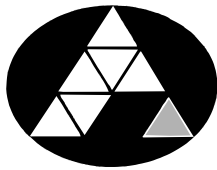


POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikka

Jari Piispanen

OMAKOTITALON SUUNNITTELU- JA TOTEUTUSPROSESSI

Opinnäytetyö
Elokuu 2011



POHJOIS-KARJALAN
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Elokuu 2011
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. (013) 260 600

Tekijä(t)
Jari Piispanen

Nimeke
Omakotitalon suunnittelu- ja toteutusprosessi

Toimeksiantaja
Avo't sähkö Oy

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön keskeisimpänä ajatuksena oli tehdä sähköistysprojektin hoitamisen opas. Oppaassa käydään läpi mitä erilaisia asioita ja tehtäviä sähköistysprojektin alusta loppuun hoitamiseen kuuluu.

Lisäksi opinnäytetyössä käydään läpi mitä kaikkea sähköturvallisuuteen liittyviä standardeja tulee ottaa huomioon projektin edetessä.

Opinnäytetyön käytännön työnä sähköistettiin yksityiseen käyttöön tuleva suurehko omakotitalo pihavalaistuksineen ja autotalleineen.

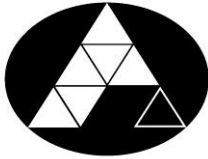
Oppaassa ei ole haluttu keskittyä vain yhteen kokonaisuuteen, vaan tarkoituksena oli tarkastella kaikkia tämän kaltaisissa projekteissa tarpeellisia osa-alueita. Rakennetusta talosta oli tarkoitus tulla energiatehokas, käytännöllinen ja moderni omakotitalo joka säilyttää arvonsa vielä vuosia.

Tuloksena saatiin opas, josta on apua sekä vasta valmistuneelle kuin jo useita vuosia alalla toimineelle insinöörimiehille.

Kieli
suomi

Sivuja 42
Liitteet 3
Liitesivumäärä 14

Asiasanat
Projekti, opas, standardi,

 <p>NORTH KARELIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</p>	<p>THESIS August 2011 Degree Programme in Electrical Engineer Karjalankatu 3 FIN 80200 JOENSUU FINLAND Tel. 358-13-260 600</p>	
<p>Author(s)</p> <p>Jari Piispanen</p>		
<p>Title</p> <p>Planning and production process of detached house</p> <p>Commissioned by</p> <p>Avo't sähkö Oy</p>		
<p>Abstract</p> <p>The main idea of this thesis was to make the electrification project management guide. A guide will cover what different kind of things and tasks includes in electrification project from start to finish.</p> <p>Also thesis goes through what all electrical safety standards should be taken into account as the project progresses.</p> <p>Practical part of this thesis was to electrify quite large private usage detached house and also electrify outdoor lightning and garage.</p> <p>The guide did not want to focus on just one part, but to purpose was to take a view all different kind of parts what includes this kind of projects. Finished house was meant to become an energy-efficient, practical and modern detached house which retains its value for years to come.</p> <p>Result is a guide, which is helpful as well as recent graduate engineer, but also for engineer that has operated several years in the field.</p>		
<p>Language</p> <p>Finnish</p>	<p>Pages 42</p> <p>Appendices 3</p> <p>Pages of Appendices 14</p>	
<p>Keywords</p> <p>Project, guide, standard</p>		

SISÄLTÖ

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto	7
2	Toimeksianto	8
3	Sähkösuunnitelma	8
3.1	Valaistus	9
3.1.1	DALI-järjestelmä	9
3.1.2	Julkisivu- ja kulkuvalaistus	11
3.2	Pistorasiat	13
3.3	Atk-järjestelmä	14
3.4	Antennijärjestelmä	15
3.5	Äänentoistojärjestelmä	16
3.6	Lämmitys	16
3.7	Kulunvalvonta- ja rikosilmoitusjärjestelmä	17
4	Tarjous	17
5	Sopimukset	18
5.1	Urakkasopimus	18
5.2	Maksuerätaulukko	19
6	Töiden aloitus	20
6.1	Pää- mittauskeskus	20
6.2	Ryhmäkeskus	21
6.3	Maadoituselektrodi	22
6.4	Uima-altaan valaistus	22
6.5	Putkitus- ja kaapelointityöt	22
7	Kalusteiden valinta	23
7.1	Kuivat tilat	24
7.2	Kosteat tilat	24

7.3	Uima-allas	26
7.4	Sauna	27
8	Tarkastukset	28
8.1	Aistinvarainen tarkastus	28
8.2	Testaukset ja mittaukset	29
9	Esimerkkiprojektin tarkastukset ja mittaukset	30
9.1	Suojajohtimen jatkuvuus	31
9.2	Sähköasennusten eristysresistanssi.....	32
9.3	SELV- ja PELV-piirien tai sähköisesti erotettujen piirien erotus	33
9.4	Lattia- ja seinäpintojen eristysresistanssi	33
9.5	Syötön automaattisen poiskytkennän toiminta.....	34
9.6	Lisäsuojaus	35
9.7	Napaisuus ja kiertosuunnan tarkistus	36
9.8	Toimintatestit.....	36
10	Työmaapalaverit ja työmaaseuranta	36
11	Aikataulu.....	37
12	Taloudellisuus.....	38
13	Pohdinta	39
14	Arviointi.....	39
	Lähteet.....	41

Liitteet

- Liite 1 Ryhmäkeskuksen pääkaavio
- Liite 2 Esimerkki käyttöönottopöytäkirjasta
- Liite 3 Sähkösuunnitelma

Kiitokset

Haluan kiittää Telekarelia Oy/ A´vot sähköä mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyö, sekä saada kesätyöissä erinomaista ja tärkeää työkokemusta sähköalanyrityksessä esimiehenä toimimisesta. Erityisesti haluan kiittää toimitusjohtaja Kari Savolaista kesätyöpaikasta sekä työpäällikkö Olli Reijosta ja sähköasentaja Rauno Halosta projektissa avustamisesta.

Joensuussa 30.5.2011

Jari Piispanen

1 Johdanto

Talonrakennusosalalle suuntautuneelta suunnittelijalta vaaditaan useiden eri järjestelmien ja standardien sekä erilaisten suunnittelu- ja piirustusohjelmien hallintaa. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on antaa kattava kuvaus, siitä mitä omakotitalon sähköistysprojektin menestyksekkäs hoitaminen nykypäivän sähköinsinööriltä vaatii.

Sähköurakointiyrityksen kannalta sähköistysprojektin voi jakaa neljään pääosa-alueeseen toimeksiantoon, suunnitelman ja tarjouksen tekoon, sähköasennuksiin sekä tarkastuksiin ja mittauksiin. Tässä opinnäytetyössä on pyritty käymään tarkasti läpi, mitä kaikkea nämä eri projektin vaiheet sisältävät. Opinnäytetyössä käydään läpi alusta alkaen tarvittavia ja pakollisia työtehtäviä aina projektin luovutukseen saakka. Opinnäytetyössä tarkastellaan myös standardeja, joita tulee ottaa huomioon erilaisissa asennuskohteissa ja tiloissa sekä millaisia mittauksia ja tarkastuksia sähköistetylle kohteelle pitää tehdä asennusten aikana ja ennen käyttöönottoa.

Opinnäytetyön lopussa on myös tarkasteltu esimerkkiprojektin toteutunut taloudellinen kannattavuus, joka on sähköurakointifirman kannalta oleellisin asia jatkuvan toiminnan takaamiseksi.

Nykypäivän omakotiasuja haluaa taloonsa energiatehokkuutta, taloudellisuutta sekä helppokäyttöisiä ja pitkäikäisiä järjestelmiä. Tämän lisäksi hyvin toteutettu sähköistys vaikuttaa talon jälleenmyyntiarvoon.

Projektin toteutus tapahtui yksityisen henkilön omistamalle tontille jolla sijaitsi töiden aloituksen aikaan pieni ”mummonmökki”, joka toimi myöhemmässä vaiheessa taukotupana työmaalla työskenteleville. Yhdessä tilaajan kanssa asetettiin projektin tavoitteeksi toimiva, käytännöllinen ja taloudellinen sekä ratkaisuiltaan moderni omakotitalo, autotalleineen ja pihavalaistuksineen.

2 Toimeksianto

Ensimmäisellä tapaamisella asiakas tiedusteli yritykseltämme mahdollisuutta sähköistää hänen henkilökohtaiseen käyttöönsä tuleva omakotitalo, autotalleineen ja pihavalaistuksineen. Tässä vaiheessa asiakas toi mukanaan arkkitehdin suunnittelemat kuvat talon tontista, julkisivuista, pohjapiirustuksista sekä autotallin pohjapiirustuksesta.

Ensitapaamisella sovittiin myös seuraava tapaaminen, jossa käytiin läpi ns. pistesijoittelulla pistorasioiden, valaisimien sekä ilmanvaihdon ja lämmityksen tarvitsemia sähköpisteitä. Tässä pistesijoittelussa asiakkaan kanssa käytiin läpi, mitä kaikkea hän taloonsa haluaa. Tämän tapaamisen perusteella alkoi ensimmäisen ns. raakavedoksen teko sähkösuunnitelmasta. Seuraavalla tapaamisella tehtiin vielä tarvittavat lisäykset ja muutoksen suunnitelmaan, jonka hyväksymisen jälkeen voitiin aloittaa tarjouksen tekeminen asiakkaalle kokonaisvaltaisesta sähköurakasta.

3 Sähkösuunnitelma

Sähkösuunnitelman teko tapahtui Sähkö J-Cad-ohjelmalla, johon arkkitehdin DWG-muotoon tallentamat pohjapiirustukset sai kätevästi siirrettyä. Asiakkaan kanssa käydyn pistesijoittelupalaverin perusteella ja yleisiä asennustapoja noudattaen pohjapiirustuksiin lisättiin tarvittavat sähköpisteet sekä kaapeloinnit. Sähkösuunnitelmassa piti ottaa huomioon myös taloon tulleen maalämpöjärjestelmän tarvitsemat sähköpisteet, jotka selvisivät lvi-suunnittelijan kanssa pidetyssä puhelinalaverissa. Valmis sähkösuunnitelma liitteenä (liite 3).

3.1 Valaistus

Valaistussuunnitelman teko poikkesi hieman normaalista käytännöstä koska asiakas halusi itse valita valaisimet taloonsa muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Tästä syystä sähkösuunnittelijan tehtäväksi jäi lähinnä varmistaa, että taloon tulee riittävä määrä valopisteitä. Lisäksi sähkösuunnittelijan suosituksesta taloon valittiin DALI-väylätekniikkaa hyödyntävä Helvar Digidim -järjestelmä, joka talossa olevien suurien ja avarien tilojen takia helpottaa ja järkevöittää valaistuksen ohjausta. DALI-väylätekniikan laitteilla voidaan helposti ohjata myös muita sähköpisteitä, kuten lämmitystä, pistorasioita sekä kulunvalvontaa.

3.1.1 DALI-järjestelmä

DALI-järjestelmä on saanut alkunsa vuonna 1996, jolloin ryhdyttiin kehittämään valaisemistoimialan digitaalista standardia. Se valmistui vuoden 1999 syksyllä ja sai nimekseen DALI (Digital Addressable Light Interface). Normaalista digitaalisesta DSI-järjestelmästä poiketen DALI tuo tullessaan kaksisuuntaisen yhteyden valaisimeen. Näin saadaan tietoa esimerkiksi loisteputken toiminnasta sekä saadaan tietoon laitteen ottama virta ja mille tasolle valoteho on säädetty.

Suurin ero tavalliseen valaistusjärjestelmään on kuitenkin osoitteiden antaminen valaisimille. Reitittimen avulla voidaan käyttää yhteensä 64 osoitetta. Nämä 64 osoitetta voidaan jakaa 16 vyöhykkeeksi. Tämä avaa uusia mahdollisuuksia rakennusta sisustettaessa. Ero tavalliseen BUS-järjestelmään piilee lähinnä hinnassa.

DALI-järjestelmälle mitoitettussa laitteistossa on käytettävä sille mitoitettuja ohjauskomponentteja. DALI-järjestelmälle on kehitetty oma ohjelmistonsa, jotta niitä voidaan ohjata keskitetysti yhden tietokoneen avulla.[5]

Esimerkkiprojektin valaistuksen ohjaukseen valittiin Helvar Digidim -sarjan laitteisto.

Monen huoneen sovelluksiin Digidim-valikoima tarjoaa äärimmäisen joustavan ratkaisun. Kaikki säätimet, liitäntälaiteohjaimet, releet ja sisääntuloyksiköt on mahdollista yhdistää asiakkaan tarpeiden mukaan. Niitä voidaan hallita paino-, liuku- tai kiertokytkin-paneeleilla. Kaikki ohjauspaneelit ovat mukautettavissa yksilöllisten toiveiden tai asiakkaan erityistarpeiden mukaisiksi. [7]

Projektissa käytettiin kahta 1000 W:n säädintä, jotka ovat ns. yleissäätimiä ja niillä voidaan ohjata induktiivista tai kapasitiivista kuormaa. Lisäksi käytettiin kahta 4-kanavaista releyksikköä, joissa jokaisessa on neljä erikseen ohjelmoitavaa potentiaalivapaata relettä, jotka ovat normaalitilassa auki. Säätimien releet ovat keskenään eristettyjä mahdollistaen erivaiheiset jännitteet. Lisäksi jokaista relettä voidaan ohjata manuaalisesti kytkimen avulla.

Järjestelmän releiden ja himmentimien käyttökytkimiksi valittiin saman Helvar Digidim -sarjan ohjauspaneelit. Näitä taloon tuli 5 kappaletta.

Modulaariset ohjauspaneelit ovat täysin DALI-yhteensopivia käyttöliittymiä, joiden avulla järjestelmän perussäätöjen tekeminen on mahdollista. Valikoimaan kuuluu eri tavoin viimeistelyä painike-, kierto- ja liuku-kytkimillä varustettuja ohjauspaneeleja.[8]

Valaistuksen ohjaukseen haluttiin myös talon suurista ikkunoista sisään tulevan päivänvalon tunnistin, jonka avulla saadaan valaistuksen kirkkaus säädettyä automaattisesti. Tämä ominaisuus saatiin järjestelmään ns. multisensorilla joka on täysin yhteensopiva muiden DALI-järjestelmän laitteiden kanssa.

Multisensori on pienikokoinen laite, joka sisältää energiaa säästävän valaistuksen automaattiohjauksen vaatiman liiketunnistimen (passive infra-red, PIR), vakiovaloanturin sekä infrapunavastaanottimen kauko-ohjausta varten. Multisensori asennetaan työntösovittamalla katto- tai valaistuskoteloon.[6]

Kaikkia DALI-toimintoja voidaan ohjata DIGIDIM Toolbox -ohjelmiston avulla. Lisäksi ohjelmointiin tarvitaan PC-tietokone ja RS232-sovitin.

Kuvassa 1 on esitetty projektissa valaistuksen ohjauksessa käytetyt laitteet.



Kuva 1. Helvar Digidim -laitteisto. [9]

3.1.2 Julkisivu- ja kulkuvalaistus

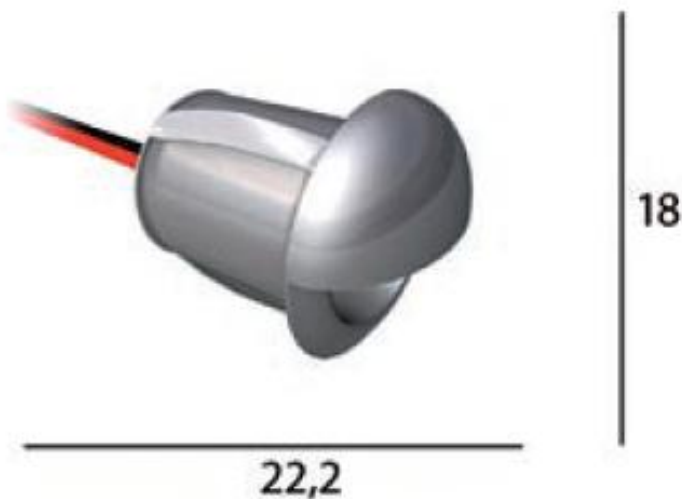
Taloon tuli myös julkisivuvalaistus joka toteutettiin Saas Instrumetsin valmistamalla Highline Spot -sarjoilla, joita tuo maahan ainakin Onninen Oy. Kuvassa 2 on esitetty luonnollisessa koossaan talon räystääslaudoitukseen parin metrin välein asennetut kohdeledit. Koska julkisivuvalaistus saa olla päällä lähes koko ajan, päädyttiin sitä

ohjaamaan hämärytkimellä ja ryhmäkeskukseen sijoitetulla käyttökytkimellä, josta ne saa tarvittaessa, esimerkiksi huoltoa varten pois päältä.



Kuva 2. Highline Spot led. [10]

Portaikun tunnelman ja turvallisuuden takia päädyttiin käyttämään saman valmistajan Highline Step -sarjaa (kuva 3) jossa on linssissä valmiiksi puolikuun muotoinen suojus, jonka ansiosta valaisin ei häikäise vaan valaisee ainoastaan porrastasanteen. Porrasvalaisimia ohjataan DALI-väylän kautta.

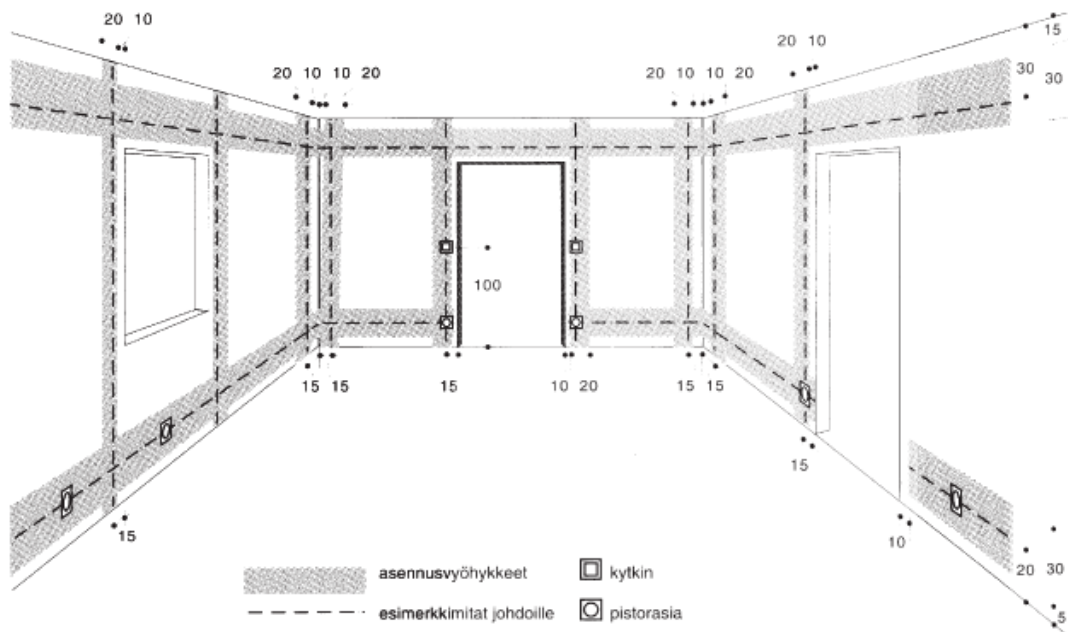


Kuva 3. Highline Step led. [10]

3.2 Pistorasiat

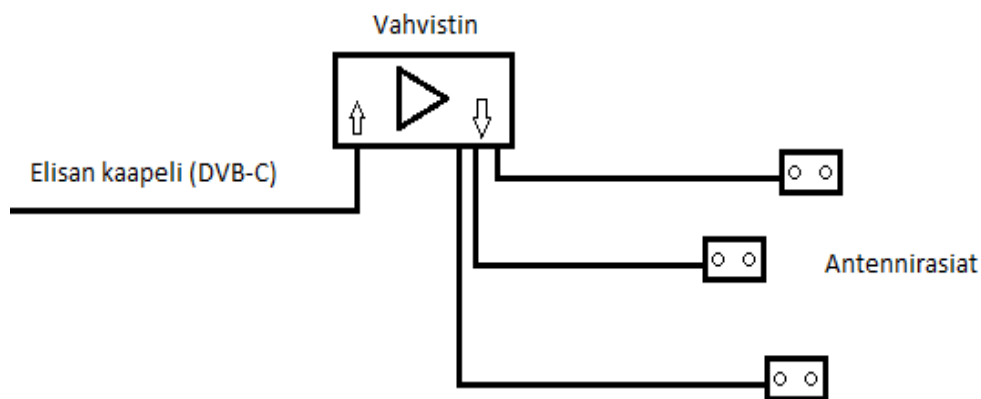
Pistorasioiden asettelu on asiakkaan toiveiden, helppokäyttöisyyden ja kuhunkin tilaan tulevien laitteiden ja järjestelmien mukaan tehty. Standardi ei määritä pistorasioille mitään minimi- tai maksimimäärää mutta suunnittelussa tulee kuitenkin ottaa huomioon kunkin pistorasiaryhmän maksimi teho, jotta välttyttäisiin sähkönsyötön häiriöltä. Nykypäivänä pistorasioiden määrä on kokoajan kasvanut, eli pistorasioita kannattaa ennemmin suunnitella liikaa kuin liian vähän. Tämän lisäksi kannattaa suunnittelussa huomioida sellainen seikka, että jälkikäteen pistorasioiden lisääminen on vaikeaa usein jopa mahdotonta.

Pistorasioiden ja kytkimien sijoitteluun löytyy kirjasta ”D1 käsikirja rakennusten sähköasennuksista” asennusvyöhykkeet ja esimerkkimitat (kuva 4). Kuvan 4 sijoittelu ei koske keittiötä eikä vastaavia tiloja. Keittiöiden sijoittelusta kuva 5. [3, s.209.]



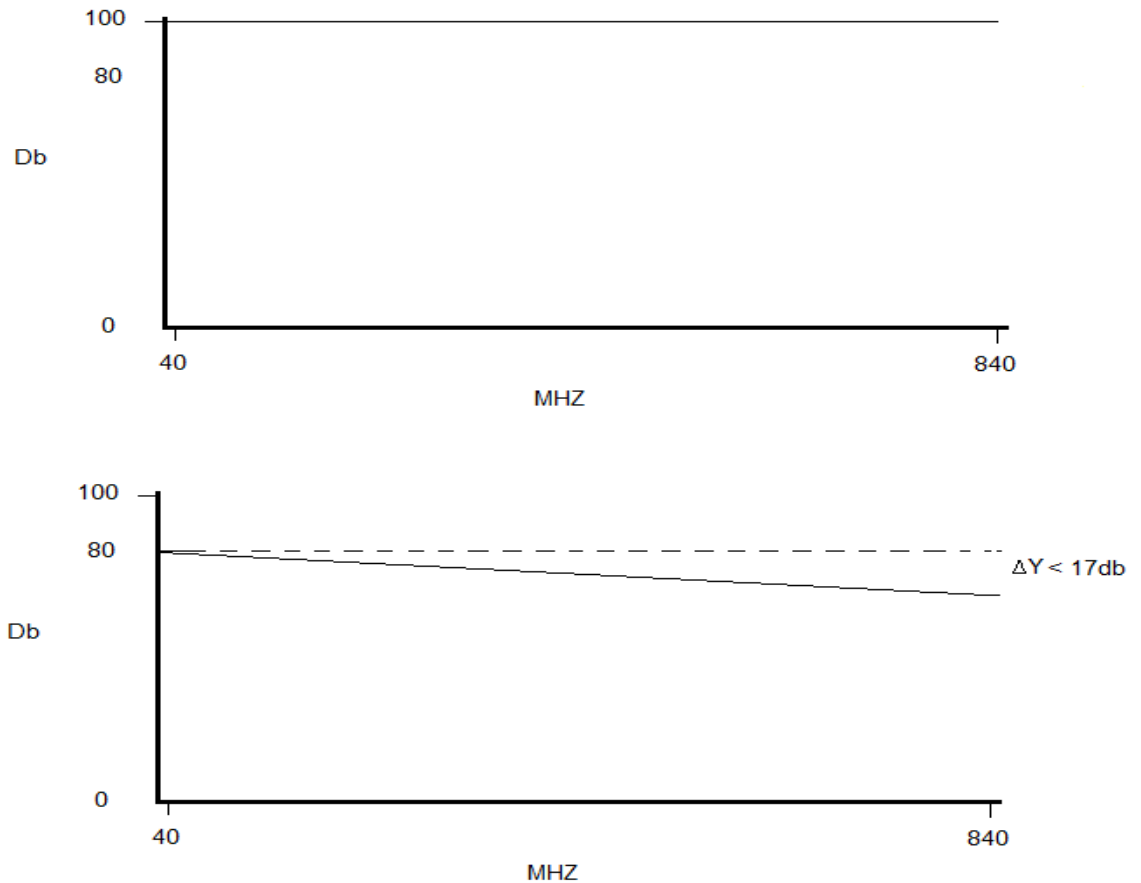
3.4 Antennijärjestelmä

Taloon tulee Elisan kaapeli (DVB-C), joka on jaettu ryhmäkeskuksessa olevalla vahvistimella ns. tähtiverkkona eri tv-pisteille. Tähtiverkko tarkoittaa asennusta jossa jokaiselle televisiopisteelle tulee antennivahvistimelta oma kaapeli. Kuvassa 6 on esitetty havainnollistava kuva antennijärjestelmästä.



Kuva 6. Antennijärjestelmän periaatekuva.

Antennijärjestelmän kaapeloinnissa on käytetty Tellu 13 -antennikaapelia. Antennijärjestelmän käyttöönotossa signaalin tasot on säädetty kohinageneraattorin ja antennimittarin avulla niin, että antennivahvistimelta syötetään kohinageneraattorilla koko taajuuskaistan (40–840 MHz) levyinen noin 100 desibelin vahvuinen signaali. Tämän jälkeen jokaisesta antennipisteestä mitataan signaalin taso ja signaalin kaltevuus. Signaalin vaimentuman pitäisi olla n. 20–35 desibeliä ja kaltevuus ei saisi ylittää 17:ää desibeliä. Tarvittaessa tasot säädetään kohdalleen antennivahvistimesta. Kuvassa 7 on esitetty antennijärjestelmän säädön periaatekuva. Kuvassa ylempänä on signaaligeneraattorilta lähtevä signaali ja alemmassa kuvassa antennirasialta mitattu signaalin taso sekä kaltevuus.



Kuva 7. Antennijärjestelmän säätö.

3.5 Äänentoistojärjestelmä

Taloon tuli portaiden alapäähän äänentoistolaitteisto, jossa sähköurakoitsijan vastuulle jäi tarvittavien kaapeleiden (HALOFIX 2*2,5) asennukset ja rasioiden kalustaminen.

3.6 Lämmitys

Taloon tuli lämmitys muodoksi maalämpö. Maalämpöjärjestelmän suunnittelu jäi lvi-suunnittelijan vastuulle mutta kaapeleiden asentaminen ja tarvittavien järjestelmän ohjaus- ja säätökytkentöjen teko jäi sähköurakoitsijalle.

3.7 Kulunvalvonta- ja rikosilmoitusjärjestelmä

Kulunvalvonta- ja rikosilmoitusjärjestelmäksi valittiin UTC Fire & Security Oy:n valmistama järjestelmä, johon sai liitettyä paloilmaisimien lisäksi murto- ja kosteusvalvonnalaitteet. Järjestelmässä on akkuvarmennus ja Gsm-yhteys, joten talon turvallisuus on taattu myös matkojen ja poissaolojen varalle.

Nykyisin uudisrakentamiseen sovellettava pelastuslaki vaatii, että asunnon jokaisen kerroksen tai tason alkavaa 60:tä neliötä kohden on oltava vähintään yksi palovaroitin. Lisäksi suunnittelussa tulee ottaa huomioon mahdolliset virheellisen hälytyksen aiheuttavat tilat ja laitteet. Esimerkki projektissa näin tehtiin keittiön osalta, jossa muodostuvien ruoanlaitosta johtuvien käryjen takia sinne suunniteltiin ja asennettiin lämpöilmaisimet. Muualle taloon tuli ns. savuilmaisimet. [13]

4 Tarjous

Tarjouslaskenta tapahtui ATK-Paja -ohjelmalla. Ohjelmassa uusi projekti aloitetaan syöttämällä työkohteen perustiedot, joihin yleensä riittää osoite ja projektin tilaajan yhteystiedot. Tämän jälkeen ohjelmaan arvioidaan ja syötetään erilaisia yritykselle tulevia kuluja kuten tarvikehävikki, rahtiin menevät kulut, mahdollinen hintojen nousu, erilaiset sosiaalikustannukset, päivärahat sekä työnjohdon ja tietenkin asentajien palkkakulut. Nämä kulut syötetään ohjelmaan ns. perusparametreiksi jolloin ohjelma osaa laskea tarkan asennushinnan jokaiselle asennuspisteelle tuntia kohti.

Tarvikkeiden ja työkustannusten syöttö ohjelmaan tapahtui yksinkertaisesti mittakaavaan tulostetuista A3 kuvista Scale Master2 (kuva 8) mittakynällä mittaamalla asennusmatkat sekä laskemalla jokaisen sähköpisteen tarvitsemat rasiot ja kalusteet ja syöttämällä em. tiedot asennustapoineen ohjelmaan.



Kuva 8. Scale Master2 mittakynä.

Urakan kustannuksia laskettaessa yrityksessämme käytössä ollut ATK-Paja -ohjelma tunnistaa alalla käytössä olevasta kirjasta Sähköurakan yksikkökustannuksia 2010,2 taulukoidut eri asennuksille määritetyt asennusajat ja kustannukset, jolla määritetään esimerkiksi kaapelin asennus maahan, putkeen tai esimerkiksi valaisinripustuskiskoon [14].

Ohjelmaan syötetään myös mahdollisten kytkentöjen sekä tarvittavien kalusteiden kappalemäärä.

5 Sopimukset

Asiakkaan hyväksyttyä sekä sähkösuunnitelman, että tarjouksen teimme projektista urakkasopimuksen sekä maksuerätaulukon

5.1 Urakkasopimus

Avo't Sähköllä on urakoista käytössä Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL:n hyväksymä urakkasopimus pohja, joka sisältää tilaajan ja urakoitsijan yhteystiedot sekä yhteyshenkilöt, kuvauksen tehtävästä työstä, urakan suunnittelijan tiedot sekä urakan hinnan ja sen maksamiseen liittyvät tiedot. Lisäksi urakkasopimuksessa voidaan mainita mahdollisten urakan ulkopuolisten sähkötyöiden tuntiveloitus hinta. Tässä projektissa käytettiin maksamiseen ns. maksuerätaulukkoa, joka on yleinen käytäntö tämän kaltaisissa ja suuruisissa projekteissa.

5.2 Maksuerätaulukko

Urakasta tehtiin myös maksuerätaulukko, josta käy ilmi missä työvaiheessa laskutetaan minkäkin suuruinen summa. Maksuerätaulukko on pyritty saamaan kronologisessa järjestyksessä kaikki suurimmat työvaiheet ja niille on arvioitu prosentuaalinen osuus koko summasta jolloin loppusummasta laskemalla on saatu erien laskutus summat.

Sähköurakoitsijan kannalta on taloudellisesti tärkeää, että saatavat tulot urakoista eivät tule vasta urakan valmistuttua ns. könttäsuummana vaan, että rahaa tulee tasaisesti kuukausittain yrityksen käyttöön. Asiakkaan kannalta taas on selkeää ja edullista, että suurehkojen rahasummien maksun voi hoitaa erissä. Taulukossa 1 on esitetty kyseisen projektin maksuerätaulukko. Maksuerätaulukon summat ovat liiketoiminnallisista syistä salassa pidettävää tietoa ja tästä syystä summat ovat vain suuntaa-antavia. Myös loppusumma on suuntaa antava mutta suurusluokaltaan tämän suuruiseen projektiin suhteellisen lähellä oikeaa.

Taulukko 1. Maksuerätaulukko.

1. erä	2.100,00 EUR, kun sopimus on tehty ja työt aloitettu.
2. erä	500,00 EUR, kun pääkeskus on asennettu.
3. erä	1600,00 EUR, kun putkituksesta on 50 % tehty.
4. erä	1100,00 EUR, kun maakaapelit on pääosin asennettu.
5. erä	262,50 EUR, kun ryhmäkeskus on toimitettu työmaalle.
6. erä	262,50 EUR, kun ryhmäkeskus on pääosin asennettu.
7. erä	1.575,00 EUR, kun putkitukset on pääosin tehty
8. erä	2.600,00 EUR, kun johdotuksesta on 50 % tehty.
9. erä	2.600,00 EUR, kun johdotus on pääosin tehty.
10. erä	2.500,00 EUR, kun kalusteista on 30 % tehty.
11. erä	2.500,00 EUR, kun kalusteista on 60 % tehty.
12. erä	2.300,00 EUR, kun kalusteet on pääosin asennettu.
13. erä	1.100,00 EUR, kun lopputarkastus on tehty.
YHT.	21.000,00 EUR (hinnat sisältävät alv. 23 %)

6 Töiden aloitus

Urakkasopimuksen allekirjoituksen jälkeen ensimmäisenä työnä sähköurakoitsijalla oli työmaasähköjen rakennus. Tässä tapauksessa asia ratkaistiin jo rakenteilla olevaan autotalliin tulevalla pää/mittauskeskuksella joka sisältää kolmivaihe- sekä yksivaihepistorasiat joista sähköt vedettiin ns. työmaakontteihin

Tontilla jo olleessa mökissä oli vain yksivaihesähkö Sopimus joten asiakas teki uuden sopimuksen Fortumin kanssa kolmivaiheluonnoksesta. Liittymän muutostyössä tarpeellisen sähkökatkon hoiti Voimatel Oy. Muutostyön hoiti urakkasopimuksen mukaisesti sähköurakoitsija.

6.1 Pää- mittauskeskus

Autotalliin tuli pääkeskus tyypiltään Ensto EVNP125.06T/2T (kuva 9), joka syöttää päärakennukseen tullutta ryhmäkeskusta RK1. Pääkeskuksesta on otettu myös autotallin ja maalämpöpumpun tarvitsemat sähköt. Kyseinen keskus valittiin mittauskeskukseksi, koska se sisälsi valmiiksi työmaasäähköihin tarpeelliset kolmivaihe- sekä yksivaihepistorasiat sekä, että se voitiin asentaa kosteaan tilaan (IP34).



Kuva 9. Pää- mittauskeskus.

6.2 Ryhmäkeskus

Kiinteistön päärakennukseen sijoitettiin ryhmäkeskus, josta sähköt autotallia lukuun ottamatta asennettiin. Ryhmäkeskukseksi valittiin Ensto ESSV345.48 keskus. Keskukseen valintaan päädyttiin koska se sisälsi jo valmiiksi 3 kappaletta 4-napaista 30 mA:n vikavirtasuojaa.

Nykyisin lähes kaikki pistorasiaryhmät ja kosteissa tiloissa myös valaistusryhmät tulee suojata vikavirtasuojalla ja tästä johtuen vikavirtojen määrä uudisasennuksissa on kasvanut. Toinen syy keskuksen valintaan oli se, että siinä oli melko paljon ns. varatilaa johon valaistuksen ohjauksessa käytetyn DALI-järjestelmän laitteet pystyttiin asentamaan. Ryhmäkeskuksen pääkaavio löytyy liitteestä (liite 1).

6.3 Maadoituselektrodi

Maadoituselektrodina käytettiin ns. HK16:ta (Hehkutettu Kupari 16 mm²), joka kaivettiin maahan talon ympäri ja molemmat päät kytkettiin pääkeskuksen maadoitusliittimiin. Maadoituskuparin olisi voinut upottaa myös ns. sokkeliin mutta sähkötöiden alkaessa valu oli jo tehty joten päädyttiin em. ratkaisuun. Talon kiertävä maadoituselektrodi on myös ukkossuojauksen kannalta paras vaihtoehto.

6.4 Uima-altaan valaistus

Uima-altaan valu tehtiin heti ensimmäisenä työnä talon rakennuksessa ja näin ollen uima-altaaseen piti ennen valua asentaa sinne suunnitelluille valaisimille asennuskotelot. Uima-altaaseen tuli vedenalaiset led valaisimet jotka ovat pienehkön valotehonsa takia lähinnä tunnelmavalaisuun tarkoitettut.

Valaisimiksi valittiin Onninen Oy:n maahantuomat ja Ivelan Oy:n valmistamat Nautoled-valaisimet jotka ovat IP-68 ja soveltuvat näin ollen uima-altaaseen upottamiseen. Valaisimessa on 3 kappaletta teholedia ja valaisimen kokonaistehoksi muodostuu 3,6 W.

6.5 Putkitus- ja kaapelointityöt

Uima-allasta lukuun ottamatta putkitustyöt pääsivät alkamaan vasta siinä vaiheessa kun harkoista rakennettavat ulkoseinät alkoivat nousta. Tässä vaiheessa huomattiinärkevimmäksi vetää rasioilta keskukselle menevät putket alakautta (kuva 10) koska yläkautta putkitus olisi hankaloittanut harkkojen päällekkäin ladontaa. Tämän lisäksi alakautta putkitus säästää putkitus- ja kaapelointimateriaalia sekä työskentely aikaa.

Seuraavaksi seiniin asennettuihin putkiin vedettiin tarvittavat kaapelit ja suoritettiin kaapeleille käyttöönottotarkastuksessa vaadittavat eristysresistanssi mittaukset.

Mittaukset on helpoin tehdä ennen kalusteiden asennusta, jolloin myös mahdolliset valmiiksi vialliset tai asennuksessa vioittuneet kaapelit voidaan helposti vaihtaa.



Kuva 10. Putkitus ratkaisuksi valittiin alakautta putkitus.

7 Kalusteiden valinta

Kalusteiden asennuksessa tulee ottaa huomioon se, että osa käyttöönottotarkastuksessa tehtävistä mittauksista ja testauksista on tehtävä ennen kalusteiden paikoilleen asentamista. Kaapelointitöiden jälkeen rakennuksen seinäpintojen valmistuessa sähköurakoitsijan asentajat pääsevät suorittamaan kalusteiden asennuksia. Näihin asennuksiin kuuluvat pistorasioiden, kytkimien, valaisimien sekä erilaisten kodinkoneiden, kuten liedin, kiukaan ja ilmanvaihdon sekä lämmityksen tarvitsemien laitteistojen kytkennät.

Sähkösuunnittelijan tehtäväksi tässä vaiheessa jää erilaisiin tiloihin sopivien tarvikkeiden ja laitteiden suunnittelu ja oikea aikainen tilaus työmaalle, jotta asentajilla on kokoajan tarvittavat asennustarvikkeet saatavilla ja näin ollen ei tule turhia työnseisauksia.

Seuraavassa käydään läpi kalusteiden valintaan eri tiloihin liittyviä standardin asetuksia ja määräyksiä.

7.1 Kuivat tilat

Kuiviin tiloihin pistorasioiksi ja kytkimiksi valittiin ABB:n Jussi-sarjan kalusteet.

Jussi-sarjan tuotteissa yhdistyvät ajaton muotoilu, laaja tuotevalikoima ja asennustapojen joustavuus. Valkoinen silkinhimmeä pinta on helppo pitää puhtaana ja se sopii monenlaisiin sisustuksiin. Jussi-sarjassa on laaja peitelevyjien ja pinta-asennustarvikkeiden valikoima. Tuotteet voidaan asentaa monella tavalla sekä uppoon että pintaan. [1]

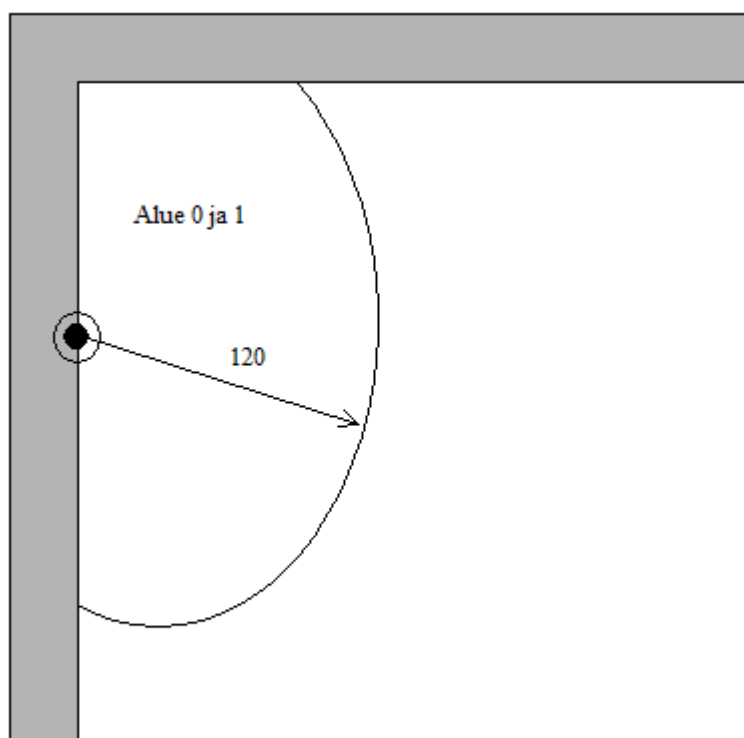
Pistorasiat on Standardin SFS 6000 liitteen 41X mukaan suojattava 30mA:n vikavirtasuojalla. Kuitenkin poikkeuksena ”erityiselle määrätyn laitteen liittämiseen tarkoitetulle pistorasialle tai pistorasioille, joita käytetään ammattihenkilön tai opastetun henkilön valvomana teollisessa tai kaupallisissa rakennuksissa”. Vikavirtasuojaa voidaan jättää pois jos kyseessä on ns. kiinteä laite, joita yleensä ovat pakastimet ja jääkaapit. [11, s. 145.]

7.2 Kosteat tilat

Kosteisiin tiloihin pistorasioiksi ja kytkimiksi valittiin ABB:n Kosti-sarjan kalusteet.

Kosteisiin ja kylmiin tiloihin sekä ulos asennettavien asennuskalusteiden on oltava roiskevesitiiviitä (IP44) ja niiden on kestävä vaativien olosuhteiden rasitukset. Kosti-sarja on tehty näiden vaatimusten mukaisesti ja lisäksi se on tehty kestäväksi kovaa käyttöä. Kosti-sarjaan sisältyy kaikki tarvittavat toiminnot pinta-asennukseen (sekä kaksoispistorasia myös uppoasennukseen). [2]

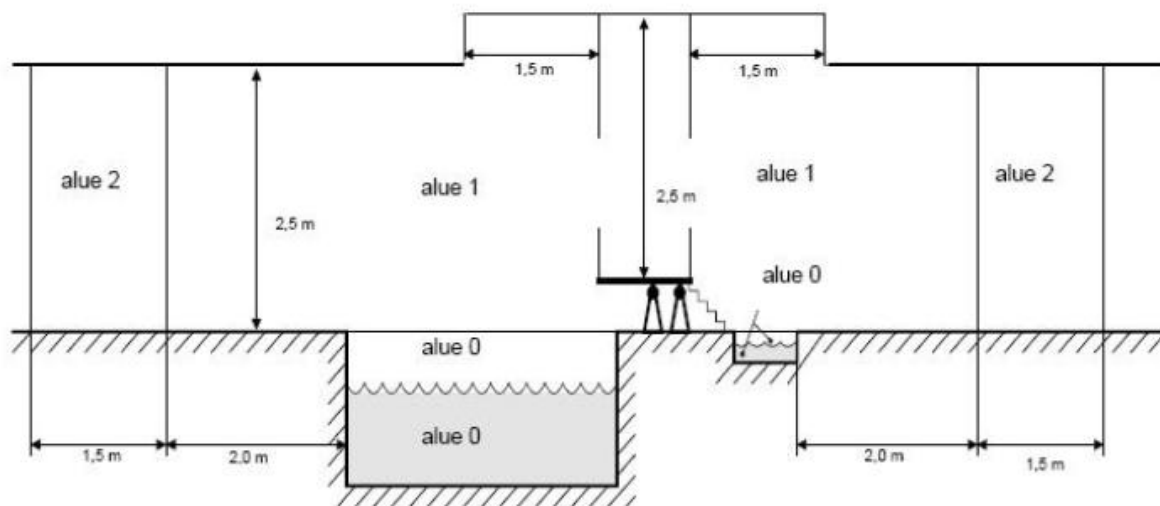
Standardissa SFS 6000-7-701 määritetään kylpy- ja suihkutilojen erityisvaatimukset sähköasennuksille. Kylpy- ja suihkutilojen määritykset perustuvat kolmeen eri alueeseen 0, 1 ja 2. Kuvasta 11 käy ilmi ko. projektiin sovellettu esimerkki piirros. Sähköasennusten kannalta alueiden 0, 1 ja 2 standardista poimitut tärkeimmät huomiot ovat seuraavat: Kaikille näillä alueilla oleville sähkölaitteille pitää toteuttaa perussuojaus eli kotelointiluokka (IP) pitää olla vähintään IPXXB tai IP2X tai eristyksellä joka kestää 500 V vaihtojännitteisen testijännitteen 1 minuutin ajan. Lisäksi kaikki näillä alueilla olevat piirit pitää suojata enintään 30mA:n vikavirtasuojalla poikkeuksena SELV- tai PELV-piirit ja piirit jotka syöttävät vain yhtä kulutuskojetta esim. pyykinpesukonetta. Alueelle 0 ei myöskään saa asentaa kytkimiä. [11, s. 377–384.]



Kuva 11. Alueiden 0 ja 1 mitat tiloissa, joissa on suihku ilman allasta. [11, s. 383].

7.3 Uima-allas

Standardissa SFS 6000-7-702 määritetään erityisvaatimuksia uima-altaan ja/tai suihkulähteen sisältäville huoneille. Kuten kylpy- ja suihkutilojen määritykset myös uima-altaiden määritykset perustuvat kolmeen eri alueeseen 0, 1 ja 2. Standardista SFS 6000-7-702 löytyy myös esimerkkipiirros, josta käy ilmi erialueet rajaavat mitat (kuva 12).

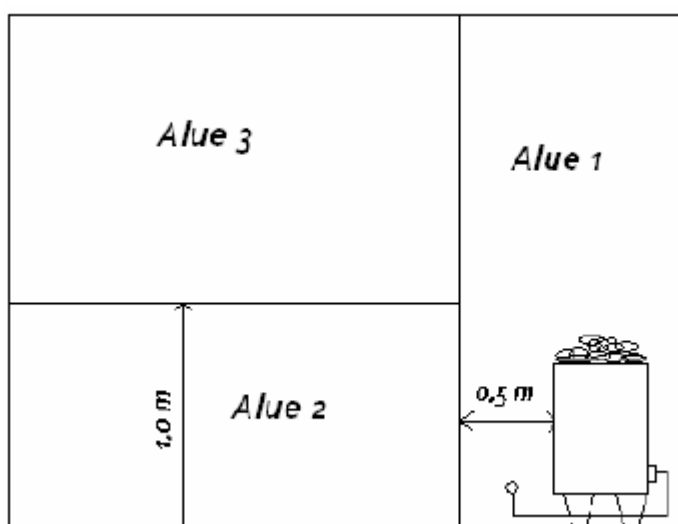


Kuva 12. Uima- ja kahluuallasaluiden mitat. [11, s. 395].

Asiakkaan toiveena oli että uima-allastilaan tulisi pistorasioita. Tilan pienuuden takia pistorasioiden asentaminen niiden sallimalle alueelle 2 ei ollut mahdollista. Vaikka standardissa SFS 6000-7-702.53 sanotaan että ”alueilla 0 ja 1 ei saa olla kytkinlaitteita eikä pistorasioita” niin kuitenkin myöhemmässä kohdassa samaa standardia sanotaan seuraavaa: ”Pienissä uima-allastiloissa, joissa ei ole mahdollista sijoittaa pistorasioita muualle, ne voidaan asentaa alueelle 1 vähintään 1,25 m päähän alueen 0-rajasta sekä vähintään 0,3 metrin korkeudelle lattiasta”. Tässä tapauksessa kyseinen pistorasia ryhmä tulee suojata enintään 30mA:n vikavirtasuojalla kuten muutkin pistorasiaryhmät.

7.4 Sauna

Saunaan tuleville sähköasennuksille sovelletaan standardia SFS 6000-7-703 joka jakaa saunan tilaluokkiin 1, 2 ja 3 (kuva 13). Alue 1 on tila, jossa on kiuas ja jota rajoittavat lattia, katon lämpöeristeen kylmä puoli ja pystysuora taso, joka ympäröi kiuasta 0,5m päässä kiukaan pinnasta. Alue 2 on alueen 1 ulkopuolella oleva tila jota rajoittavat lattia, seinien lämpöeristeen kylmä puoli ja vaakasuora taso, joka on 1,0 m korkeudella lattiasta. Alue 3 on alueen 1 ulkopuolella oleva tila, jota rajoittavat seinien ja katon lämpöeristeen kylmä puoli ja vaakasuora taso, joka on 1,0 m korkeudella lattiasta. Saunan sähköistyksessä tärkeimpiä huomioita ovat: alueelle 1 saa asentaa ainoastaan kiukaan ja sen käyttöön kuuluvia sähkölaitteita. Kiukaan asennus on aina tehtävä valmistajan suositusten ja ohjeiden mukaan. Alue 2 on alue jossa sähkölaitteiden lämmönkestävyydelle ei aseteta erityisvaatimuksia. Alue 3 on alue jossa sähkölaitteiden on kestettävä vähintään 125 celsiuksen ympäristön lämpötila ja johtojen eristyksen kestettävä vähintään 170 celsiuksen lämpötila. Johto järjestelmät suositellaan asennettavaksi ensisijaisesti alueiden ulkopuolelle eli lämpöeristeen kylmälle puolelle. [11, s. 401–403.]



Kuva 13. Saunan eri alueiden rajaavat mitat. [11, s. 404].

8 Tarkastukset

SFS 6000 -standardin osassa 6 esitetään vaatimuksia sähköasennuksille, niiden aikana tapahtuville ja ennen laitteistojen ja asennuksien käyttöönottoa tapahtuville tarkastuksille ja mittauksille. Kaikista sähköturvallisuuden varmistavista tarkastuksista käytetään termiä ”käyttöönottotarkastus”, johon kuuluvat ns. aistinvarainen tarkastus ja tarvittavat testaukset ja mittaukset.

Tämän standardin ydin sanoma voidaankin määritellä seuraavasti: ”Jokainen sähköasennus on tarkastettava asennuksen aikana ja/tai sen valmistuttua ennen kuin se otetaan käyttöön”. [11, s. 353–354.]

8.1 Aistinvarainen tarkastus

Aistinvaraisesta tarkastuksesta standardi SFS 6000 kertoo seuraavaa ”sähköasennuksen tutkiminen käyttäen kaikkia aisteja, joiden avulla todetaan, että asennus on tehty vaatimusten mukaisesti” [11, s. 354].

Aistinvarainen tarkastus tehdään yleensä ennen testauksia koko asennuksen ollessa jännitteettömänä. Aistinvaraista tarkastusta tehdään sähköasentajan toimesta koko laitteiston tai järjestelmän sähköistyksen ajan ja mahdollisia puutteita tai vikoja korjataan työn edetessä mutta viimeistään ennen käyttöönottoa. Aistinvaraisesti on tarkistettava, että kiinteään asennukseen kuuluvat sähkölaitteet ovat

- a) niitä koskevien turvallisuusvaatimusten mukaisia
- b) standardisarjan SFS 6000 vaatimusten ja valmistajan ohjeiden mukaisesti valittuja ja asennettuja
- c) mekaanisesti ehjiä.

SFS6000 luku 61.2.3 määrittää mitä kaikkea aistinvaraisessa tarkastuksessa on todettava, näitä kohtia ovat

- a) sähköiskulta suojaukseen käytetyt menetelmät
- b) palosuojauksien käyttö ja muut palon leviämisen estämiseksi ja lämpövaikutuksilta suojaamiseksi tehdyt toimenpiteet
- c) johtimien valinta kuormitettavuuden, sallitun jännitteenaleneman ja häiriösuojauksen kannalta
- d) suoja- ja valvontalaitteiden valinta ja oikea sijoitus
- e) erotus- ja kytkentälaitteiden valinta ja oikea sijoitus
- f) sähkölaitteiden ja suojausmenetelmien valinta ulkoisten tekijöiden vaikutuksen mukaan
- g) nolla- ja suojajohtimien tunnuksot
- h) yksivaiheisten kytkinlaitteiden kytkentä äärijohtimiin
- i) piirustusten, varoituskilpien tai vastaavien tietojen olemassaolo
- j) virtapiirien, varokkeiden, kytkimien, liittimien yms. tunnistettavuus
- k) johtimien liitosten sopivuus
- l) suojajohtimien, mukaan luettuna suojaavien potentiaalintasausjohtimien ja lisäpotentiaalintasausjohtimien olemassa olo ja sopivuus
- m) sähkölaitteiston käytön, tunnistamisen ja huollon vaatima tila.

Näihin kaikkiin kohtiin löytyy SFS 6000 -standardista lisäohjeita kuinka kyseiset asiat voidaan todeta olevan kunnossa. Lisäksi tarkastukseen pitää sisältyä kaikki erikoistilojen ja asennusten erityisvaatimukset koskien lähinnä kosteita tiloja sekä ulkotiloja. [11, s. 355.]

8.2 Testaukset ja mittaukset

SFS 6000 -standardin osassa 6-61.3 on kerrottu kaikki erilaiset testaus ja mittaussuenetelmät jotka täytyy tehdä sähkölaitteistoille ja asennuksille ennen kuin ne voidaan luovuttaa käyttöön.

Kuvatut testausmenetelmät ovat referenssimenetelmiä, joten myös muita menetelmiä voi käyttää, kunhan niiden avulla saadut tulokset ovat vähintään yhtä luotettavia. Seuraavat testit on tehtävä silloin kun ne liittyvät tarkastettavaan työsuoritukseen. Testit tehdään mieluiten seuraavassa järjestyksessä:

- a) suojajohtimien jatkuvuus
- b) sähköasennuksen eristysresistanssi
- c) SELV- ja PELV- piirien tai sähköisesti erotettujen piirien erotus
- d) lattia- ja seinäpintojen resistanssi
- e) syötön automaattisen poiskytkennän toiminta
- f) lisäsuojaus
- g) napaisuustesti
- h) kiertosuunnan mittaustilasto- ja käyttötesti.

Jos jossakin testissä havaitaan vika, tämä ja sitä edeltävät testit, joissa saatuun tulokseen havaittu vika on voinut vaikuttaa, on toistettava vian korjauksen jälkeen. Näihin edellä lueteltuihin testeihin löytyy SFS 6000 -standardista lisäkohtia joissa mittaus tai testaus on kerrottu tarkemmin. Standardista löytyy myös tulosten tarkasteluun tarvittavat taulukot. [11, s. 356.]

9 Esimerkkiprojektin tarkastukset ja mittaukset

Kaikista projektin käyttöönottotarkastuksen mittauksista on tehty mittauspöytäkirja josta käy ilmi mitattavan kohteen tarkat tiedot, millaista mittausmenetelmää on käytetty, kuka on mittauksen suorittanut, milloin mittaus on tehty, mittaus tulos sekä mahdolliset lisähuomiot mitattavasta kohteesta. Esimerkki käyttöönottopöytäkirjasta liitteenä (liite 2).

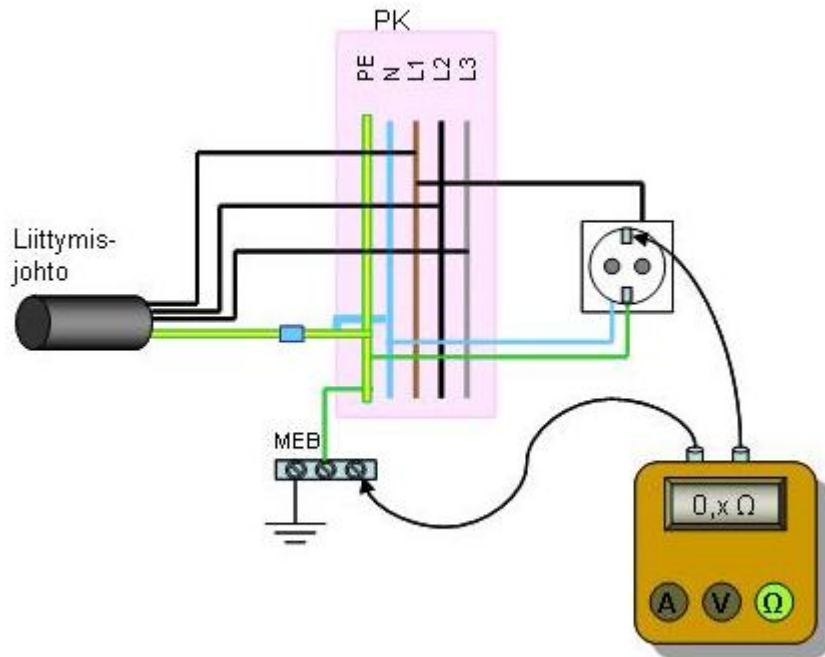
9.1 Suojajohtimen jatkuvuus

Kuten em. standardi määrittää käyttöönottotarkastuksessa mittaamaan suojajohtimien jatkuvuuden. Suojajohtimen jatkuvuuden mittauksessa pitää mitata myös pää- ja lisäpotentiaalintasausjohtimet.

Kyseisen projektin suojajohtimien jatkuvuus mitattiin asennustesterillä Beha Telaris unitest (Kuva 14). Mittaus tehdään jännitteettömään järjestelmään ja apuna käytetään ns. apuelektrodia jonka resistanssi pitää mittaustuloksista laskea pois. Itse mittaus tapahtui käymällä läpi kaikki projektin sähköpisteet ja niiden maadoitus johtimet, jolloin resistanssi apuelektrodin ja mitattavan kaapelin loppupään välillä ei saa ylittää arvoa 3 ohm yleensä arvo jää alle 1 ohmin mutta pitkillä kaapeleilla arvo voi hieman ylittyä. Mittausjärjestelyistä kuva 15. [11, s. 356.]



Kuva 14. Beha telaris asennustesteri.



Kuva 15. Suojajohtimien jatkuvuuden mittaus. [16]

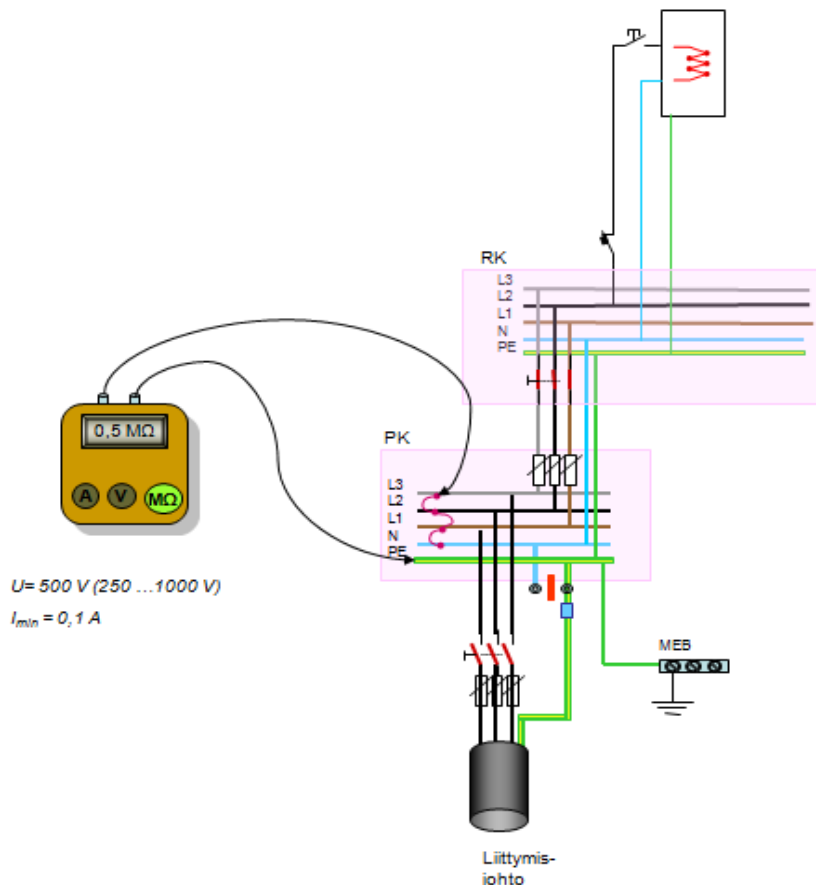
9.2 Sähköasennusten eristysresistanssi

Kaikista projektissa käytetyistä kaapeleista mitattiin eristysresistanssi. Eristysresistanssi mittauksessa varmistutaan siitä että kaikki jännitteiset osat (kaapelit, kojeet ja laitteet) ovat riittävästi eristettyjä maapotentiaalista. Eristysresistanssi mitataan kaikkien jännitteisten johtimien ja maadoitusjärjestelmään kytketyn suojajohtimen väliltä. Tässä testissä ääri- eli vaihejohtimet ja nollajohdin voidaan kytkeä yhteen. Itse mittauksessa testeri syöttää piiriin tasajännitteen jonka suuruus riippuu testattavasta järjestelmästä tästä taulukko 2. Samasta taulukosta löytyy myös eristysresistanssin vähimmäisarvot. Kuvasta 16 selviää mittauksen periaate.

Taulukko 2. Eristysresistanssin vähimmäisarvot [11, s. 356].

		Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot
Virtapiirin nimellisjännite [V]	Koejännite (DC) [V]	Eristysresistanssi [$M\Omega$]
SELV, PELV	250	> 0,25
< 500 V	500	> 0,5
> 500 V	1000	> 1,0

Jos epäillään, että esimerkiksi ylijännitesuojat tai muut laitteet vaikuttavat testiin tai voivat hajota testissä, sellaiset laitteet on erotettava ennen testausta [11, s. 356–357].



Kuva 16. Eristysvastusmittaus. [15]

9.3 SELV- ja PELV-piirien tai sähköisesti erotettujen piirien erotus

Projektiin tuli myös muutamia pienjännite eli SELV- tai PELV-piirejä näiden piirien jännitteisten osien erotus muiden piirien jännitteisistä osista ja maasta todettiin mittaamalla eristysresistanssi. Eristysresistanssin vähimmäisarvot löytyvät myös taulukosta 2 [11, s. 357].

9.4 Lattia- ja seinäpintojen eristysresistanssi

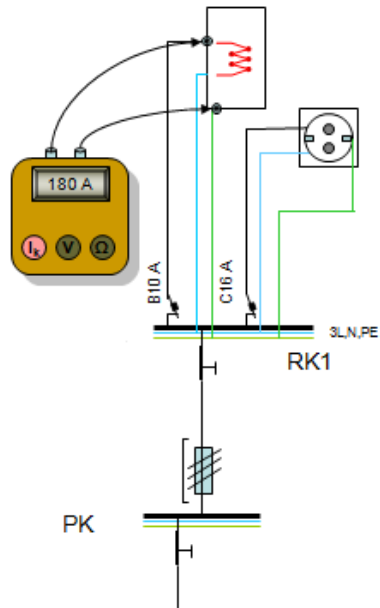
Lattia- ja seinäpintojen resistanssin mittausta ei yleensä vaadita. Mikäli suojausmenetelmänä käytetään eristävää ympäristöä, tulee kyseinen mittaus kuitenkin

suorittaa. Myös mikäli johtavalle tai puolijohtavalle seinäpinnalle asennetaan takaa avoin jakokeskus, voidaan joutua mittaamaan seinä- ja lattiapintojen resistanssi. Seinä voi nimittäin joutua jännitteelle alttiiksi ja tarvitaan ehkä lisätoimenpiteitä riittävän suojauksen aikaansaamiseksi (esim. korjausrakentamisen yhteydessä). Mittaus on tehtävä samassa tilassa vähintään kolmesta kohdasta jokaiselle mittausta vaativalle pinnalle. Tässä projektissa ei em. suojausmenetelmää käytetty ja näin ollen tätä mittausta ei tehty. [4]

9.5 Syötön automaattisen poiskytkennän toiminta

Kyseisen projektin sähköjärjestelmänä käytetään ns. TN-Järjestelmää. Tästä syystä syötön automaattisen poiskytkennän toiminta varmistetaan silmukkaimpedanssin /oikosulkuvirran mittaamisella vikatilanteessa (kuva 17), sekä käytettävän suojalaitteen ominaisuuksien tarkastuksella, kuten katkaisijoiden nimellisvirta asetuksen ja sulakkeiden virta-arvojen silmämääräisellä tarkastuksella.

Syötön automaattisen poiskytkennän toiminnan varmistamisessa mittaus suoritetaan seuraavasti: Mitataan asennustesterillä jokaisen ryhmäjohtimen kauimmaisen pisteen oikosulkuvirta. Mitatun oikosulkuvirranarvon tulee ylittää taulukon 3 pienimmät toimintavirrat johdonsuojakatkaisijoille. Alle 32 A:n ryhmäjohdoilla käytetään taulukon lyhyttä toiminta-aikaa 0,4 s. Sama mittaus suoritettiin myös keskuksien (PK ja RK) väliselle kaapelille. Syöttöjohdoille sovelletaan pidempää 5 s aikaa [11, s. 359].



Kuva 17. Oikosulkuvirran mittaus.[17]

Taulukko 3. Suojalaitteiden toimintavirrat. [12]

Suojalaitteen nimellisvirta A	Suojalaitteiden toimintarajavirrat ja pienimmät hyväksyttävät mittaustulokset							
	gG-sulake 0,4 s A	Vaadittu mitattu arvo A	gG-sulake 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	Johdonsuojakatkaisijat			
					B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
6	46,5	58,2	28	35	30	37,5	60	75
10	82	102,5	46,5	58,2	50	62,5	100	125
16	110	137,5	65	81,3	80	100	160	200
20	145	181,3	85	106,3	100	125	200	250
25	180	225	110	137,5	125	156,3	250	312,5
32	270	337,5	150	187,5	160	200	320	400
50	470	587,5	250	312,5	250	312,5	500	625
63	550	687,5	320	400	315	393,8	630	787,5
80	840	1050	425	531,3	400	500	800	1000
125	1450	1812,5	715	893,8	625	781,3	1250	1562,5

9.6 Lisäsuojaus

”Lisäsuojauksen toiminnan teho pitää tarkistaa aistinvaraisesti ja testaamalla” [11, s. 360].

Tähän testaukseen kuului lisäsuojaukseen käytettyjen vikavirtasuojien testaus ja toimintavirtojen ja aikojen mittaaminen.

9.7 Napaisuus ja kiertosuunnan tarkistus

Napaisuuden tarkastuksessa varmistetaan että yksinapaiset kytkinlaitteet on kytketty vaihejohtimiin eikä nollajohtimeen. Kiertosuunnan tarkastuksessa tarkastetaan että kolmivaiheisten piirien kiertosuunta on oikea. Tämä tarkastus tehdään vaikka kolmivaiheisestä keskuksesta ei lähtisi yhtään kolmivaihe ryhmää. Tämä myös varmistaa että kolmivaihemoottorit pyörivät oikeaan suuntaan [11, s. 360].

9.8 Toimintatestit

Erilaisille kytkimille, käyttövivuille sekä ohjaus- ja lukituslaitteille on tehtävä toiminta testi, jolla varmistutaan että ne on koottu, asennettu ja säädetty toimimaan oikein. Samat käyttötestit on tehtävä myös suojalaitteille [11, s. 361].

10 Työmaapalaverit ja työmaaseuranta

Sähköurakan työn aikaiseen seurantaan tarkoitettut työmaapalaverit ovat tärkeä osa onnistunutta projektia. Työmaapalavereissa käydään läpi aikataulut, kuinka niissä on pysytty sekä mahdolliset tiedossa olevat viivästykset. Työmaapalavereissa on, sekä tilaajalla, että urakoitsija firmalla mahdollisuus kertoa omia toiveita ja näkemyksiä kuinka projektissa pitäisi edetä, että saavutetaan molempien kannalta toivottu lopputulos.

Opinnäytetyön aiheena olevassa projektissa käytännöksi muodostui sähkösuunnittelijan työmailla käyntien yhteydessä pidetyt ns. epäviralliset työmaapalaverit, joissa keskusteltiin työmaan aikatauluista ja mahdollisista muutoksista sekä ideoista. Näistä ei

sen tarkempaa muistioita tehty vaan tarvittavat asiat kirjattiin ruutupaperille, josta tarvittavat muutokset päivitettiin tarvittaviin dokumentteihin.

Työmailla esimiehen käyntien ja työmaaseurannan roolia ei voi liikaa korostaa. Työmaakäyntien etuna sähköurakoitsijan ja tilaajan näkökulmasta on mm. se, että asiantunteva työnjohtaja voi työmaakäynnillä ollessaan havaita työturvallisuuteen liittyviä seikkoja sekä ennen kaikkea estää omalla toiminnallaan asentajien tavarantoiminnan puutteesta johtuvat työnseisaukset. Tämä on työtehokkuuden ja tyytyväisen asiakkaan kannalta oleellinen asia.

Esimerkkinä olevassa projektissa pyrin sähkösuunnittelijan ominaisuudessa vierailemaan työmaalla noin kerran viikkoon. Tähän kerta/viikko taajuuteen vaikutti kuitenkin työmaan sen hetkinen tilanne. Työmaalla mahdollisesti käynnissä olevan pitemmän rakennusvaiheen aikana ei vastaavaa hyötyä työmaakäynnillä saa.

11 Aikataulu

Opinnäytetyössä esimerkkinä toimineesta työmaasta ei etukäteen sähköistyksen osalta tehty sen tarkempaa aikataulusuunnitelmaa. Projektin kulkua seurattiin kuitenkin oppimistarkoituksena, jolloin tulevaisuudessa projekteissa voi paremmin määrittää tiettyjen työvaiheiden keston ja resurssitarpeen.

Taulukossa 4 on kuvattu projektin toteutunut aikataulu. Taulukosta selviää suurimpien työvaiheiden aikataulut alkaen vuoden 2010 heinäkuun lopulta ja kestäen aina vuoden 2011 maaliskuun alkuun. Kun sähköistyksestä oli suoritettu noin 80 % työt keskeytyivät ja näin ollen aikataulusta puuttuu ulkovalaistuksen ja lopputarkastusten aikataulut.

Taulukko 4. Aikataulu.

	AIKATAULU															
Työvaihe	Viikko															
	30-31	32-33	34-35	36-37	38-39	40-41	42-43	44-45	46-47	48-49	50-52	1-2	3-4	5-6	7-8	9-->
Ensimmäinen tapaaminen																
Sähkösuunnittelu																
Tarjouslaskenta																
Työmaasähköt																
Putkitus																
Kaapelointi																
Keskusten asennus																
Kalusteiden asennus																
Pihavalaistukset																
Mittaukset ja tarkastukset																
Luovutus																

12 Taloudellisuus

Sähköalalla toimivan yrityksen toiminnan varmistamiseksi ja henkilöstön työpaikkojen turvaamiseksi tulisi tehtyjen urakoiden tuottaa yritykselle taloudellista voittoa.

Esimerkkiprojektin taloudellisuutta päästäisiin tarkastelemaan vasta projektin loppuvaiheessa, jolloin kaikki kulut on saatu kirjattua käytössä olleeseen ATK-Paja ohjelmaan, josta saa kätevästi tiedot tarvikkeiden, palkkojen ja muiden kulujen toteutuneista kustannuksista.

Tarkkojen summien ilmoittaminen on kuitenkin liiketoiminnallisista syistä salassa pidettävää materiaalia, joten niitä ei tässä julkaisussa voida tarkastella.

13 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä projektinhoitamisen opas sähköalanyrityksessä toimivalle esimiehelle. Projektin käytännöntyö osuutena oli modernin omakotitalon sähköistysprojektin vetäminen ja projektin kokonaisvaltainen seuraaminen ja raportointi.

Projektissa haastavin osuus oli sähkösuunnitelman tekeminen niin, että käytetyt ratkaisut ja järjestelmät olisivat energiatehokkaita ja toimivia vielä vuosienkin päästä. Lisäksi valaistussuunnitelman teko asiakkaan itse hankkiessa valaisimet aiheutti mm. tarvittavan valaistustehokkuuden ja ohjauslaitteiden valintaan omat ongelmansa.

Em. suunnitteluun liittyvät vaikeudet ovat jokaisen sähköistysprojektin oleelliset ja sähkösuunnitelman kannalta haastavimmat alueet ja niiden täydellinen hoitaminen vaatii vuosien suunnittelukokemuksen.

Koko projektissa suurimman työn aiheutti juuri sähkösuunnitelma ja käytettävien tarvikkeiden ja järjestelmien valinta. Näiden valmistuttua suurin osa työstä oli asentaja resurssien hoitamista, töiden edistymisen ja aikataulun valvontaa sekä tarvikkeiden työmaalle tilaamista.

14 Arviointi

Sähköistysprojekti sujui sähkösuunnitelman valmistumisen ja käytettävien järjestelmien valinnan jälkeen hyvin. Tilaajan kanssa alusta asti pidetty tiivis yhteydenpito helpotti työn hoitamista oleellisesti. Lisäksi tilaajalla oli jo projektin alussa vahva näkemys mitä

kaikkea hän taloonsa haluaa ja miten näiden laitteistojen tulisi toimia. Tämä osoittautui suureksi avuksi suunnittelijalle.

Projektin rakentamisen viivästyminen aiheutti mm. sen, että taloudellisuustarkastelu jäi vajaaksi sekä loppudokumentointi jäi hieman vajaaksi. Jatkokehityksenä opinnäytetyöhön olisikin näiden osa-alueiden tarkempi tarkastelu. Taloudellisuuden tarkastelua vaikeuttaa yleensä myös se seikka, että erittäin kilpaillulla sähköurakointialalla ei tarkkojen summien julkaisu ole liiketoiminnallisista syistä järkevää.

Koko projektin yhteenvetona voidaankin sanoa, että onnistuneen sähköistysprojektin tärkeimpiä asioita ovat suunnittelijan ammattitaito ja kokemus, yhteydenpito asiakkaan ja suunnittelijan välillä, työmaaseuranta ja työmaalla paikanpäällä käynnit sekä asentaja- ja tarvikeresurssien sopiva määrä.

Lähteet

1. ABB Oy. Asennustuotteet, kuivat tilat. [Verkkodokumentti]. 2009. Saatavissa: <http://www.asennustuotteet.fi/index.pl?id=51&lang=FIN1>). 25.2.2011
2. ABB Oy. Asennustuotteet, kosteat tilat. [Verkkodokumentti]. 2009. Saatavissa: <http://www.asennustuotteet.fi/index.pl?id=52&lang=FIN1>). 25.2.2011
3. D1-2009 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Sähköinfo Oy. Espoo. ISBN 978-952-231-004-0. 2009
4. Fluke Finland Oy. Sähköasennusten perusteet. [Verkkodokumentti]. 2003. Saatavissa: <http://195.148.217.80/public/Slabra/S%C3%A4hk%C3%B6asennustarkastusten.pdf>. 15.5.2011
5. Glamox Luxo Lightning Oy. DALI informaatio. [Verkkodokumentti]. 1998. Saatavissa: <http://www.glamox.fi/glx/eCat/DataSheet.aspx?T=Information&tabindex=0&tabid=65&eCat=True&L=FI&M=4&CatID=100&MountID=102&ItemGroup=TX T006>. 8.1.2011
6. Helvar Oy. Apulaitteet. [Verkkodokumentti]. 2008. Saatavissa: <http://www.helvar.com/default.asp?path=3386,3399,3971,3561&lan=FI>. 10.12.2010
7. Helvar Oy. Digidim. [Verkkodokumentti]. 2008. Saatavissa: <http://www.helvar.com/default.asp?path=3386,3398,3464&lan=FI>. 16.12.2010
8. Helvar Oy. Modulaariset ohjauspaneelit. [Verkkodokumentti]. 2008. Saatavissa: <http://www.helvar.com/default.asp?path=3386,3399,3970,3467&lan=FI>. 10.12.2012

9. Helvar Oy. Valaistuksenohjaus. [Verkkodokumentti]. 2008. Saatavissa:
<http://www.helvar.com>. 10.1.2011
10. Onninen Oy. Valaistuskirja 2010-2011. [Verkkodokumentti]. 2010. Saatavissa:
http://www.onninen.com/SiteCollectionDocuments/Finland%20Documents/Tuotteet/Valaistus/VK2010/01_41_ASUNTOVALAISIMET.pdf. 10.1.2011
11. SFS-600. Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus. 2007. Suomen Standardisoimisliitto. ISBN 978-952-55650-43-3
12. ST-kortti 53.25. Suojalaitteiden toimintavirrat ja pienimmät hyväksyttävät mittaustulokset. 2009. Sähkötieto Ry.
13. ST-kortti 662.50. Paloturvallisuus. 2009. Sähkötieto Ry.
14. Grönlund, J & Lötjönen, T. Sähköurakan yksikkökustannuksia 2010,2. Sähköinfo Oy.2011. ISSN 1237-6264
15. Virtuaali AMK. Eristysresistanssimittaus. [Verkkodokumentti]. 2007. Saatavissa:
<http://www.amk.fi/opintojaksot/030503/1134129294081/1134132211537/1134133739307/1134133840901.html>. 20.3.2011
16. Virtuaali AMK. Suojajohtimen jatkuvuus. [Verkkodokumentti]. 2007. Saatavissa:
<http://www.amk.fi/opintojaksot/030503/1134129294081/1134132211537/1134133714588/1134134045570.html>. 20.3.2011
17. Virtuaali AMK. Oikosulkuvirran mittaus. [Verkkodokumentti]. 2007. Saatavissa:
<http://www.amk.fi/opintojaksot/030503/1134129294081/1134132211537/1134133733769735/1134134146766.html>. 20.3.2011

Liitteet

- | | |
|---------|-------------------------------------|
| Liite 1 | Ryhmäkeskuksen pääkaavio |
| Liite 2 | Esimerkki käyttöönottopöytäkirjasta |
| Liite 3 | Sähkösuunnitelma |

[illegible]

Kaavio	Nimitys	A / A	Laji mm2
	Päämaadoitusjohdin		Cu 16
	Pääpotent.tasausjohdin, rak. runko		MK
	Pääpotent.tasausjohdin, putkisto		MK
	Pääpotent.tasausjohdin, iv-kanavat		MK
	Antenni		MK
	Puhelinpääte		MK
	Pääpotentiaalintasausjohdin		MK
	Nousujohto		
L1	Ovikello	B6	
L2	Valaistus eteinen	B10	
L3	Valaistus keittiö & ruokailutila	B10	
L1	Valaistus KH	B10	
L2	Valaistus Airspace + kaide	B10	
L3	Valaistus työhuone	B10	
L1	Valaistus 2 kerros tauluvalot	B10	
L2	Pr. Porrasledit	B10	
L3		B10	

[illegible]

Rakennuskohde:	Urakoitsija	Valmistaja:
		Ensto Electric Oy Insinöörinkatu 1 50100 MIKKELI

Urakoitsija	Valmistaja:
	Ensto Electric Oy Insinöörinkatu 1 50100 MIKKELI

Valmistaja:
Ensto Electric Oy
Insinöörinkatu 1
50100 MIKKELI

Käyttöönottotarkastus
Käyttöönottotarkastuksen osatarkastus
Kunnossapitotarkastus
Muu

Mikä?

PERUSTIEDOT

Kohteen tiedot

Kohteen nimi

Työnumero

Keskus

Osoite

Sähkölaitteiston rakentaja

Rakentajan nimi

Osoite ja postitoimipaikka

Sähkötöiden johtaja

Puhelinnumero

Sähköpostiosoite

1. AISTINVARAINEN TARKASTUS

a) Sähköiskulta suojaus Kunnossa Ei sisälly

Huom!

b) Palosuojaus Kunnossa Ei sisälly

Huom!

c) Johtimien valinta Kunnossa Ei sisälly

Huom!

d) Suoja-, käyttö-, ja valvontalaitteet Kunnossa Ei sisälly

Huom!

e) Erotus-ja kytkentälaitteet Kunnossa ☐ Ei sisälly ☐

Huom! _____

f) Sähkölaitteiden suojausmenetel Kunnossa ☐ Ei sisälly ☐

Huom! _____

g) Nolla-ja suojajohtimen tunnuksi Kunnossa ☐ Ei sisälly ☐

Huom! _____

h) Yksivaiheiset kytkinlaitteet Kunnossa ☐ Ei sisälly ☐

Huom! _____

i) Piirustukset, varoituskilvet Kunnossa ☐ Ei sisälly ☐

Huom! _____

j) Tunnistettavuus Kunnossa ☐ Ei sisälly ☐

Huom! _____

k) Johtimien liitosten sopivuus Kunnossa ☐ Ei sisälly ☐

Huom! _____

1. AISTINVARAINEN TARKASTUS

i) Suojajohtimien olemassa olo Kunnossa ☐ Ei sisälly ☐

Madoituselektrodin rakenne:

Perustusmaadoitus ☐ Muu? _____

Huom! _____

m) Sähkölaitteiston vaatima tila Kunnossa ☐ Ei sisälly ☐

Kohdetta koskevat erikoistilat (lääkintä/ räjähdysvaarallinen tila) Liite: _____

n) Erikoistilat Kunnossa ☐ Ei sisälly ☐

Kohdetta koskevat erikoistilat (lääkintä/ räjähdysvaarallinen tila) Liite: _____

Ei sisälly

2. SUOJAJOHTIMIEN JATKUVUUS

Suurin resistanssi
ryhmässä _____

Liitteet: _____

3. ERISTYSRESISTANSSI

[illegible]

Erikoistoimenpiteet mittausten suorittamisessa:

Liitteet: _____

4. SYÖTÖN AUTOMAATTINEN POISKYTKENTÄ

	Ik/A	Zk/Ohm	Suojalaite	In/A(suojalaite)
KESKUS				
Epäedullisin piste				

Oikosulkuvirta- ja silmukkaimpedanssiarvot saatu mittaamalla

Oikosulkuvirta- ja silmukkaimpedanssiarvot saatu laskemalla

Saadut arvot ovat standardin vaatimusten mukaiset

Vikavirtasuojat

Tyyppi	Ryhmänumero	t/ms	In	Painike	Liitteet

Toiminnot todettu standardien vaatimusten mukaisiksi

5. KIERTOSUUNNAN TARKASTUS

Keskus 3~pistorasiat

6. TOIMINTA- JA KÄYTTÖTESTIT

Toiminnalliset kokonaisuudet Koneet/laitteet

7. EMC SUOJAUS

Emc-suojauksen toteuttamiseksi on kohteessa käytetty seuraavia menetelmiä

TNS-järjestelmä

Muuta, mitä

Liitteet:

Sähkölaitteisto täyttää sähköturvallisuuslain ja valtioneuvoston asetuksen (xxx/2007)
sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevat vaatimukset

8. HUOLTO- JA KUNNOSSAPITO-OHJELMAN TARVE

Kohteen kunnossapito-ohjelma Vaaditaan Ei Vaadita

Kohteessa on huolto-ja kunnossapito ohjelma

Kohteessa on käyttö-, huolto-, kunnossapito ohjeet

Kohteessa on poistumisreitti valaistus

Kohteessa on poistumisreittivalaistusta koskeva kunnossapito-ohjelma

9. MÄÄRÄAIKAISTARKASTUSAJANKOHTA

Kohde: Vaaditaan Ei vaadita

Määräaikaistarkastuksen ajankohta

10. KOHTEEN TOTEUTUKSESSA KÄYTETYT STANDARDIT

Toteutuksessa on käytetty TUKES-ohjeessa S10/20__ mainittuja standardeja ja

muuta, mitä

Kohde on todettu edellä mainittujen standardien vaatimusten mukaisiksi

11. TARKASTUKSEN TEKIJÄ(T)

Päiväys	
Allekirjoitus ja nimen selvennys	
Päiväys	
Allekirjoitus ja nimen selvennys	
Käytetyt mittalaitteet	

12. LUOVUTUSMERKINTÄ

a) Ilmoitus kohteen valmistumisesta tehty:	Verkkoyhtiö	<div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px;"></div>	nimi: _____
	TUKES	<div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px;"></div>	
b) Käytön opastus		<div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px;"></div>	pvm __ - __
c) Käyttöönottotarkastuspöytäkirja luovutettu liitteineen		<div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px;"></div>	
Liitteet			
d) Piirustukset ja muut dokumentit luovutettu		<div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px;"></div>	

Luettelo piirustuksista ja dokumenteista:

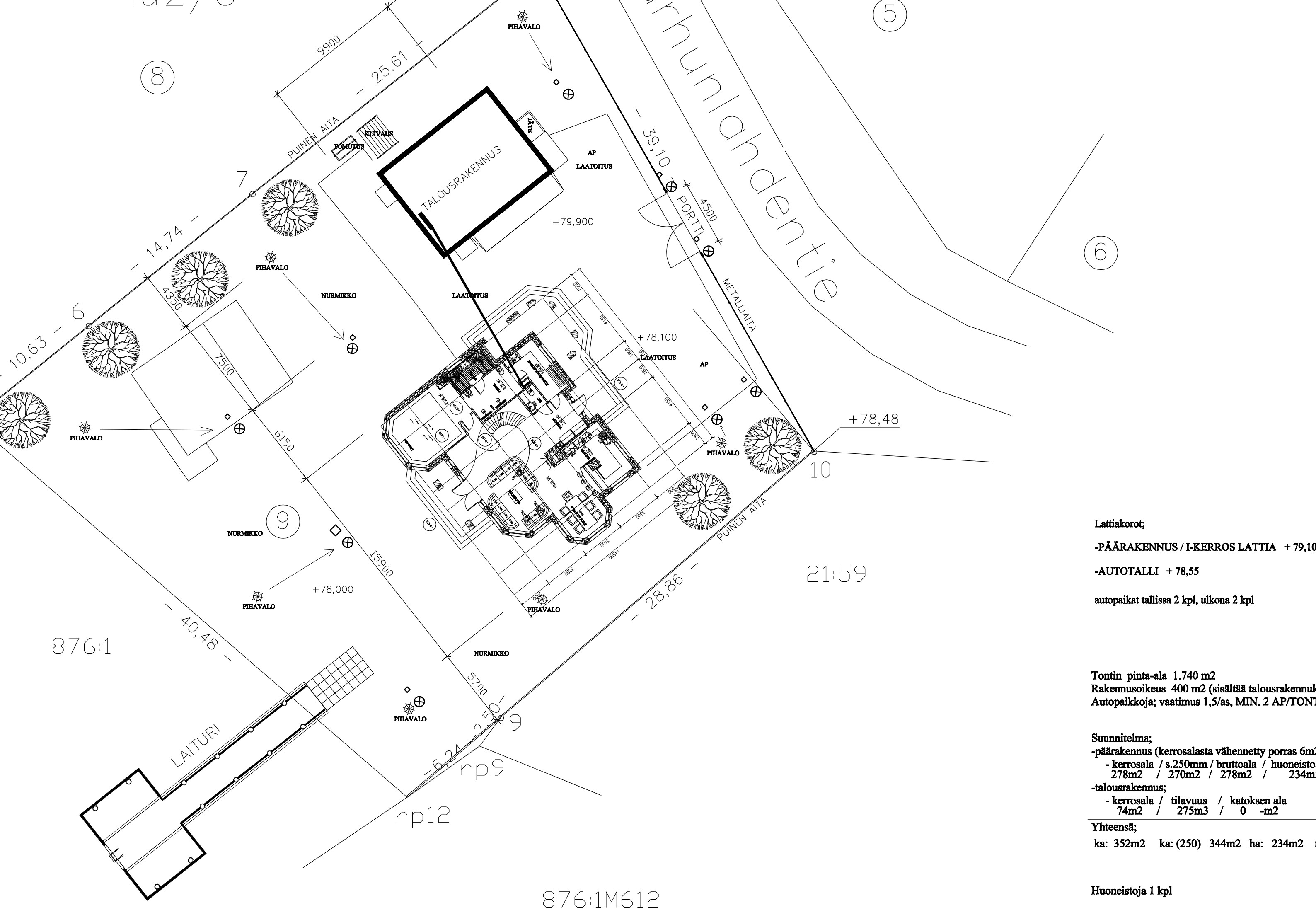
Lisätiedot:	
Päiväys	Allekirjoitus ja nimen selvennys

13. TILAAJAN TAI HÄNEN EDUSTAJANSA KUITTAUS

Olen vastaanottanut kohdassa 12, Luovutusmerkintä, ilmoitetut suoritukset.

Pöytäkirja säilytettävä ja tarvittaessa esitettävä koko sähkölaitteiston käyttöiän ajan.

Päiväys	Allekirjoitus ja nimen selvennys
---------	----------------------------------



Lattiakorot;

-PÄÄRAKENNUS / I-KERROS LATTIA + 79,10

-AUTOTALLI + 78,55

autopaikat tallissa 2 kpl, ulkona 2 kpl

Tontin pinta-ala 1.740 m²

Rakennusoikeus 400 m² (sisältää talousrakennuksen)

Autopaikkoja; vaatimus 1,5/as, MIN. 2 AP/TONTTI

Suunnitelma;

-päärakennus (kerrosalasta vähennetty porras 6m²)

- kerrosala / s.250mm / bruttoala / huoneistoala
278m² / 270m² / 278m² / 234m²

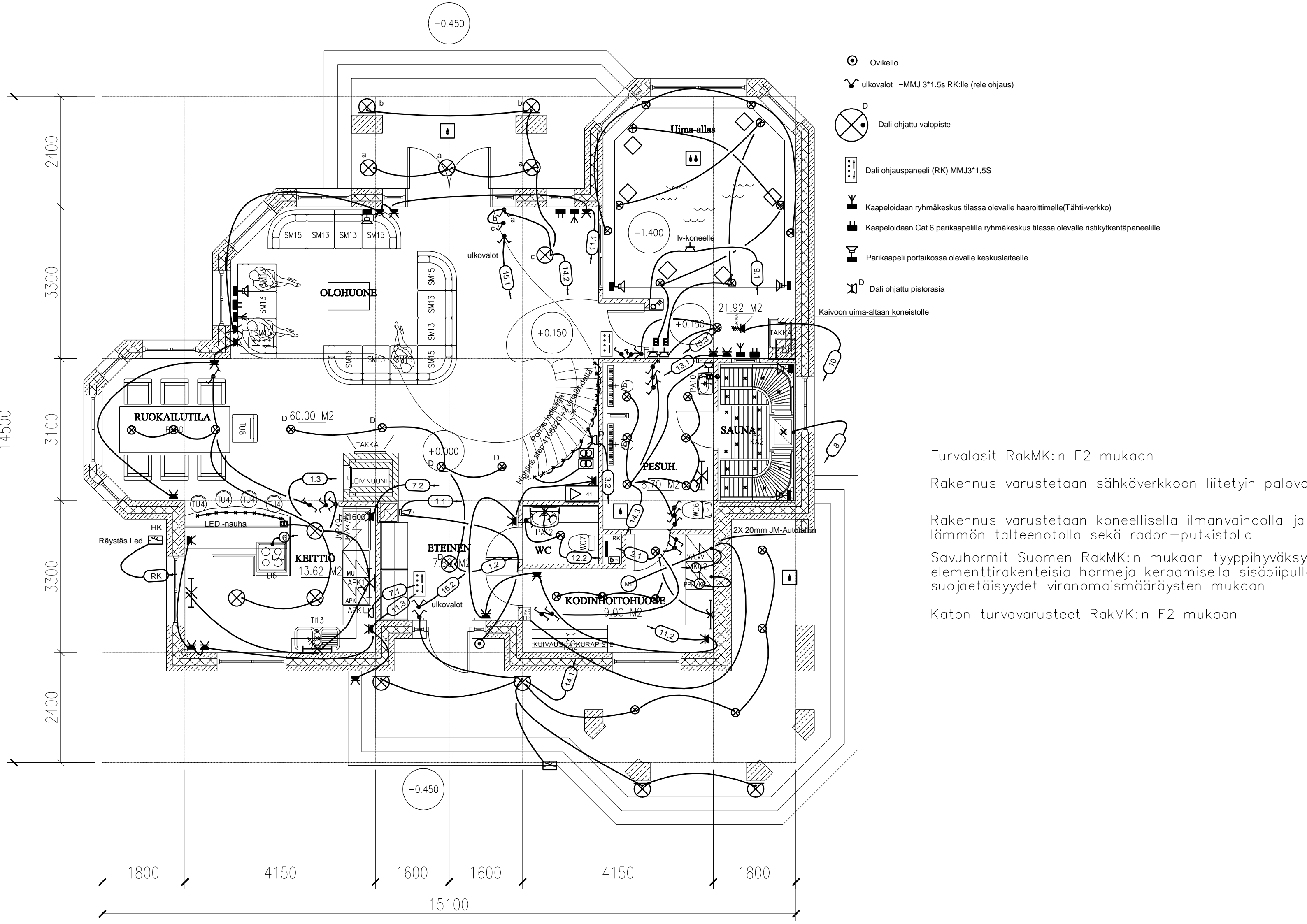
-talousrakennus;

- kerrosala / tilavuus / katoksen ala
74m² / 275m³ / 0 -m²

Yhteensä;

ka: 352m² ka: (250) 344m² ha: 234m²

Huoneistoja 1 kpl



- Ovikello
- ulkovalot =MMJ 3*1.5s RK:lle (rele ohjaus)
- Dali ohjattu valopiste
- Dali ohjauspaneeli (RK) MMJ3*1,5S
- Kaapeloidaan ryhmäkeskus tilassa olevalle haaroittimelle(Tähti-verkko)
- Kaapeloidaan Cat 6 parikaapelilla ryhmäkeskus tilassa olevalle ristikytäntäpaneelille
- Parikaapeli portaikossa olevalle keskuslaiteelle
- Dali ohjattu pistorasia

Turvalasit RakMK:n F2 mukaan

Rakennus varustetaan sähköverkkoon liitetyin palova

Rakennus varustetaan koneellisella ilmanvaihdo

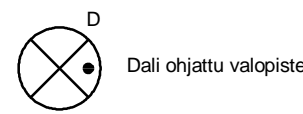
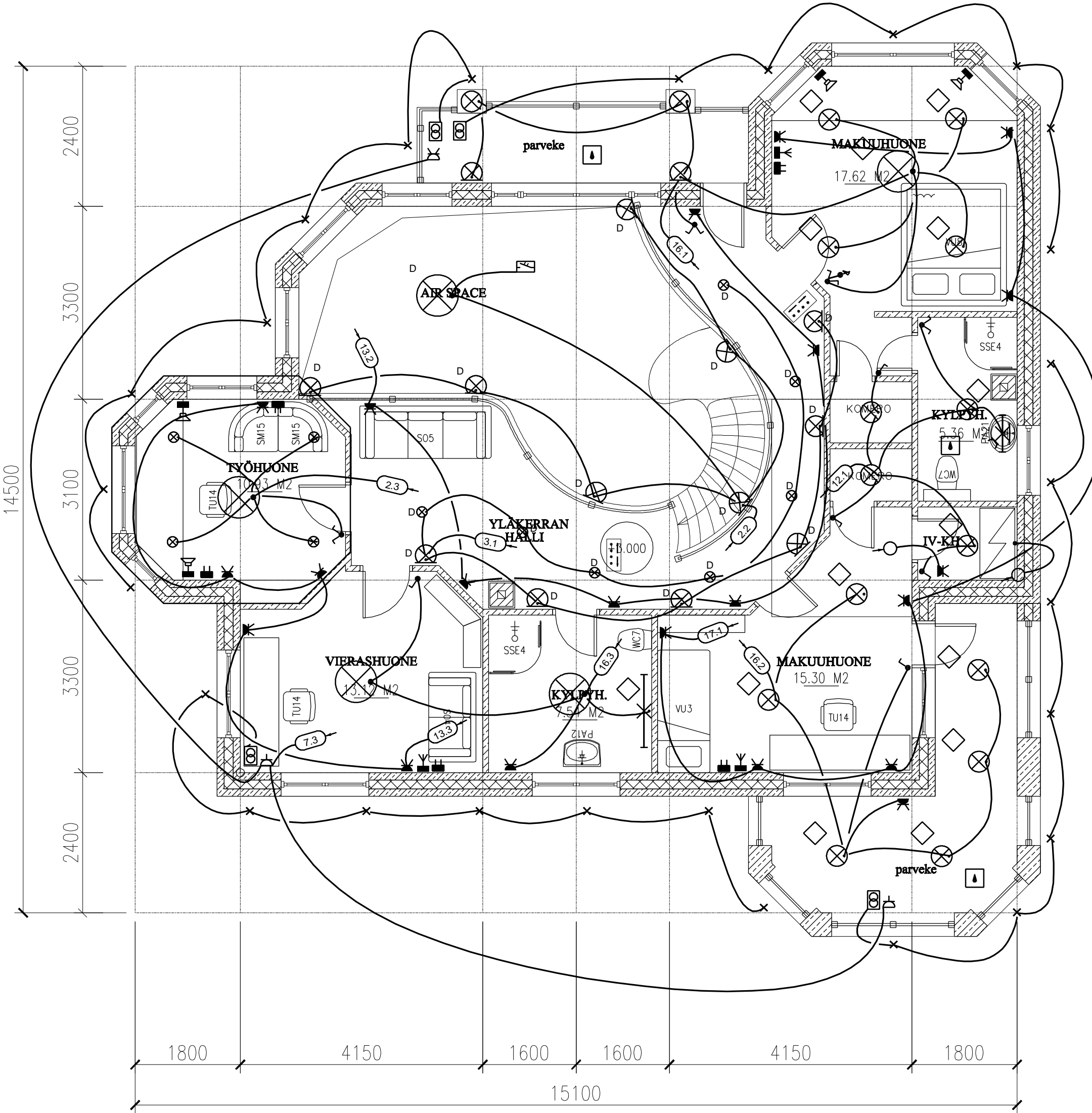
lämmön talteenotolla sekä radon-putkistolla

Savuhormit Suomen RakMK:n mukaan tyyppihyväksy

elementtirakenteisia hormoneja keraamisella sisäpiipulla

suojaetäisyydet viranomais määräysten mukaan

Katon turvavarusteet RakMK:n F2 mukaan



Dali ohjattu valopiste



Dali ohjauspaneeli (RK) MMJ3*1,5S



Kabeloidaan ryhmäkeskus tilassa olevalle haaroitimelle(Tähti-verkko)

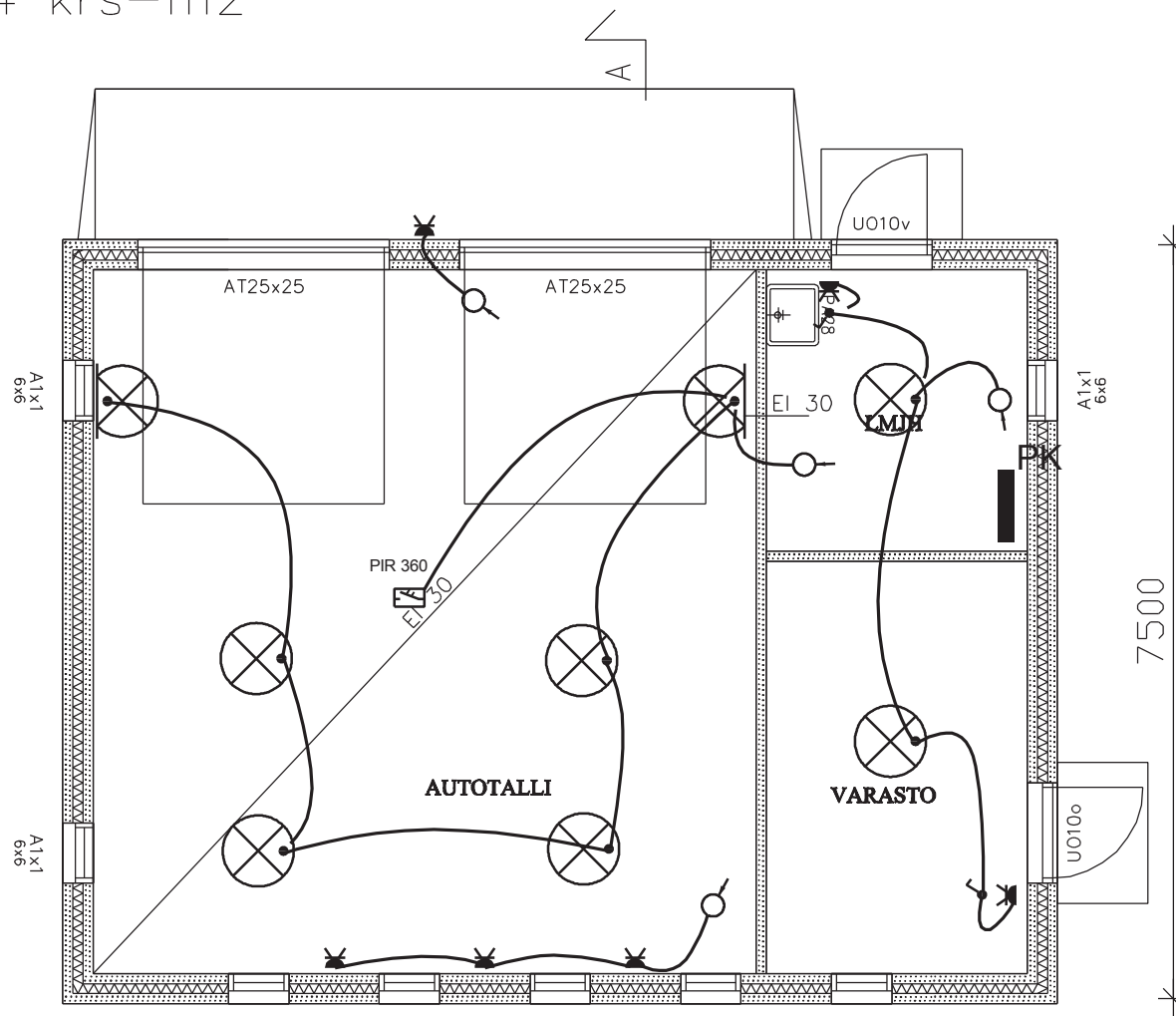


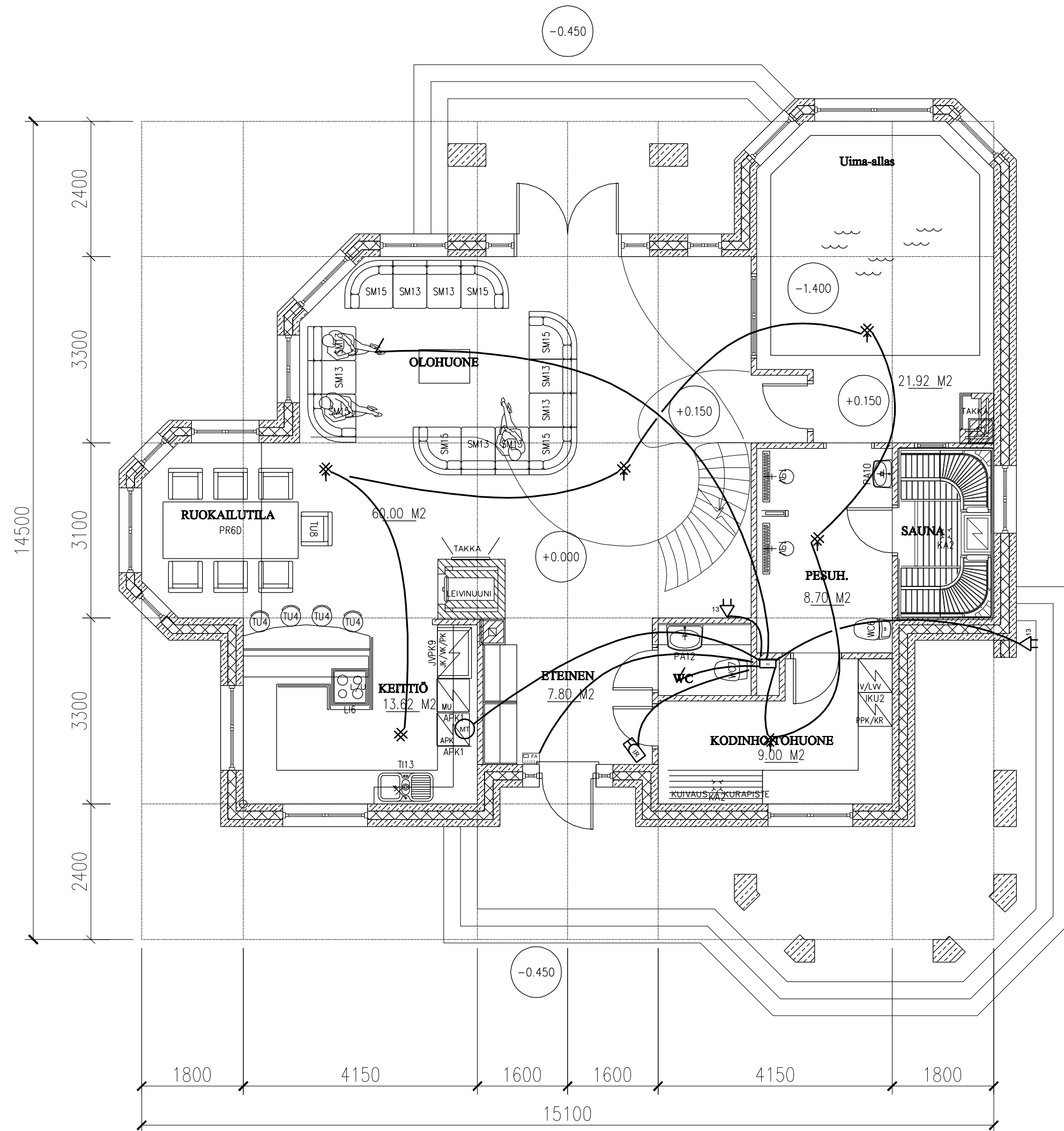
Kabeloidaan Cat 6 parikaapelilla ryhmäkeskus tilassa olevalle ristikytäpaneelille



Parikaapeli portaikossa olevalle keskuslaiteelle

AUTOTALLI 74 krs-m2





- MT Kosteusanturi
- FA Näppäimistö
- 13 Ulko/Sisä sireeni

Turvalasit RakMK:n F2 mukaan

Rakennus varustetaan sähköverkkoon liitetyin palovaroittimin

Rakennus varustetaan koneellisella ilmanvaihdoilla ja lämmön talteenotolla sekä radon-puistikolla

Savuhormit Suomen RakMK:n mukaan tyyppihyväksytyjä elementtirakenteisia hormoja keraamisella sisäpiipulla, suojaetäisyydet viranomaismääräysten mukaan

Katon turvavarusteet RakMK:n F2 mukaan

