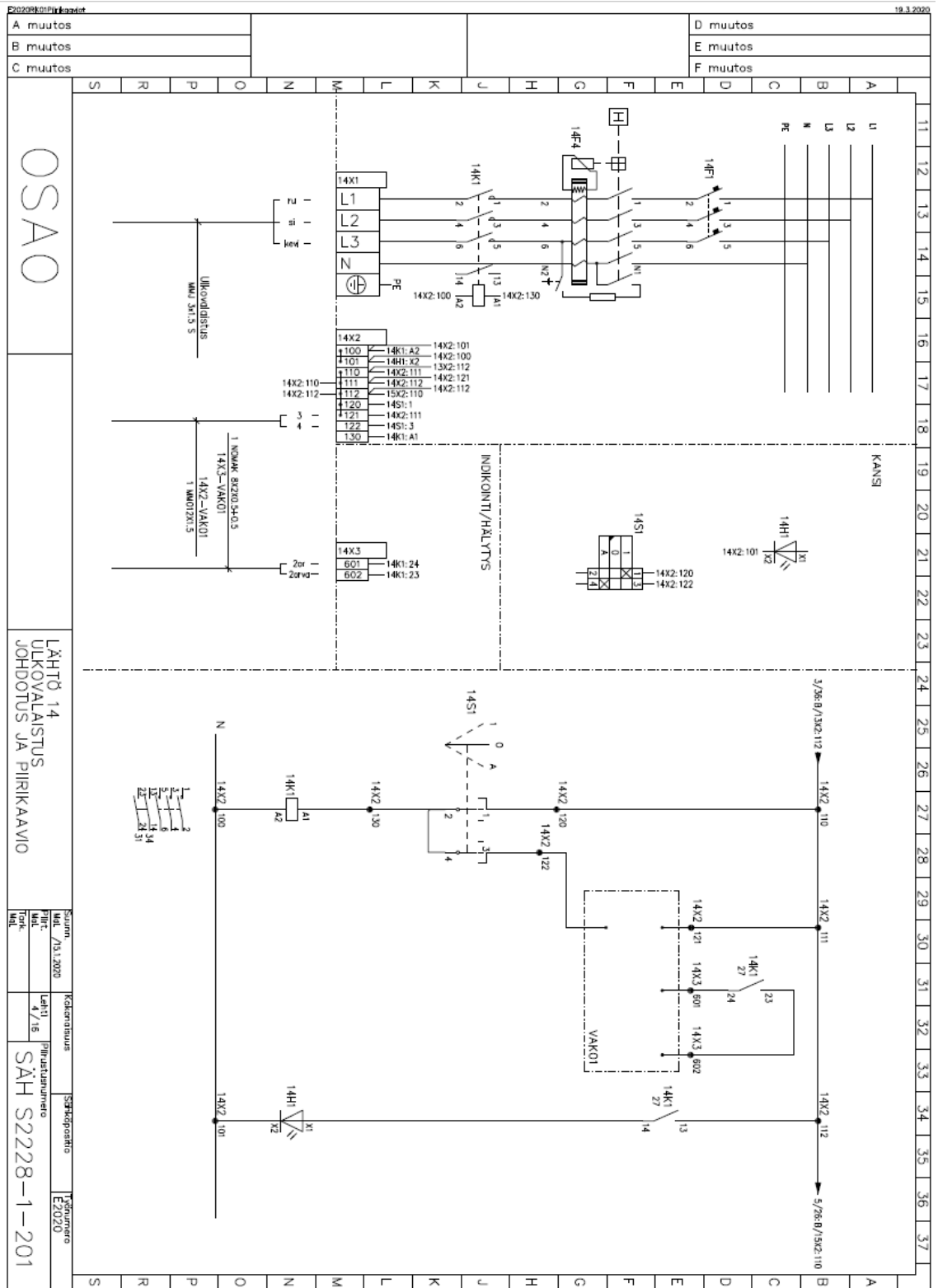
Päänumero



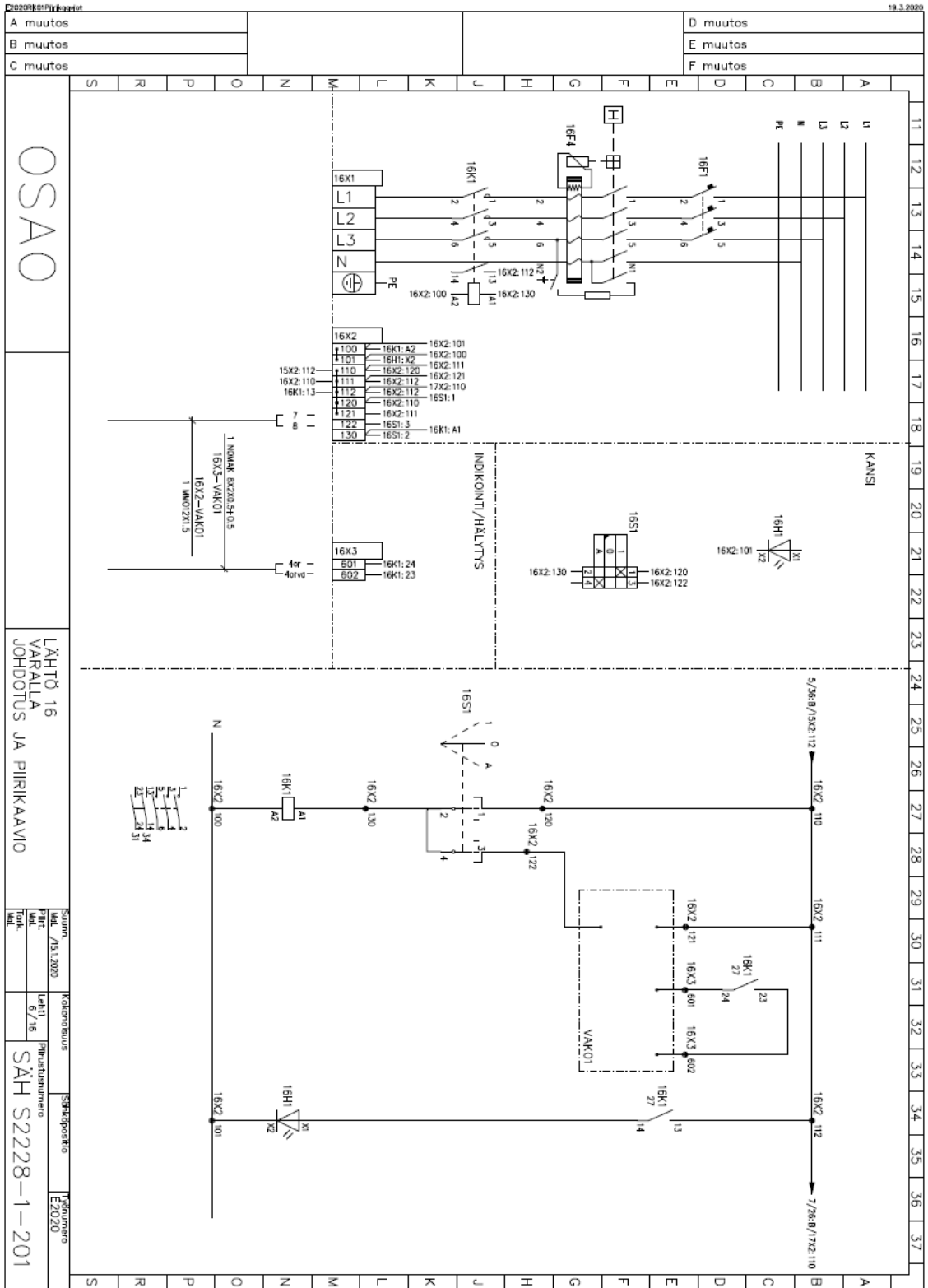




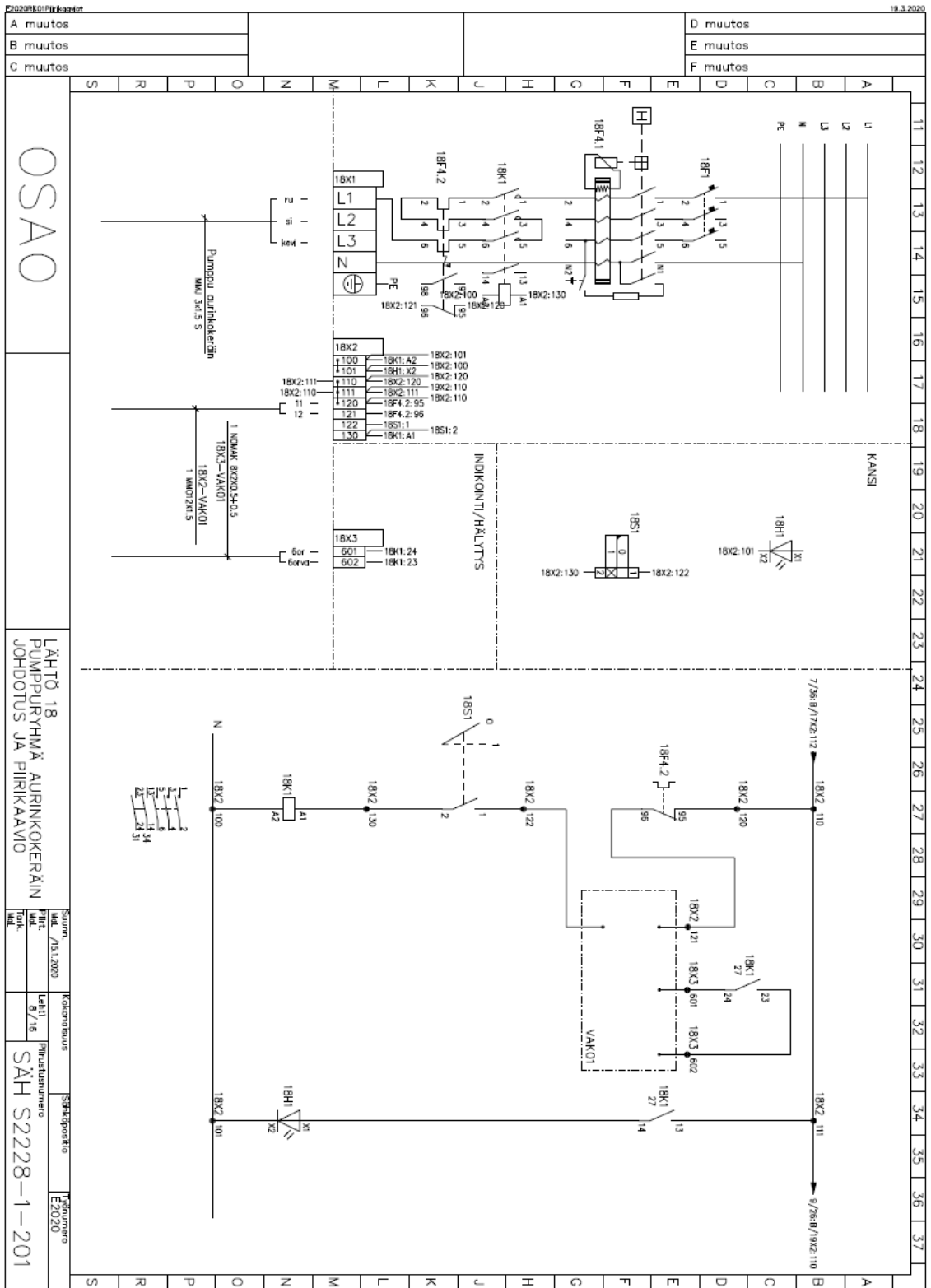


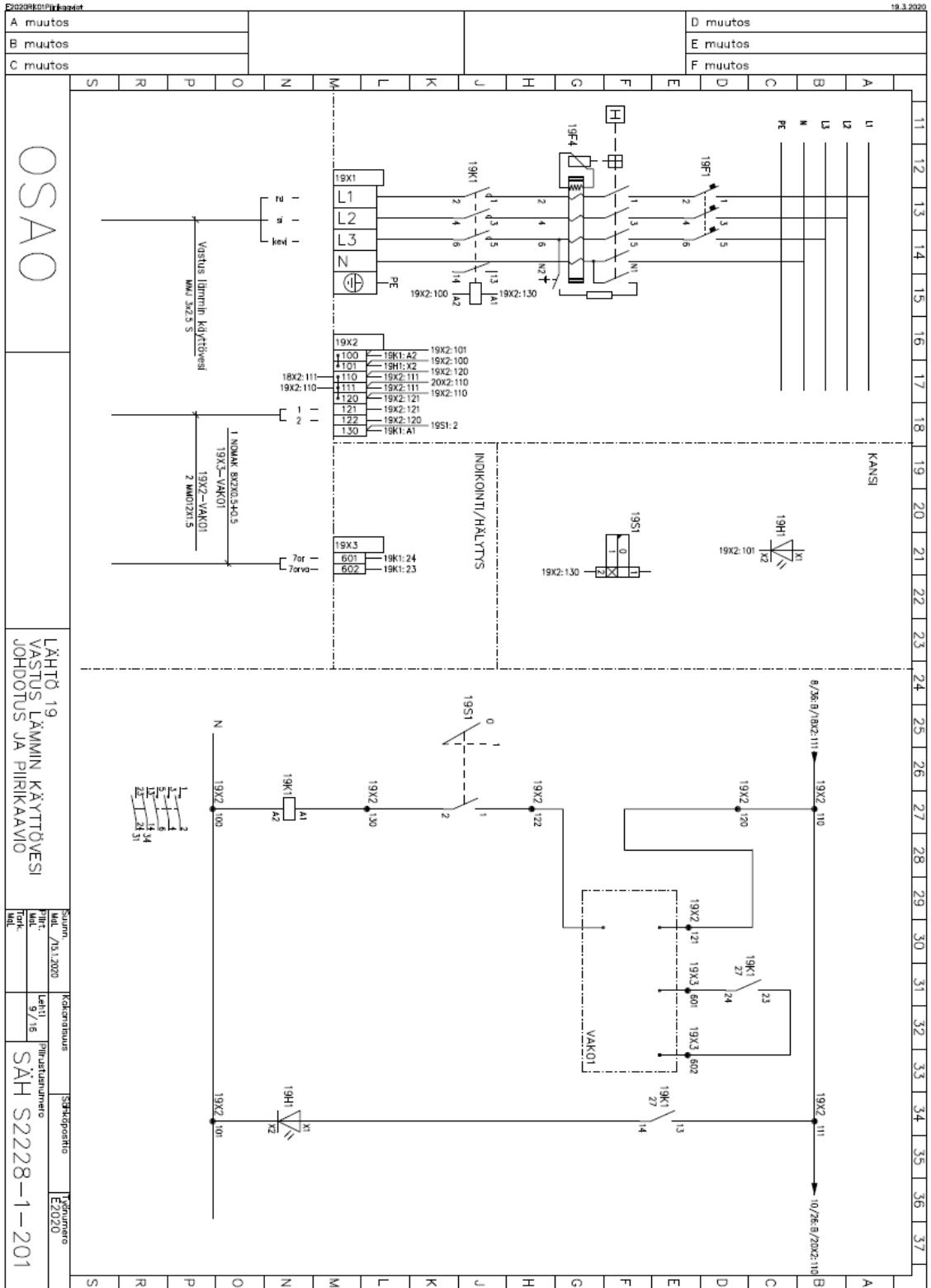








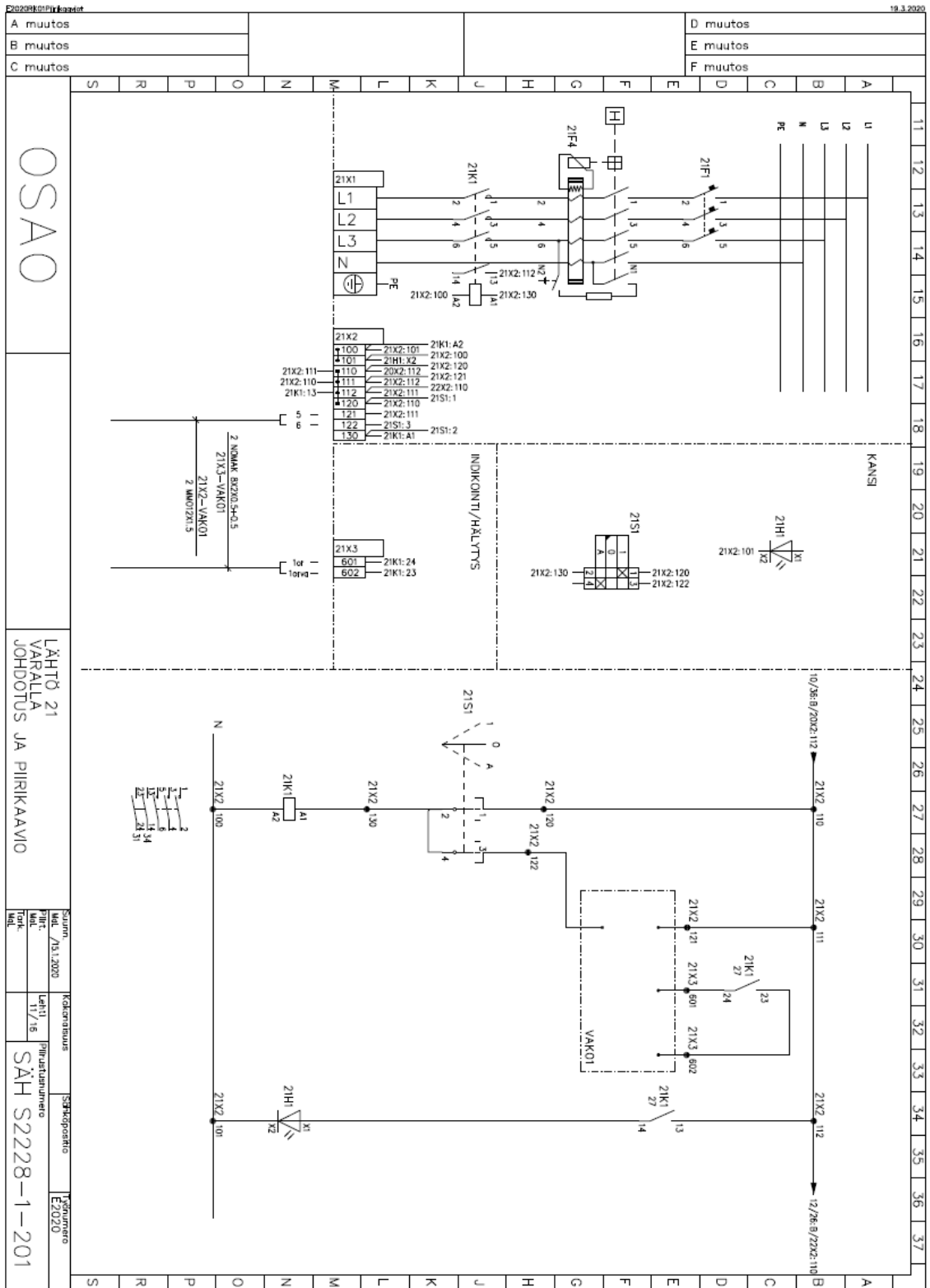


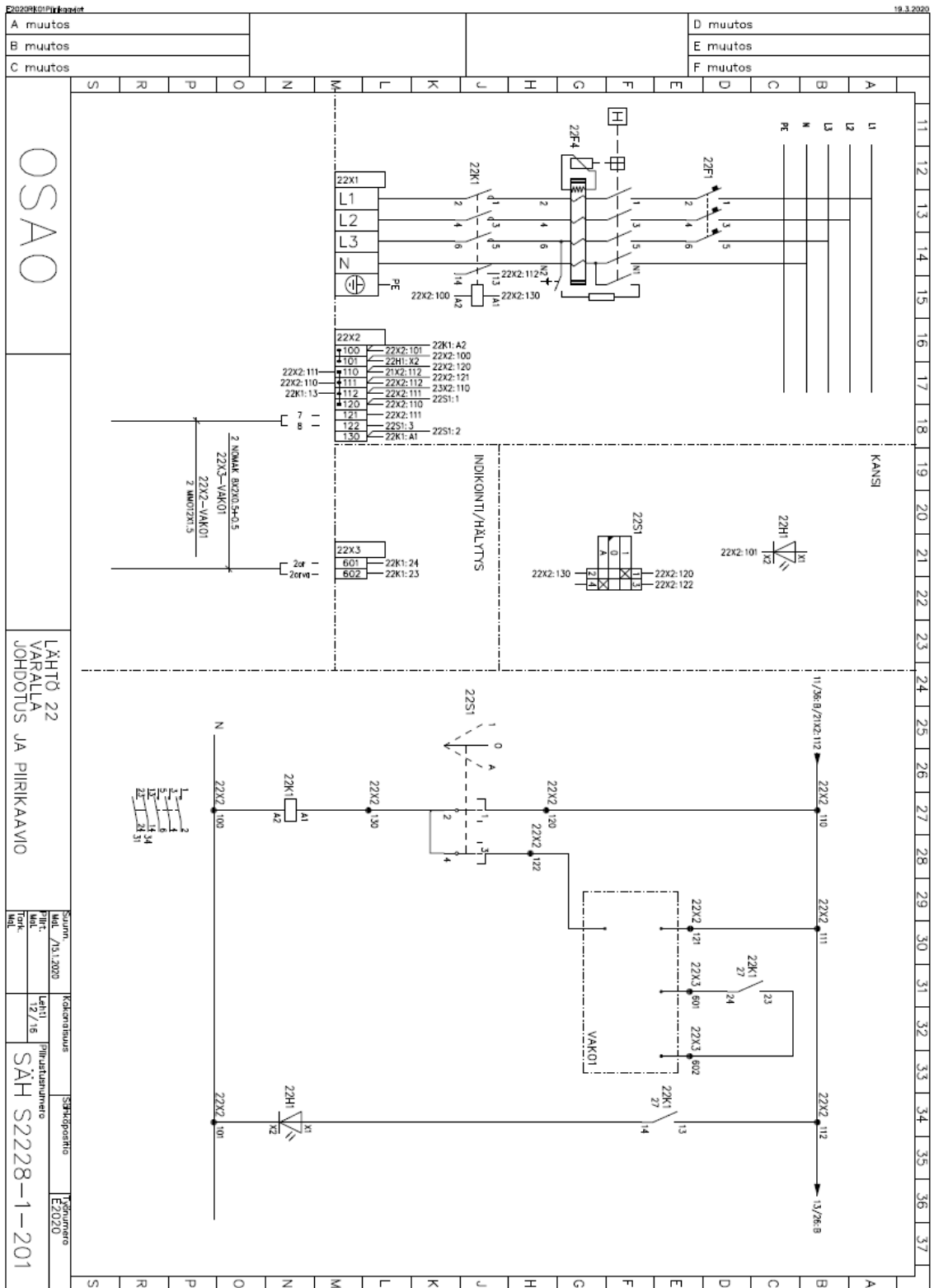


A muutos		D muutos	
B muutos		E muutos	
C muutos		F muutos	
OSAO			
LÄHTÖ 19 VASTUS LÄMMIN KÄYTTÖVESI JOHDOTUS JA PIIRIKAAVIO			
Kuuma	Kalorinaisuus	Sähkösähkö	Työnumero
Mitt. / 15.1.2020			E2020
Mitt. / 9.7.16			
SÄH S2228-1-201			

















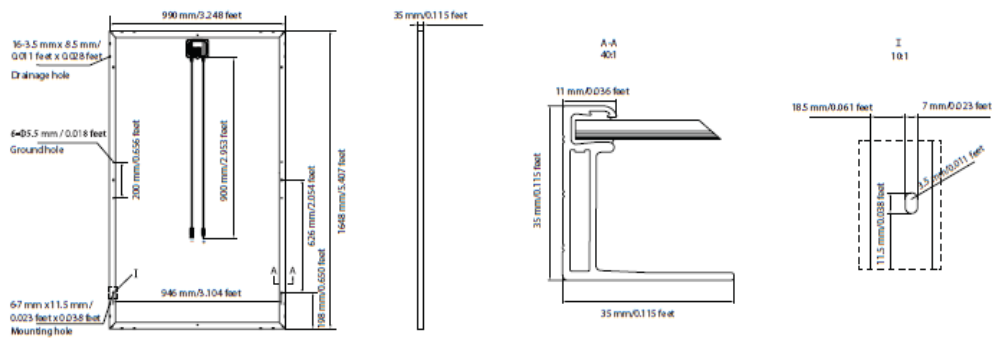
ELECTRICAL SPECIFICATIONS					
STC rated output (P <sub>mpo</sub> )*	255 Wp	260 Wp	265 Wp	270 Wp	275 Wp
Rated voltage (V <sub>mpo</sub> ) at STC	30.66 V	30.88 V	30.92 V	31.08 V	31.12 V
Rated current (I <sub>mpo</sub> ) at STC	8.33 A	8.43 A	8.58 A	8.70 A	8.85 A
Open circuit voltage (V <sub>oc</sub> ) at STC	37.48 V	37.72 V	37.87 V	38.00 V	38.45 V
Short circuit current (I <sub>sc</sub> ) at STC	8.85 A	8.95A	9.18A	9.45 A	9.52 A
Module efficiency	15.6%	15.9%	16.2%	16.5%	16.9%
Rated output (P <sub>mpo</sub> ) at NOCT	191.3 Wp	195.0 Wp	198.8 Wp	202.5 Wp	206.3 Wp
Rated voltage (V <sub>mpo</sub> ) at NOCT	27.73 V	27.94 V	27.98 V	28.12 V	28.15 V
Rated current (I <sub>mpo</sub> ) at NOCT	6.90 A	6.98 A	7.10 A	7.20 A	7.33 A
Open circuit voltage (V <sub>oc</sub> ) at NOCT	34.24 V	34.46 V	34.60 V	34.71 V	35.13 V
Short circuit current (I <sub>sc</sub> ) at NOCT	7.45 A	7.54 A	7.73 A	7.96 A	8.02 A
Temperature coefficient (P <sub>mpo</sub> )				- 0.407%/°C	
Temperature coefficient (I <sub>sc</sub> )				+0.049%/°C	
Temperature coefficient (V <sub>oc</sub> )				- 0.310%/°C	
Normal operating cell temperature (NOCT)				43±2°C	
Maximum system voltage (IEC/UL)				1000V <sub>DC</sub> or 1500V <sub>DC</sub>	
Number of diodes				3	
Junction box IP rating				IP 67	
Maximum series fuse rating				15 A	

\* Measurement tolerance +/- 3%  
 STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, AM=1.5  
 NOCT: Irradiance 800W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20°C, AM=1.5, Wind Speed 1m/s

MECHANICAL SPECIFICATIONS	
Outer dimensions (L x W x H)	1648 x 990 x 35 mm 64.88 x 38.98 x 1.38 in
Frame technology	Aluminum, silver / black anodized
Module composition	Glass / EVA / Backsheet (white)
Front glass thickness	3.2 mm / 0.13 in
① Cable length (IEC/UL)	900 mm / 35.43 in
Cable diameter (IEC/UL)	4 mm <sup>2</sup> / 12 AWG
② Maximum mechanical test load	6000 Pa
Fire performance (IEC/UL)	Class C (IEC) or Type 1 (UL)
Connector type (IEC/UL)	MC4 compatible

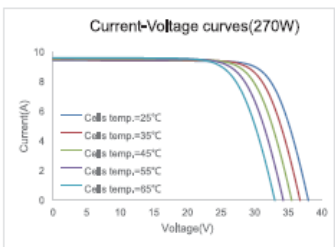
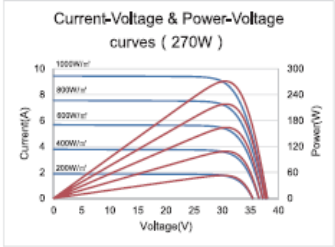
① Option: 900(+)/600(-) mm or 1000 mm for defined projects in advance.  
 ② Refer to Astronergy crystalline installation manual or contact technical department.  
 Maximum Mechanical Test Load=1.5\*Maximum Mechanical Design Load.

MODULE DIMENSION DETAILS



© Chint Solar (Zhejiang) Co., Ltd. Reserves the right of final interpretation, please contact our company to use the latest version for contract.

CURVE



PACKING SPECIFICATIONS

① Weight (module only)	18.3 kg / 40.34 lbs
② Packing unit	31 pcs / box
Weight of packing unit (for 40'HQ container)	616 kg / 1358 lbs
Number of modules per 40'HQ container	868 pcs

① Tolerance +/- 1.0kg  
 ② Subject to sales contract



## Lataussäätimen tekniset tiedot

## Liite 11

SmartSolar Charge Controller	MPPT 100/30	MPPT 100/50
Battery voltage	12/24V Auto Select	
Rated charge current	30A	50A
Nominal PV power, 12V 1a,b)	440W	700W
Nominal PV power, 24V 1a,b)	880W	1400W
Maximum PV open circuit voltage	100V	100V
Max. PV short circuit current 2)	35A	60A
Maximum efficiency	98%	98%
Self-consumption	12V: 30 mA 24V: 20 mA	
Charge voltage 'absorption'	Default setting: 14,4V / 28,8V (adjustable)	
Charge voltage 'float'	Default setting: 13,8V / 27,6V (adjustable)	
Charge algorithm	multi-stage adaptive	
Temperature compensation	-16 mV / °C resp. -32 mV / °C	
Protection	Battery reverse polarity (fuse, not user accessible) PV reverse polarity Output short circuit Over temperature	
Operating temperature	-30 to +60°C (full rated output up to 40°C)	
Humidity	95%, non-condensing	
Data communication port	VE.Direct See the data communication white paper on our website	
<b>ENCLOSURE</b>		
Colour	Blue (RAL 5012)	
Power terminals	16 mm <sup>2</sup> / AWG6	
Protection category	IP43 (electronic components), IP22 (connection area)	
Weight	1,3 kg	
Dimensions (h x w x d)	130 x 186 x 70 mm	
<b>STANDARDS</b>		
Safety	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2	
1a) If more PV power is connected, the controller will limit input power.		
1b) The PV voltage must exceed Vbat + 5V for the controller to start. Thereafter the minimum PV voltage is Vbat + 1V.		
2) A PV array with a higher short circuit current may damage the controller.		



SmartSolar Charge Controller  
MPPT 100/50