



Satakunnan ammattikorkeakoulu

Jyri Kuisma

ENERGIATEHOKKAAN VALAISTUKSEN SUUNNITTELU
PROSESSITEOLLISUUDESSA

Sähkötekniikan koulutusohjelma
sähkövoima- ja automaatiotekniikan suuntautumisvaihtoehto

2009

ENERGIATEHOKKAAN VALAISTUKSEN SUUNNITTELU

PROSESSITEOLLISUUDESSA

Kuisma, Jyri
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Maaliskuu 2009
Viljanen, Timo
UDK:
Sivumäärä: 22

Asiasanat: energiatehokkuus, suunnittelu, valaistuksen ohjaus

Työtä lähdettiin suorittamaan etsimällä sopivia valaistukseen liittyviä ohjelmia. Asuntoja varten on olemassa ilmaisia ohjelmia valmiina. Teollisuuskäyttöön sopivia ohjelmia ei suoranaisesti löytynyt. Tämä työ tehtiin asuntojen valaistusohjelman pohjalta.

Koska laitoksen layout- kuvaa ei saanut suoraan hyödynnettyä, täytyi laitoksen mallinnus tehdä manuaalisesti olemassa olevista kuvista.

Valaistuksen suunnittelun aikana käyttökäyttökunnan kanssa oli palavereja, joissa esiin tulleet toiveet kirjattiin ja otettiin huomioon suunnittelussa. Huomiota kiinnitettiin erityisesti niihin kohteisiin, joissa käyttökäyttökunta joutuu useammin työskentelemään.

Valaistuksen tehokkuudessa huomioitiin käytössä olevia viranomaissuosituksia. Valaistuskäyrien avulla saa hyvän kuvan ja pystyy tarkistamaan, että valaistustaso on riittävä.

Turvavalaistus suunniteltiin siten, että eri tasoilta ja alueelta on sähkökatkon yhteydessä helppo löytää turvallinen ulosmenoreitti.

Energiansäästöä ajatellen perusvalaistuksen tasoa lasketaan, ellei alueella työskennellä. Kun alueelle tullaan, tunnistimien avulla tehoa lisätään. Laitteistojen alueella valaistuksessa täytyi huomioida myös, että prosessia valvotaan kameran avulla.

ENERGY-EFFICIENT LIGHTING DESIGN IN PROCESSING INDUSTRY

Kuisma, Jyri

Satakunnan Ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical Engineering

March 2009

Viljanen, Timo

UDC:

Number of Pages: 22

Key Words: energy-efficient, planning, lighting control

The study began with searching for suitable lighting-related programs. There are free programs available for residences but no actual programs to meet the industrial needs. This study was done on the basis of a program intended for housing.

Since the plant layout was not directly usable, the modelling was made manually of the existing images.

During the planning, meetings were held with the staff and the ideas and hopes that came up were written down and taken into consideration when making the plans. Special attention was given to places where the staff works frequently.

The official recommendations were taken into consideration when planning the efficiency of the lighting. The lighting diagrams give a good picture of the sufficient amount of lighting needed.

Safety lighting was planned to secure a safe exit from every level and area during a blackout.

Because of energy efficiency, the basic level of lighting will be decreased unless there is someone working in the area. The lighting sensors will add the amount of lighting when the area is entered. Camera surveillance had also to be noticed when planning the lighting.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	VALAISTAVAN TILAN JA LAITTEISTON ESITTELY	6
2.1	Yleistä	6
2.2	Prosessikuvaus	6
2.3	Uppopoltinhaihduttamo	7
3	VALAISTUKSEN SUUNNITTELU	7
3.1	Valaistusvoimakkuus ja valinta	7
3.2	Valaistuksen tasaisuus	8
3.3	Valaisimien ja niiden asennuspaikan valinta	8
3.4	Valaistuksen ohjaus	9
3.5	Merkki- ja turvavalaistus	10
3.6	Valaistushuolto	10
4	VALAISIMET, VALAISINTEN ASENNUS JA MALLINNUS	11
4.1	Käytetyt valaisimet	11
4.2	Valaistuksen mallinnus	12
4.3	Valaisimien asennus	13
4.4	Valaistuksen ohjaus ja energian kulutus	13
4.4.1	Yleisvalaistus	13
4.4.2	Työvalaistus	14
4.4.3	Energian kulutus ja kustannukset	14
5	MERKKI- JA TURVAVALAISTUS	18
5.1	Merkkivalaistus.....	18
5.2	Turvavalaistus	18
6	HUOLTO JA KUNNOSSAPITO	19
6.1	Yleis- ja työvalaistus.....	19
6.2	Merkki- ja turvavalaistus	19
	LÄHTEET.....	21
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Boliden Harjavalta Oy:n rikkihappotehtaille investoidaan uusi uppopoltinhaihduuttamo, joka rakennetaan vanhoihin tehdastiloihin. Tässä työssä on suunniteltu valaistus edellä mainittuun tilaan. Suunnittelussa on kiinnitetty huomiota valaistuksen tehokkuuteen, tarkoituksenmukaisuuteen ja etenkin energiatehokkuuteen. Tässä suunnitelmassa ei käytetty vanhoja valaisimia. Boliden Harjavalta Oy:llä on tällä hetkellä käynnissä energiatehokkuuden parantamiseen tähtäävä projekti ja siksi tämä valaistuksen suunnittelu on tärkeä osa tulevaisuutta. Menneiden vuosien aikana Boliden Harjavalta Oy:ssä ei ole kiinnitetty erityistä huomiota valaistuksen suunnitteluun. Tämän työn perusteella toteutettuja valaistusratkaisuja on tarkoitus tulevaisuudessa käyttää pohjana uusia valaistuksia toteutettaessa.

2 VALAISTAVAN TILAN JA LAITTEISTON ESITTELY

2.1 Yleistä

Boliden Harjavalta Oy investoi rikkihappotehtaille uuden uppopoltinhaihduttimen. Haihdutin korvaa nykyisen käytössä olevan uppopoltinhaihduttimen. Haihdutuskapasiteetti kasvaa samalla nykyisestä 2 t/h vettä 4 t/h:ssa vettä. Laitos rakennetaan vanhan rikkihappotehtaan (rikkihappotehdas 4, prosessi poistettu käytöstä 1995) tiloihin.

2.2 Prosessikuvaus

Kupari- ja nikkelisulattojen rikkidioksidipitoisista kaasuista valmistetaan rikkihappotehtaalla rikkihappoa, nestemäistä rikkidioksidia.

Sulatoilta tulevan kaasun ensimmäinen käsittelyvaihe on kaasujen jäädytys ja pesu. Kaasujen pesussa epäpuhtaudet kondensoituvat ja liukenevat osittain pesuhappoon. Pesuhapon väkevyys rikkihappoon nähden kasvaa, koska sulatoilta tulevassa kaasussa on myös rikkidioksidia, joka veden kanssa muodostaa rikkihappoa.

Pesuhapon jatkokäsittelyssä rikkihappotehtailla hapon väkevyyttä nostetaan (rikkihapon suhteen) ensin alipainehaihduttimella 30 % => 50 %. Sen jälkeen edelleen 50 % => 75 % uppopoltinhaihduttimella. 75 % rikkihaposta, n. 30 % viedään Boliden Kokkolaan prosessikäyttöön. Loput 70 % syötetään sulattoon liekkiuuniin, jossa rikkihappo termisesti hajoaa rikkidioksidiksi ja vedeksi. Tämän jälkeen ne sekoittuvat rikkihappotehtaille johdettaviin kaasuihin.

2.3 Uppopoltinhaihduttamo

Haihdutuksessa tarvittava lämpöenergia tuotetaan polttamalla öljyä öljypolttimella. Polttokaasut johdetaan hajotusputken läpi suoraan haihdutettavaan pesuhappoliuokseen. Poistuva kaasu lauhdutetaan venturipesurissa, jonka jälkeen kaasu johdetaan sulatoilta tuleviin kaasuihin ja edelleen rikkihapon valmistukseen. Lauhde sisältää epäpuhtauksia mm. metalleja, arseenia ja laimeaa rikkihappoa. Lauhde käsitellään samoin kuin vanhan haihduttimen lauhde, nykyisessä rikkihapon lauhteenkäsittelyssä.

3 VALAISTUKSEN SUUNNITTELU

Valaistuksen suunnittelu tulisi aloittaa hyvissä ajoin, viimeisintään rakennesuunnittelun loppuvaiheessa, jolloin rakenteelliset muutokset ovat vielä mahdollisia. Valaistuksen suunnittelussa huomioon otettavia asioita ovat muun muassa:

- valaistusvoimakkuus
- valaistuksen tasaisuus
- valon jakautuminen huonetilassa, sekä koneiden- ym. laitteidenpinnoilla
- päivänvalon käyttö
- valaisimien ja niiden asennuspaikkojen valinta
- valaistuksen ohjaus
- merkki- ja turvavalaistus
- valaistuksen huolto ja kunnossapito

3.1 Valaistusvoimakkuus ja valinta

Valaistusvoimakkuus ilmaisee tietylle pinnalle osuvaa valovirran määrää. Valaistusvoimakkuuden yksikkö on luks (lx). Sopivan valaistusvoimakkuuden valinnassa tulee huomioida valaistava tila, valaistavan tilan ja esineiden pinnat sekä tilassa suoritettavat työtehtävät. Lamppujen ikääntymisestä ja likaantumisesta

johtuva valaistusvoimakkuuden aleneminen on myös otettava huomioon sopivaa valaistusvoimakkuutta valittaessa. Suositeltuja valaistusvoimakkuuksia eri tiloihin ja työtehtäviin löytyy muun muassa Suomen Valoteknillinen Seura Ry:n julkaisusta Valaistussuosituksset. Seuraavassa taulukossa on esitetty tehdastiloista mitatut valaistusvoimakkuuden lähtö-, vertailu- sekä suositusarvot.

Lähtö-, vertailu- ja suositusarvot

PAIKKA	MITATTU (lx)	SUOSITUS (lx)
Uppopoltin-haihduttamo	25 - 68	200 - 300
Vakuumi-haihduttamo	140 - 250	200 - 300
SO ₂ - laitos	200 - 400	200 - 300

3.2 Valaistuksen tasaisuus

Valaistus tulisi toteuttaa niin, että yhdessä tilassa liikuttaessa valaistusvoimakkuus pysyisi rajoissa 1:5. Toimintojen lopullista jakautumista tilassa on vaikeaa tietää suunnitteluvaiheessa, ja on myös muistettava, että valmiissakin tilassa saattaa tapahtua muutoksia. Tästä johtuen valaistus useimmiten toteutetaan tasaisena yleisvalaistuksena. Teollisuustiloissa on kuitenkin suurilta osin vaikeaa ja lähes mahdotonta pitää kiinni valaistuksen tasaisuussuosituksista, koska putkistot, koneet ja laitteistojen rakenteet estävät valon pääsyä ja muodostavat varjoja. Tasaisuutta arvosteltaessa kannattaakin epäoleellisissa kohdissa olevat valaistusvoimakkuuden pienet erot jättää huomioimatta.

3.3 Valaisimien ja niiden asennuspaikan valinta

Valaisinta valittaessa kannattaa ensimmäiseksi tehdä lista, josta selviää valaistavan tilan valaisimelle asettamat vaatimukset. Näitä ovat muun muassa:

- haluttu valaistustyyli (yleis-, paikallis-, kohdevalaistus ym.)
- valaistavan tilan koko
- asennuskorkeudet ja paikat
- tilan asettamat erikoisvaatimukset (mm. kosteus, räjähdysvaarallisuus)
- haluttu valaistusvoimakkuus
- taloudellisuus
- materiaalien kestävyys ko. olosuhteissa

Listan laadinnan jälkeen valitaan valaisin, joka suurilta osin täyttää listassa mainitut asiat. Tärkeimpiä seikkoja valaisinta valittaessa lienee valaistuksen laatuun vaikuttavat seikat sekä taloudellisuus.

Valaisinten asennuspaikkaa suunniteltaessa tärkeimpiä huomioon otettavia asioita ovat:

- asennustapa
- valaistavan tilan korkeus
- valaistavan tilan mitat
- tilassa suoritettavat työt ja työn kohteet
- valaistuksen huolto ja kunnossapito
- ympäristöolosuhteet

Valaisinten valinnassa ja sijoittelussa on suositeltavaa käyttää jotakin valaistuksen mallinnuksen mahdollistavaa tietokoneohjelmaa. Ohjelmien avulla on huomattavasti helpompaa hahmottaa tuleva valaistus ja selkeyttää mahdolliset ongelmakohdat.

3.4 Valaistuksen ohjaus

Järkevällä valaistuksen ohjaustavan valinnalla saadaan yleensä estettyä valaistusenergian tarpeetonta kulutusta. Tiloissa joissa työskentely tapahtuu epäsäännöllisin kellonajoin, valaistuksen ohjaus kannattaa toteuttaa niin, että tarvittava valaistusvoimakkuus saadaan tarpeen mukaan. Valaistuksen ohjaustapoja ovat käsiohjaus ja automaattiohjaus. Monesti parhaimpaan lopputulokseen päästään näiden kahden ohjaustavan eriasteisilla yhdistelmillä. Energian säästöä ajateltaessa

on parempi suosia automaattiohjauksen perässä olevaa valaistusta, jolloin valaistuksen ohjaus ei ole yksistään työntekijän varassa.

3.5 Merkki- ja turvavalaistus

Merkkivalaistuksen tulee toimia normaalin valaistuksen kanssa, kuitenkin tästä riippumatta. Merkkivalaistus osoittaa poistumistiet.

Turvavalaistuksen tulee toimia normaalin valaistuksen häiriötilanteissa. Turvavalaistuksen tarkoitus on häiriötilanteessa mahdollistaa pelastustoimenpiteet, turvallisen ulospääsyn ja joissakin tapauksissa töiden turvallisen lopettamisen. Turvavalaistus voidaan toteuttaa jatkuvasti palavana, häiriötilanteen sattuessa itsestään syttyvänä tai käsin sytytettävänä.

Merkki- ja turvavalaistusjärjestelmistä on olemassa standardi SFS-4640, jossa määritellään eri käyttötarkoituksia varten luokat syttymisaikojen, toiminta-aikojen ja valaistusvoimakkuustasojen osalta. Merkki- ja turvavalaistuksen tasoon vaikuttavat suuresti tilan käyttötarkoitus, tilassa suoritettavat tehtävät ja alueet jossa sähkökatko voi johtaa vaaraan. Sisäasianministeriön asetus 805/2005 antaa puolestaan ohjeet rakennusten poistumisteiden merkitsemisestä ja valaisemisesta.

3.6 Valaistushuolto

Valaistushuoltoa silmällä pitäen suunnitteluvaiheessa tulisi kiinnittää huomiota erityisesti valaisimien asennuspaikkoihin ja korkeuteen. Valaisimien asennuskorkeus tulisi suunnitella sellaiseksi, että valaisimen huolto- ja kunnossapitotoimenpiteet olisi mahdollisimman helppoa ja turvallista suorittaa. Valaisimen sijoituksessa kannattaa huomioida myös, että valaisimen sijainti olisi mahdollisimman vähän alttiina prosessista johtuvalle likaantumiselle (roiskeet, pöly, ym.). Valaistujen tilojen valaistusvoimakkuus pienenee jatkuvasti, johtuen juuri tilan pintojen ja valaisimien likaantumisesta sekä lamppujen ja valaisimien ikääntymisestä. Säännöllisesti suoritettulla ja järkevästi suunnitellulla valaistushuollolla, jossa puhdistetaan valaisimet, lamput, huonepinnat sekä suoritetaan lamppujen ryhmävaihto taloudellista edullisimmin aikaväleihin, saavutetaan yleensä energian säästöä,

pidennetään lamppujen ja valaisimien käyttöikä ja pienennetään näin ollen valaistuksen kunnossapitokustannuksia.

4 VALAISIMET, VALAISINTEN ASENNUS JA MALLINNUS

4.1 Käytetyt valaisimet

Valaisinta valittaessa liikkeelle lähtö tapahtui vertailemalla eri lamppujen ominaisuuksia. Eri lamppujen vertailussa kiinnitettiin huomio erityisesti tulevan ohjaustavan sopivuuteen, lamppujen polttoikään ja valaistustehoon. Lamppujen vertailussa sopivimmaksi lampputyypiksi osoittautui 70W ja 100W suurpainenatriumlamppu sen pitkän polttoian (28 500 h), suuren valotehokkuuden ja laajan tehovalikoiman (50 – 1000 W) vuoksi. Lampun huonona puolena on herkkyyys jännitteenvaihtelulle. Valmistajat ilmoittavat monesti kyseiselle lampputyypille jännitteen vaihtelun rajoiksi 6.8 %, nimellisestä 230V:sta. Vertailussa olleet lampputyypit ja niiden arvot on esitetty seuraavassa taulukossa.

Valonlähde	Valmistaja Philips	Valmistaja Osram	Teho (W)	Keskimääräinen polttoikä (h)	Hyötypolttoikä (h)	Valovirta (LM)
Monimetallilamppu ellipsoidit	-	Powerstar HQI-E	70	9 000	7 200	4 900
Monimetallilamppu putkilomaiset	-	-	70	6 000	4 800	5 000
Elohopealamput	HPL-N	HQL	80	16 000	12 800	3 800
Suurpainenatriumlamput	SON-T	Vialox NAV-T	70	28 500	22 800	5 900
Suurpainenatriumlamput suuremmalla valovirralla	SON-T Plus	Vialox NAV Super	70	28 500	22 800	6 500
Pienpainenatriumlamput	SOX-E	SOX-E	66	16 000	12 800	10 700
Hehkulamput	GLS	GLS	60	1 000	800	700

Valonlähde	Valmistaja Philips	Valmistaja Osram	Teho (W)	Keskimääräinen polttoikä (h)	Hyötypoltto- ikä (h)	Valovirta (LM)
Monimetallilamput ellipsoidit	-	-	100	15 000	12 000	8 500
Monimetallilamput putkilomaiset	-	-	250	6 000	4 800	21 000
Elohopealamput	HPL-N	HQL	125	20 000	16 000	6 300
Suurpainenatrium- lamput	-	-	100	28 500	22 800	9 600
Suurpainenatrium- lamput suuremmalla valovirralla	SON-T Plus	Vialox NAV Super	100	28 500	22 800	10 000
Pienpainenatrium- lamput	SOX	SOX	90	16 000	12 800	13 500
Hehkulamput	GLS	GLS	100	1 000	800	1 350

Valaisimen valinnassa huomio kiinnittyi valaisimen kiinnitystapaan, valonjakominaisuuksiin ja valittuun lampputyyppiin. Sopivimmaksi valaisimeksi osoittautui laajasäteilijämallinen valaisin, varustettuna 1,5 m liitosjohdolla ja pistotulpalla (Liite 1 ja Liite 2).

4.2 Valaistuksen mallinnus

Valaistuksen mallinnuksessa apuna oli DIALux – niminen valaistuksenlaskentaohjelma. Ohjelmassa ei ole valmiita elementtejä teollisuuslaitteistojen mallintamiseen, vaan jokainen säiliö, moottori ja muu laitteisto jouduttiin mallintamaan ja mittaamaan itse. Mallinnuksen avulla saadaan lähes lopullinen kuva tulevasta tilasta (liite 3) ja myös tilan valaisutarpeesta. Ohjelman avulla saadaan hyvin selville myös valaisinten asennuspaikat. Ohjelmaan saadaan ladattua monilta eri valaisinvalmistajilta valaisinten valonjakotiedot. Valittujen valaisinten ohjelmaan sijoituksen jälkeen ohjelmalla saadaan selville valaistun alueen valaistusvoimakkuus kyseisillä valaisimilla ja asennuspaikoilla, esim. polttotasolla saavutetut tulokset (Liite 4 a ja b).

4.3 Valaisimien asennus

Valaisimet asennetaan suurimmalta osin tilan rakenteisiin. Valaistusasennuksessa kytkentäkaapelina käytetään MCMK 4 x 2,5 + 2,5 mm² kaapelia. Kaapeli asennetaan mahdollisissa kohdissa kaapelihyllyille, kohdat joissa ei ole mahdollista käyttää kaapelihyllyä, tulee kaapeli asentaa suojaputkeen. Kaapeli haaroitetaan jakorasioilta 1 -vaiheisille pistorasioille, jotka asennetaan valaisimien läheisyyteen. Jakorasioiden ja pistorasioiden välissä käytetään MCMK 2 x 2,5 + 2,5 mm² kaapelia. Valaisinten tarkempi asennustapa ja paikka selviää tilan tasokuvista (Liite 5 a - d).

4.4 Valaistuksen ohjaus ja energian kulutus

4.4.1 Yleisvalaistus

Yleisvalaistuksen ohjaus suoritetaan NorSave – valaistuksensäätöjärjestelmällä (Liite 6 a- b) ja liiketunnistimilla (Liite 7 a). Liiketunnistimet asennetaan 2,5 – 3 metrin korkeuteen tasokuvissa esitettyihin kohtiin (Liite 7).

Valaistuksen ohjaus toimii siten, että kun tilassa liikutaan tai työskennellään, liiketunnistimet havaitsevat liikkeen ja antavat ohjausjännitteen ohjauskontaktoreille. Ohjauskontaktorit ohjaavat NorSave – keskusta, joka antaa täyden käyttöjännitteen valaisimille.

Mikäli liiketunnistimet eivät havaitse alueella liikettä 30 minuuttiin, lakkaavat ohjauskontaktorit vetämästä ja NorSave – järjestelmä kytkee valaisimien sähkönsyötön säästömuuntajien perään. Säästömuuntajilta tulevan jännitteen suuruus on valittu 200 V:iin. Valaistuksen ohjauksen tarkempi toiminta selviää valaistuksenpiiri- ja keskuskaavioista sekä NorSave- keskuksen piiri- ja keskuskaavioista (Liite 8 a - d ja 9 a - b).

4.4.2 Työvalaistus

Työvalaistukseen kuuluvat valaisimet ovat haihduttimen “pohjassa” ja haihduttimen yläpuolella olevat valaisimet. Kyseessä olevat valaisimet on merkitty tasokuviin (Liite 5 b - c). Työvalaistusta ohjataan paikalliskytkimillä, josta valaistuksen saa päälle ja pois tarpeen mukaan.

4.4.3 Energian kulutus ja kustannukset

Energian kulutus voidaan laskea kaavalla $W = P * T$, jossa

W = valaistuksen vuodessa kuluttama energia (kWh / a)

P = valaistuksen ottama teho (kW)

T = lamppujen vuotuinen polttoaika (h / a)

Energian kustannukset saadaan kaavasta $K_e = W * e$, jossa

K_e = vuotuiset energia kustannukset (€ / a)

W = valaistuksen vuodessa kuluttama energia (kWh / a)

e = energiamaksu (€ / kWh)

4.4.3.1 Tilanne 1

Työ- ja yleisvalaistus palaa täydellä teholla jatkuvasti, jolloin valaistukseen kuuluu 53 kpl 100W ja 10 kpl 70W laajasäteilijöitä. Tilanteen arvot ovat $P = 6.0$ kW ja

$T = 8\,760$ h/a ja $e = 0,06$ € / kWh. Tilanteessa kuluva energia on siis:

$$W = P * T$$

$$W = 6,0 \text{ kW} * 8\,760 \text{ h/a}$$

$$W = 52\,560 \text{ kWh/a}$$

Vastaavasti energiakustannukset:

$$K_{e1} = W * e$$

$$K_{e1} = 52\,560 \text{ kWh/a} * 0,06 \text{ €/kWh}$$

$$K_{e1} = 3\,154 \text{ €/a}$$

4.4.3.2 Tilanne 2

Tarkastellaan pelkästään yleisvalaistuksen kulutusta ja sen aiheuttamaa kustannusta.

Tällöin valaistuksen ottama teho $P = 4,9 \text{ kW}$. Energian kulutus:

$$W = P * T$$

$$W = 4,9 \text{ kW} * 8\,760 \text{ h/a}$$

$$W = 42\,924 \text{ kWh/a}$$

Energian kustannus:

$$K_e = W * e$$

$$K_e = 42\,924 \text{ kWh/a} * 0,06 \text{ €/kWh}$$

$$K_e = 2\,575 \text{ €/a}$$

4.4.3.3 Tilanne 3

Energian kulutus ja kustannus, kun valaistus palaa täydellä teholla 2 h/vuoro, eli 6 h/vrk. Loppuajan valaistus on NorSave – valaistuksensäätöjärjestelmän säästömuuntajien perässä, joiden avulla valaistuksen saama jännite alennetaan 200V:iin. Kyseisessä tilanteessa valaistus palaa täydellä teholla $T_1 = 2\,190 \text{ h/a}$ ja NorSave:n perässä $T_2 = 6\,570 \text{ h/a}$. Tehot vastaavasti $P_1 = 6,0 \text{ kW}$ ja NorSaven

perässä ollessa teho saadaan laskettua jännitteiden neliöiden suhteen avulla $P_2 = (200V)^2/(230V)^2 * 4,9 \text{ kW} = 3,7 \text{ kW}$.

$$W_1 = P_1 * T_1$$

$$W_1 = 6,0 \text{ kW} * 2 190 \text{ h/a}$$

$$W_1 = 13 140 \text{ kWh/a}$$

$$W_2 = P_2 * T_2$$

$$W_2 = 3,7 \text{ kW} * 6 570 \text{ h/a}$$

$$W_2 = 24 309 \text{ kWh/a}$$

, joten kokonaiskulutus on:

$$W_{\text{kok}} = W_1 + W_2$$

$$W_{\text{kok}} = 13 140 \text{ kWh/a} + 24 309 \text{ kWh/a}$$

$$W_{\text{kok}} = 37 449 \text{ kWh/a}$$

Vuotuiseksi energian kustannukseksi tulee tuolloin:

$$K_{e2} = W_{\text{kok}} * e$$

$$K_{e2} = 37 449 \text{ kWh/a} * 0,06 \text{ €/kWh}$$

$$K_{e2} = 2 247 \text{ €/a}$$

NorSave – valaistuksensäästöjärjestelmällä saavutettava säästö K vuodessa tilanteeseen 1 verrattuna:

$$K = K_{e1} - K_{e2}$$

$$K = 3\,154 \text{ €/a} - 2\,247 \text{ €/a}$$

$$K = 907 \text{ €/a}$$

4.4.3.4 Takaisinmaksuaika

NorSave – valaistuksensäästöjärjestelmän takaisinmaksuaika saadaan laskettua kaavalla: $T = H/K$, jossa

T = laitteen takaisinmaksuaika (a)

H = laitteen hankintahinta (€)

K = laitteella saavutettava säästö vuodessa (€/a)

NorSave – valaistuksensäästöjärjestelmän valmistaja ilmoitti laitteen hankinta hinnaksi $H = n. 2\,000 \text{ €}$ ja laitteella saavutettu säästö vuodessa $K = 907 \text{ €/a}$ (laskettu kohdassa 4.4.3.3), joten takaisinmaksuaika on:

$$T = H/K$$

$$T = 2000 \text{ €} / 907 \text{ €/a}$$

$$T = 2,2 \text{ a}$$

NorSave – valaistuksensäästöjärjestelmän takaisinmaksuaika on n. 2,5 vuotta, joka on sähkölaitteelle hyväksyttävä takaisinmaksuaika. Takaisinmaksuajan laskennassa ei ole huomioitu asennuksesta koituvia kustannuksia, eikä järjestelmästä johtuvaa lamppujen polttoain pidentymistä.

5 MERKKI- JA TURVAVALAISTUS

5.1 Merkkivalaistus

Merkkivalaistusta valittaessa huomio kiinnittyi valaisinten mahdollisiin asennuspaikkoihin, asennuskorkeuteen ja käytettävään turvavalistuskeskukseen. Merkkivalaistuksessa käytetään Teknoware Oy:n valmistamaa valaisinta (Liite 10 a). Merkkivalaisimia asennetaan kerroksiin rappujen ja ulko-ovien läheisyyteen osoittamaan poistumisteitä. Merkkivalaistuksesta ei tehty mallinnusta koska, Teknoware Oy:llä ei ollut tarjota DIALux- ohjelmaan valonjakotietoja kyseisistä valaisimista. Merkkivalaistuksen asennuskaapelina käytetään palonkestävää kaapelia, esim. FHR 3 x 1,5S. Kaapeli tuodaan yhtämittäisena turvavalistuskeskukselta valaisimelle, myös valaisinten väli johdotetaan yhtämittäisena ja kaikki merkki-turvavalaisimien kaapelit tulee asentaa suojaputkeen. Merkkivalaistus kytketään niin, että valaistus palaa jatkuvasti normaali- ja häiriötilanteessa. Merkkivalaisimien asennuspaikat selviävät merkki- ja turvavalaisimien tasokuvista (Liite 11 a - d).

5.2 Turvavalistus

Turvavalaisimissa käytetään saman valmistajan valaisimia kuin merkkivalaistuksessa. Turvavalaisimissa käytettävät valaisimet ovat tyypiltään Turva 29 sarjan TWT2981 (Liite 10 a) ilman opastetta ja Turva 22 sarjan TWT2281 (Liite 10 b). Turvavalaisimien kytkenä kaapelina käytetään palonkestävää kaapelia, esim. FHR 3x1,5S. Turvavalaisimia asennetaan portaiden välitasanteille ja kerroksiin. Turvavalaisimien asennuspaikat selviävät merkki- ja turvavalaisimien tasokuvista (Liite 11 a - d).

6 HUOLTO JA KUNNOSSAPITO

Huolto- ja kunnossapitotoimenpiteiden helpottamiseksi vaadittavista toimenpiteistä ja toimenpideaikaväleistä on laadittu taulukot, jotka esitellään luvuissa 6.1 ja 6.2.

6.1 Yleis- ja työvalaistus

Valaisinten huolto- ja kunnossapidon helpottamiseksi kaikki valaisimet on varustettu pistotulppaliitännällä. Ryhmävaihtovälisuosituksessa on otettu huomioon suurpainenatriumlamppujen keskimääräinen polttoikä (28 500 h), sekä keskimääräinen hyötypolttoikä (22 800 h). Ryhmävaihtoväli tulisi suorittaa 3 vuoden välein, kuitenkin viimeisintään kun 10 – 20 % lamppuista on palanut loppuun. Valaisinten huolto- ja kunnossapitotoimenpiteet aikavälineen suositellaan suoritettavaksi seuraavan taulukon mukaisesti.

Kohde	Päivittäin suoritettavat toimenpiteet	Toimenpideväli kuukausina
Mekaaninen kunto ja kiinnitys	X	
Lamppujen toimiminen	X	
Valaisinten puhdistus		36
Lamppujen ryhmävaihto		36
Valaistuksen ohjauksen tarkistus		12

Ryhmävaihdossa pois vaihdetut hyväkuntoiset lamput kannattaa säästää siltä varalta että, yksittäisten lamppujen palaessa loppuun voidaan ryhmävaihdosta jääneitä lamppuja käyttää varalamppuina.

6.2 Merkki- ja turvavalaistus

Merkki- ja turvavalaistuksen sisältämän turvavalaistusjärjestelmän jatkuvatoimisten poistumistiemerkkivalaisimien (vihreät ukot) toimintaa tulisi tarkkailla päivittäin. Turvavalaistuksen toimintaa tulisi testata akkukäytöllä lyhyesti joka kuukausi. Testijakson aikana tarkistetaan kaikki turva- ja merkkivalot ja varmistetaan niiden olevan havaittavissa. Testin loputtua varmistetaan, että keskus on palautunut

normaalitilaan. Turvavalokeskuksen toiminta testataan kerran vuodessa pitämällä valaistus akkukäytöllä vaaditun toiminta-ajan määräämän ajan verran.

Kohde	Päivittäin suoritettavat toimenpiteet	Toimenpideväli kuukausina
Akkujen toiminta		1
Keskuksen toiminta		12
Jatkuvatoimisten valaisimien toiminta	X	

LÄHTEET

1. ST- kortisto, ST 51.17, Sähkökaapelit ja paloturvallisuus, Sähkötieto Ry, 1999
2. ST- kortisto, ST 51.22, Kytkimien, pistorasioiden yms. sijoitus Sähkötieto Ry, 2003
3. ST- kortisto, ST 57.45.01, Valaisimien vastaavuus. Vertailutaulukon laadinta, Sähkötieto Ry, 2006
4. ST- kortisto, ST 58.02, Valaistusohjeistus standardin EN 12464 mukaisesti, Sähkötieto Ry, 2002
5. ST- kortisto, ST 58.03, Valaistuslaskenta, sen lähtötiedot ja tulosten arviointi, Sähkötieto Ry, 2002
6. ST- kortisto, ST 58.06, Valaistuksen tavoitteet ja valaistuksen tavoitteiden toteutus, Sähkötieto Ry, 2000
7. ST- kortisto, ST 59.11, Turvalaistus ja poistumistieopasteet. Asennus ja käyttöönotto, Sähkötieto Ry, 2007
8. ST- kortisto, ST 96.35, Valaistushuolto, Sähkötieto Ry, 2003
9. ST- kortisto, ST 96.36, Valaistushuollon toimenpiteet, Sähkötieto Ry, 2003
10. ST- kortisto, ST 96.48, Poistumisvalaistusjärjestelmän huolto ja kunnossapito, Sähkötieto Ry, 2008
11. Valaistussuosituksset, sisävalaistus, Suomen Valoteknillinen Seura Ry, 1986
12. Valaistustekniikka- sarja osa 1, Valaistuksen laskenta, mittaukset ja huolto, Suomen Sähköurakoitsijaliitto Ry ja Suomen Valoteknillinen Seura Ry, 1996
13. Valaistustekniikan käsikirja 2, Suomen Sähköurakoitsijaliitto Ry ja Suomen Valoteknillinen Seura Ry, 1982
14. Keskustelut, Käyttöhenkilökunta, Vesa Haikonen ja Kari Jakonen, 2009

LIITTEET

Liite 1	Laajasäteilijä 100W
Liite 2	Laajasäteilijä 70W
Liite 3	Kolmiulotteinen kuvanmuodostus
Liite 4	Poltintason tulokset
Liite 5	Valaistuksen tasokuvat
Liite 6	NorSave – valaistuksensäätöjärjestelmä
Liite 7	Liiketunnistin ja liiketunnistimen tasokuvat
Liite 8	Valaistuksen ohjaus- ja keskuskaavio
Liite 9	NorSave – valaistuksensäätöjärjestelmän ohjaus- ja keskuskaavio
Liite 10	Merkki- ja turvavalot
Liite 11	Merkki- ja turvavalojen tasokuvat

LIITE 1

Laajasäteilijä ST-100W



Asennus ja kytkentä

- Asennuskorkeus 2 – 8 m.
- Valaisin on varustettu 1,5 m:n liitosjohdolla ja pistotulpalla.
- Valaisin voidaan asentaa suoraan kattopintaan, ripustuskiskoon, seinään tai pylväsorteen.
- Seinä- ja pylväskiinnitykseen saatavana erilaisia kiinnikkeitä.

Rakenne

- Suljettu, pölysuotimella varustettu, painekoestettu valaisin.
- Runko pursotettua ja epoksoitua alumiinia.
- Kupu karkaistu tasolasi.
- Kuvun kehykset ja sulkusalvat alumiinia.
- Kuristimessa yllämpösuoja.
- Kompensoitu.

Lisätiedot

Jokainen valaisin testataan tehtaalla:

- tiiviys
- sähköinen testaus
- syttyminen/toiminta

Valonjako:

- V3 leveä

Tekniset tiedot			
Valonlähde	ST-100W-E40	Syttymisvirta	1,0 A
Kotelointiluokka	IP 64	Palamisvirta	0,6 A
T _a -luokka	40 C	Tehokerroin	0,9
Jännitealue	230V	Pituus	774
Liitäntä	Johto 1,5M + pistotulppa	Korkeus	150
Paino	7,0 kg		

Laajasäteilijä ST-70W



Asennus ja kytkentä

- Asennuskorkeus 2 – 8 m.
- Valaisin on varustettu 1,5 m:n liitosjohdolla ja pistotulpalla.
- Valaisin voidaan asentaa suoraan kattopintaan, ripustuskiskoon, seinään tai pylväsorteen.
- Seinä- ja pylväskiinnitykseen saatavana erilaisia kiinnikkeitä.

Rakenne

- Suljettu, pölysuotimella varustettu, painekoestettu valaisin.
- Runko pursotettua ja epoksoitua alumiinia.
- Kupu karkaistu tasolasi.
- Kuvun kehykset ja sulkusalvat alumiinia.
- Kuristimessa yllämpösuoja.
- Kompensoitu.

Lisätiedot

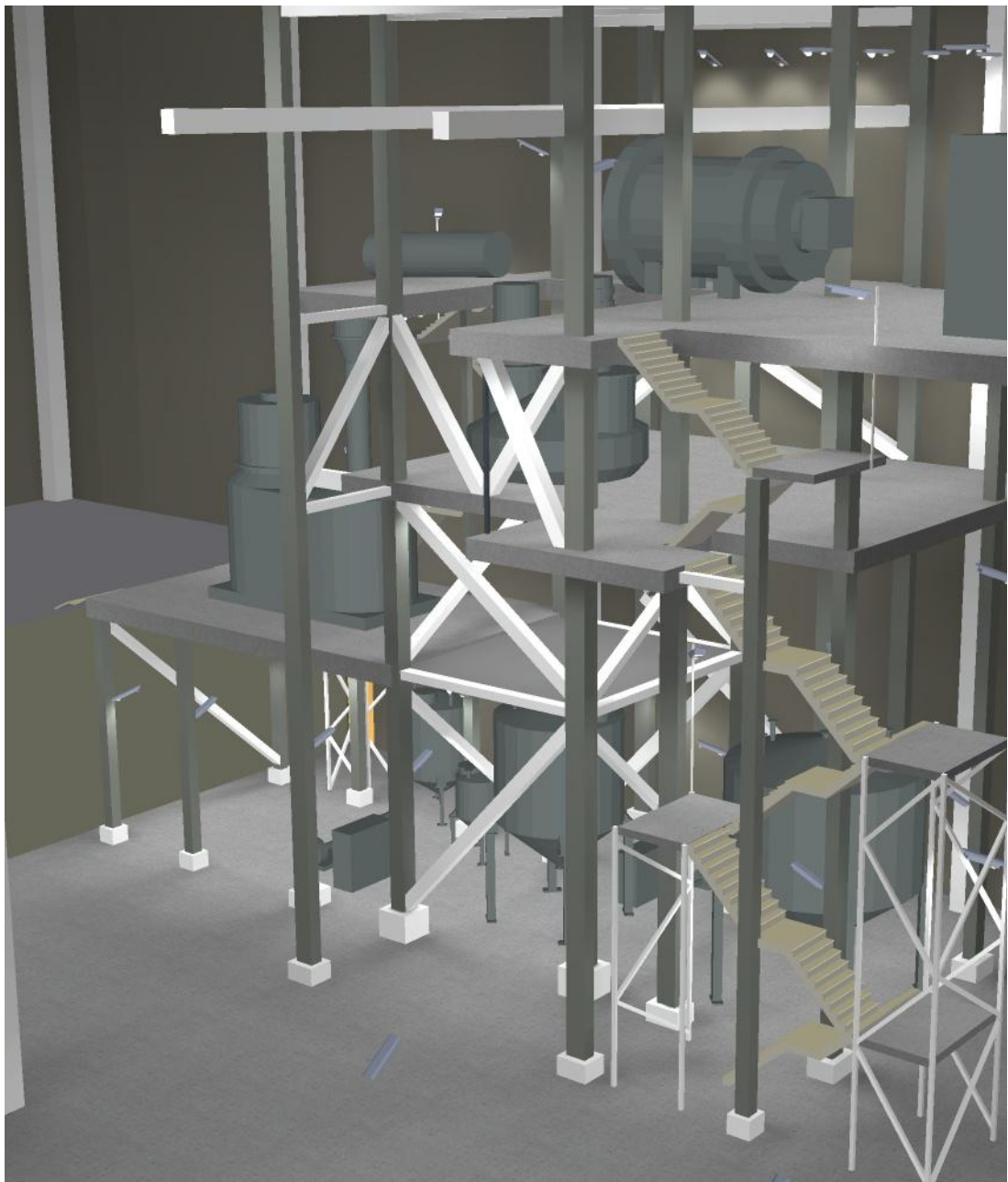
Jokainen valaisin testataan tehtaalla:

- tiiviys
- sähköinen testaus
- syttyminen/toiminta

Valonjako:

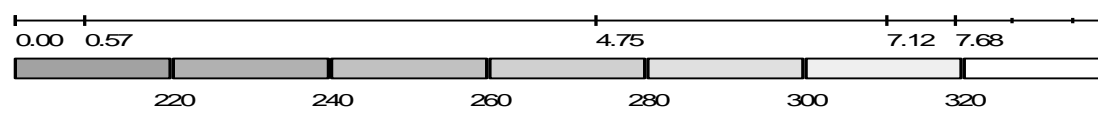
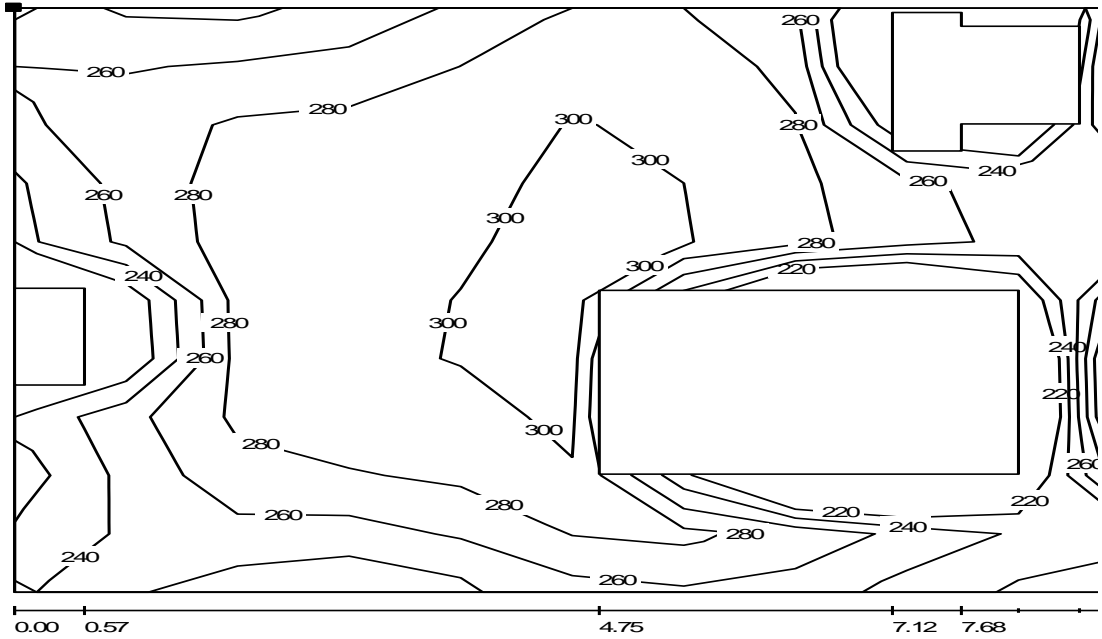
- V3 leveä

Tekniset tiedot			
Valonlähde	ST-70W-E27	Syttymisvirta	0,7 A
Kotelointiluokka	IP 64	Palamisvirta	0,5 A
Ta-luokka	40 C	Tehokerroin	0,9
Jännitealue	230V	Pituus	774
Liitäntä	Johto 1,5M + pistotulppa	Korkeus	150
Paino	6,0 kg		



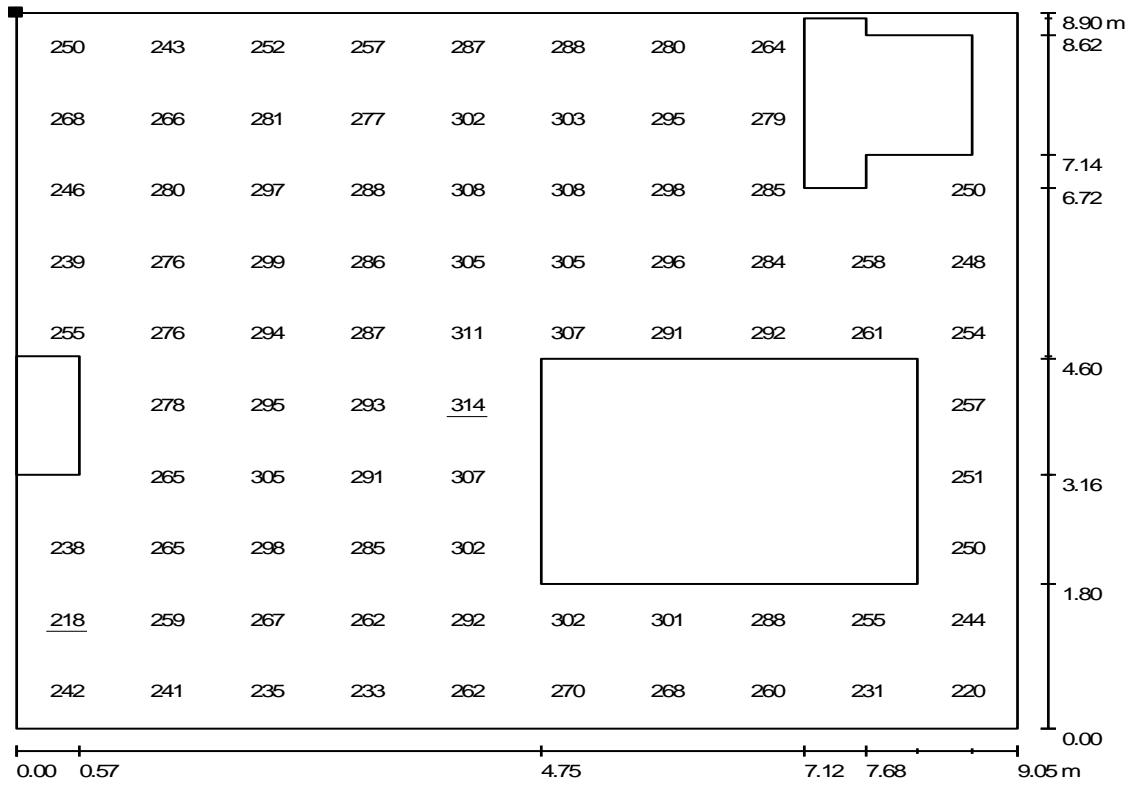
Liite 4 (a)

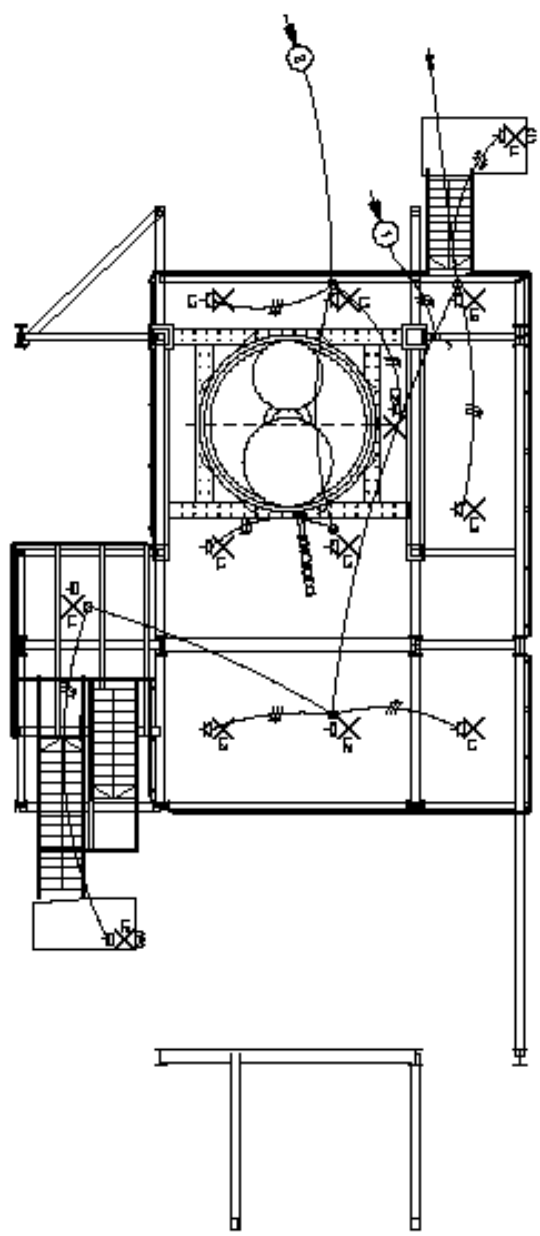
Tila 1 / 3 kerros poltintaso / Isolux-käyrät / Harmaa-asteikko



Liite 4 (b)

Tila 1 / 3 kerros poltintaso / Arvokaavio





Valdkohvik 1-2 osakohvikum 3m kuumarmatun rakendamise
 valdkohvik 3-7 osakohvikum
 Ehitus 1 : F4
 Ehitus 2 : F4.0
 Kuumarmatun kuumarmatun kuumarmatun kuumarmatun kuumarmatun
 Kuumarmatun kuumarmatun kuumarmatun kuumarmatun kuumarmatun

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	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	38	39	40	41	42	43	44
45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77
78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110

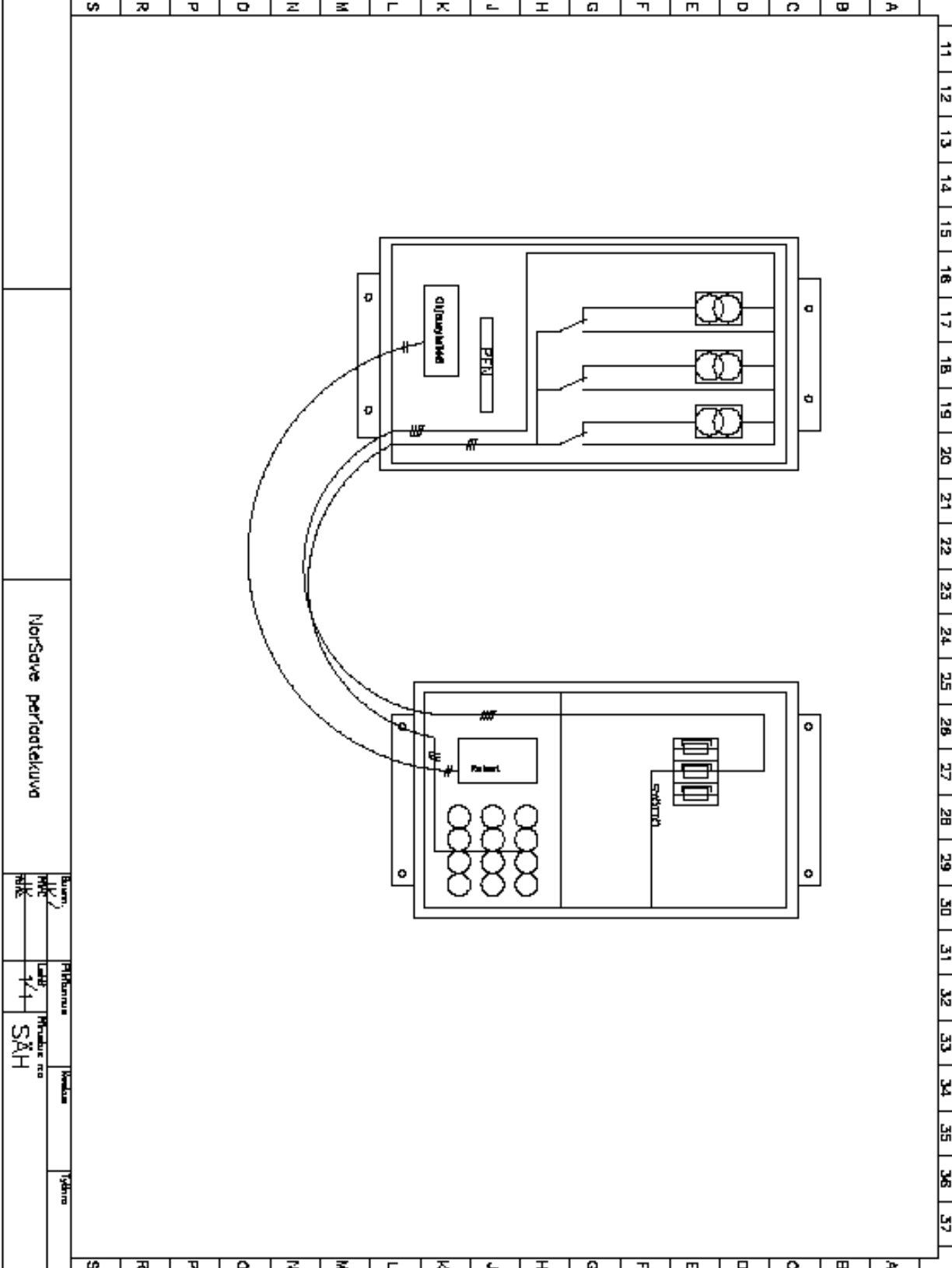
NorSave-valaistuksensäätöjärjestelmä säästää energiaa

NorSave- järjestelmän avulla voidaan säästää tie- ja katuvalaistuksen energiankulutuksessa jopa 40 %. Tyypillinen takaisinmaksuaika on alle vuosi. Sopii sekä uusiin että saneerauskohteisiin.



NorSave sopii sekä vanhoihin että uusiin kohteisiin. Järjestelmän avulla himmennetään katu- tai aluevalaistusta niinä aikoina, jolloin liikenne- tai käyttäjämäärät ovat pienet. Himmennys tapahtuu alentamalla lamppujen jännitettä. Sytyttäminen tapahtuu aina täydellä jännitteellä. Soveltuu monimetalli-, elohopea- että suurpainenatriumlampuille sekä loisteputkivalaistuksen säätöön. NorSave asennetaan kotelokeskukseen, joka voidaan asentaa seinälle, pylvääseen tai Norelcon N8MAO kaapelijakokaappiin. Järjestelmää on saatavilla neljällä eri teholla. Säädettäviä jänniteportaita on viisi.

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



NonSave periaatekuva

Buuri	Yhtiö	Projekti	Muutos no	Yhtiö
1111	1111	1111	SAH	1111

LIITE 7 (a)

ENSTO VAHTI-JUSSI 220 PROFESSIONAL LINE



Tyyppi : 6845/11AGM-204

Kuvaus : 230 V, 16 A rele, IP 55 pinta-asennukseen. Valvonta-alue 220 astetta-
anturiosa kallistettavissa alas ja käännettävissä vaakatasossa. Havaintoetäisyys 16m ,
kun asennuskorkeus 2,5m, Neljä valvonta-aluetta, myös takaosan valvonta.
Katkaisuviive 10 s – 30 min.

Tekniset tiedot

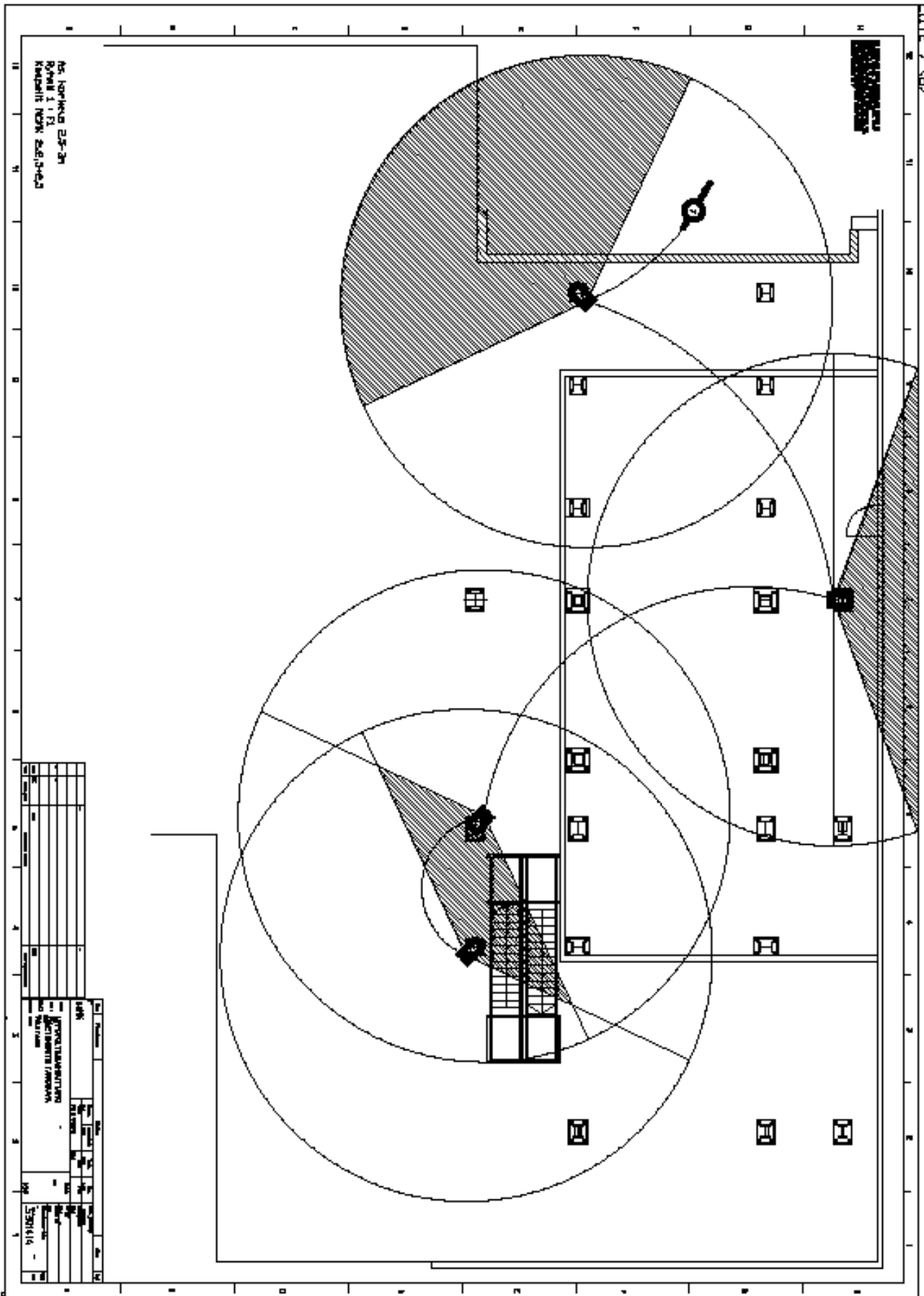
Asennuskorkeus : 2,5 m

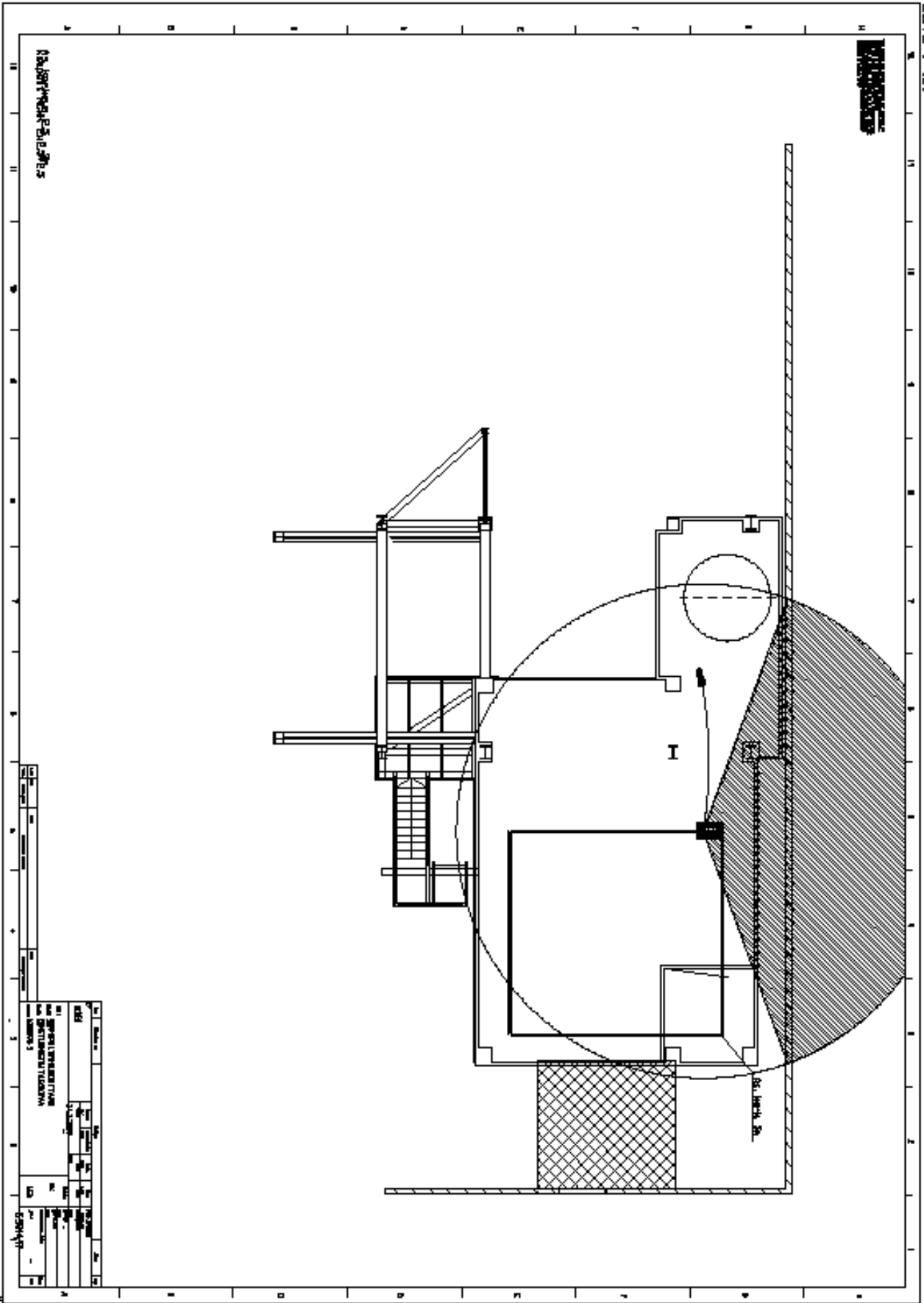
Hämäräkytkin : 0,5 – 300 Lux

Kotelointiluokka : IP55

Kytkeäaika : 2s – 30 min, is pulssi

Kytkevirta:1 A





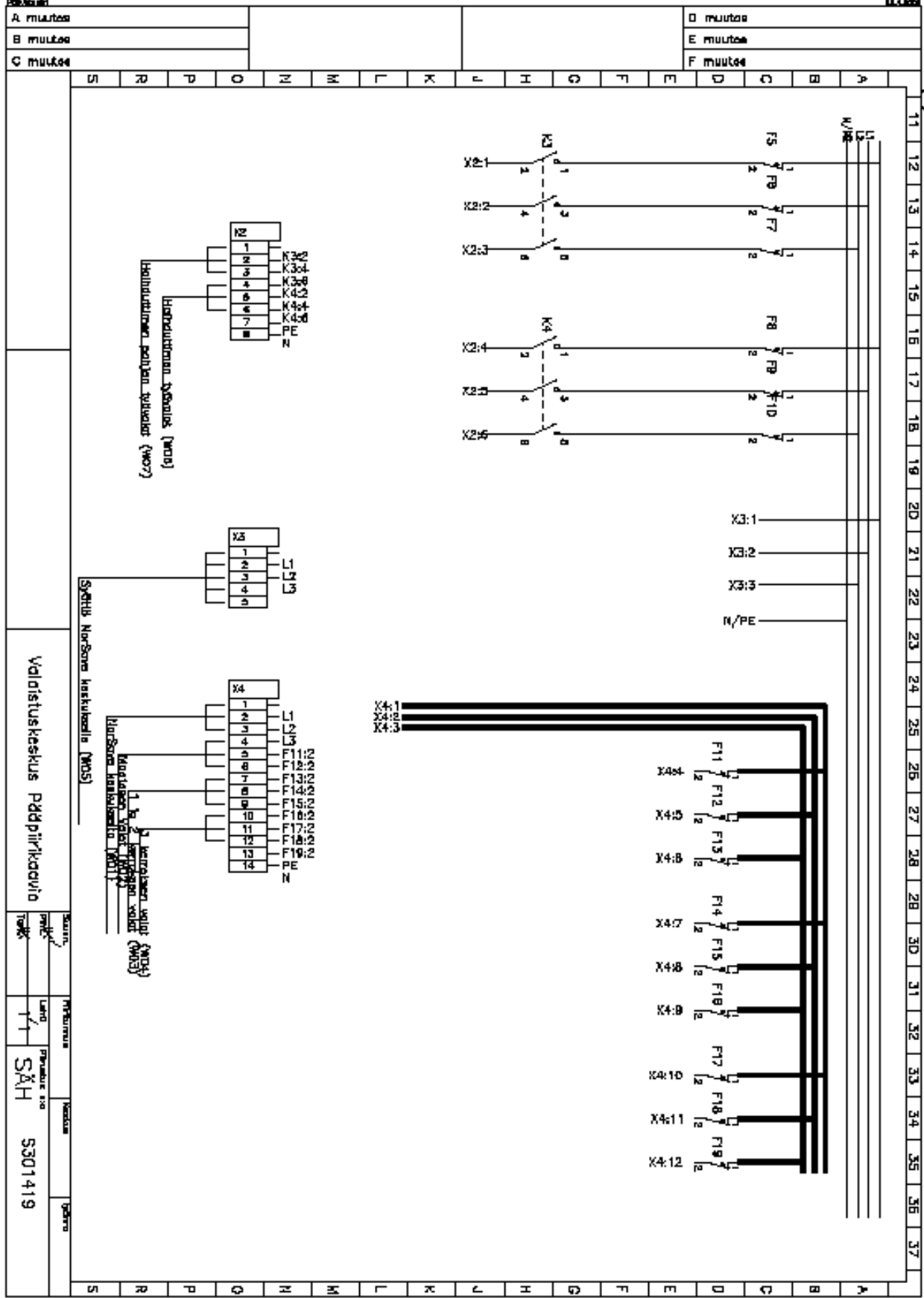
NORTH

ARCHITECTURE
J. J. ...

NO.	DESCRIPTION	DATE
1	...	...
2	...	...
3	...	...
4	...	...
5	...	...
6	...	...
7	...	...
8	...	...
9	...	...
10	...	...

NO.	DESCRIPTION	DATE
1	...	...
2	...	...
3	...	...
4	...	...
5	...	...
6	...	...
7	...	...
8	...	...
9	...	...
10	...	...

LIIITE B (b)



Välituskeskus Pääpiirikaavio

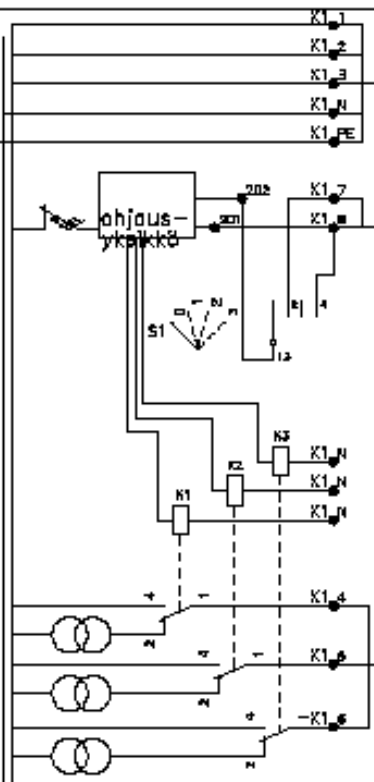
Valmistus: SÄH 5301419

KESKUS			RYHMÄ	DISKITE	A/A	JOHDIIN
D muutos E muutos F muutos	A muutos B muutos C muutos	X4_1				
		X4_2				
		X4_3		NorSave säätömuuntajilta		MMJ 5 X 63
		X4_4	F11		10	
		X4_5	F12		10	
		X4_6	F13	Valaistus muutasa	10	MCMK 4x2,5+2,5
		X4_PE				
		X4_7	F14		10	
		X4_8	F15		10	
		X4_9	F16	Valaistus 1 ja 2 kerros	10	MCMK 4x2,5+2,5
		X4_10				
		X4_11	F17		10	
		X4_12	F18		10	
		X4_13	F19	Valaistus 3 kerros	10	MCMK 4x2,5+2,5
		X4_14				
		X4_15				
		X4_16				
		X4_17				
		X4_18				
X4_19						
X4_20						
X4_21						
X4_22						
X4_23						
X4_24						
X4_25						
X4_26						
X4_27						
X4_28						
X4_29						
X4_30						
X4_31						
X4_32						
X4_33						
X4_34						
X4_35						
X4_36						
X4_37						
X4_38						
X4_39						
X4_40						
X4_41						
X4_42						
X4_43						
X4_44						
X4_45						
X4_46						
X4_47						
X4_48						
X4_49						
X4_50						
X4_51						
X4_52						
X4_53						
X4_54						
X4_55						
X4_56						
X4_57						
X4_58						
X4_59						
X4_60						
X4_61						
X4_62						
X4_63						
X4_64						
X4_65						
X4_66						
X4_67						
X4_68						
X4_69						
X4_70						
X4_71						
X4_72						
X4_73						
X4_74						
X4_75						
X4_76						
X4_77						
X4_78						
X4_79						
X4_80						
X4_81						
X4_82						
X4_83						
X4_84						
X4_85						
X4_86						
X4_87						
X4_88						
X4_89						
X4_90						
X4_91						
X4_92						
X4_93						
X4_94						
X4_95						
X4_96						
X4_97						
X4_98						
X4_99						
X4_100						

Valaistuskeskus
Keskuskaavio

Suunn.	Keskus	Työno
PJK	Lehti	Piirustus no
Taak	2 2	SÄH 5 301420 - 2

KESKUS			RYHMÄ	OSOITE	A/A	JOHDIIN
D muutos	E muutos	F muutos				
				Syöttö-voimala-keskuksesta		MMJ 6 X 6 S
			F1	Ohjaus-voimala-keskuksesta	10	
				Pääkontaktin L3		
				Pääkontaktin L2		
				Pääkontaktin L1		
				Säätömuuttajat		
				Voimala-keskuksesta		
				Jatkuvasti palovien-voimien		
				aykttä		
A muutos	B muutos	C muutos				
NorSave keskuskaavio			Suunn. RKS TKK	Kaavun Lehti 1/1	Piirustuksen n:o SÄH 5 301422	Työno



LIITE 10 (b)

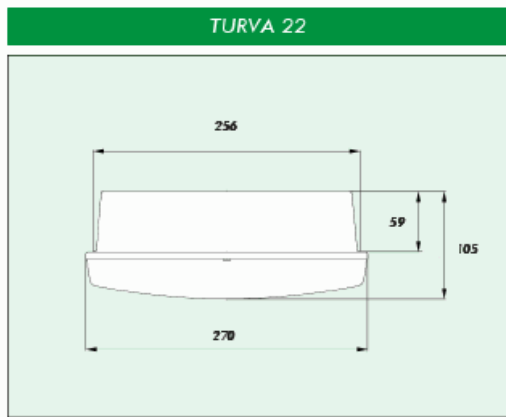


TURVA 22

IP 44

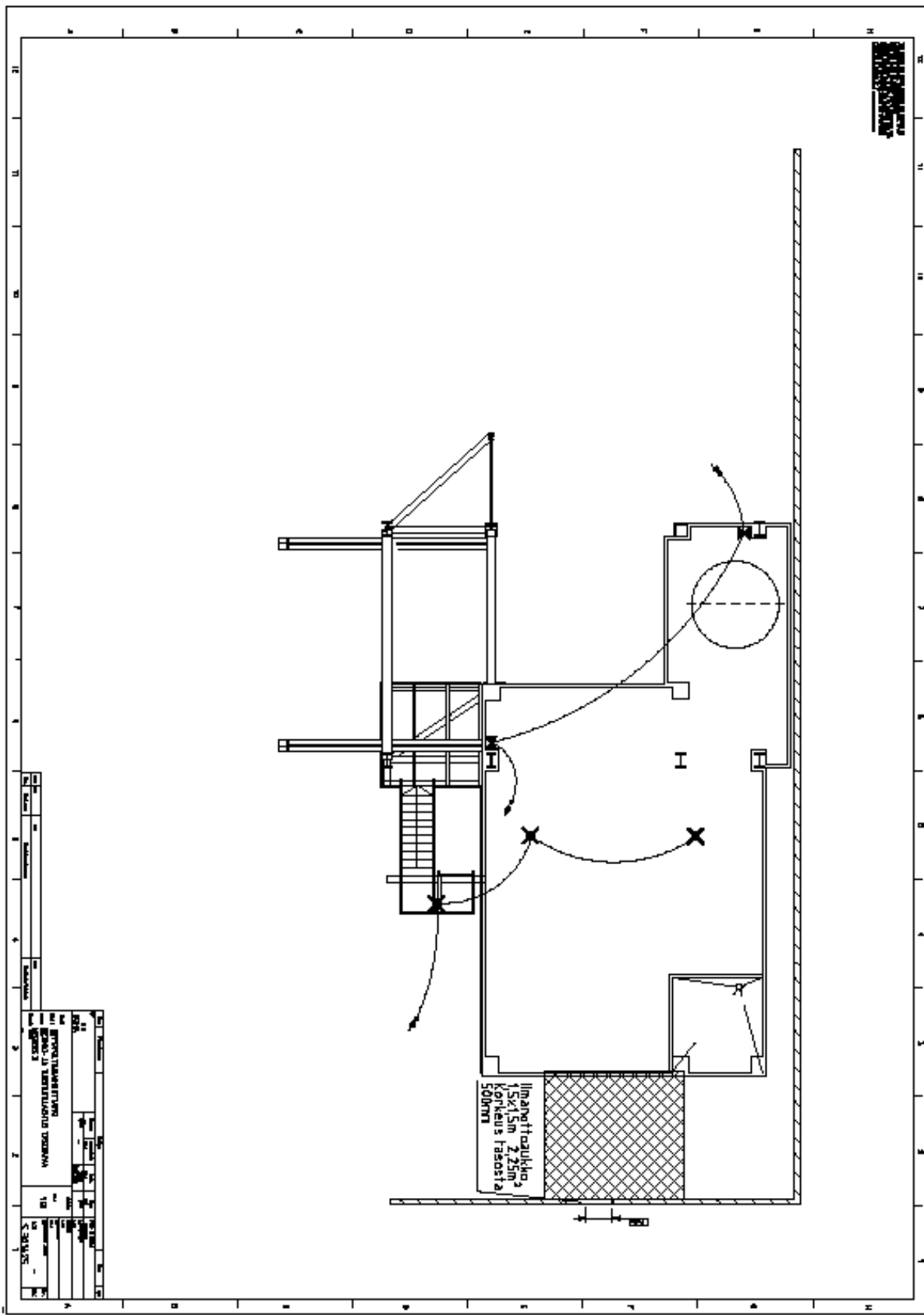
Turva 22 on turvavalaisin avointen alueiden ja poistumisreittien turvavalaisutukseen. IP44-luokan valaisimena se soveltuu myös kosteisiin ja pölyisiin tiloihin.

Valaisin on saatavissa 24 V tai 230 V keskusajustajärjestelmään kytkettävänä, sekä omalla akulla varustettuna yksikkövalaisimena.



TEKNISEET TIEDOT

Valaisimen tyyppi	Liittämännäpännite	Ottoteho	Täminä- aika -tapa	Akku	Varaus- aika	Valen- lähde	Käyttö- lämpötila	Suojaus- luokka	Koteloint- luokka	Sähkönen asennus
TWT2221	24 V AC/DC	9 VA / 11W	Keskusjärjestelmä			9 W TC-E	-10 .. +50°C	2	IP 44	-0- 2 x 2,5 mm ² -0- 3 x 2,5 mm ²
TWT2224	24 V AC/DC	22 VA / 20 W	Keskusjärjestelmä			18 W TC-E	-10 .. +50°C	2	IP 44	-0- 2 x 2,5 mm ² -0- 3 x 2,5 mm ²
TWT2281	230 V AC/DC	15 VA / 10 W	Keskusjärjestelmä			9 W TC-E	-10 .. +50°C	2	IP 44	-0- 2 x 2,5 mm ² -0- 3 x 2,5 mm ²
TWT2281K	230 V AC/DC	15 VA / 10 W	Keskusjärjestelmä Tapsa Control tai flavaht			9 W TC-E	-10 .. +50°C	2	IP 44	-0- 2 x 2,5 mm ² -0- 3 x 2,5 mm ²
TWT2284	230 V AC/DC	20 VA / 19 W	Keskusjärjestelmä			18 W TC-E	-10 .. +50°C	2	IP 44	-0- 2 x 2,5 mm ² -0- 3 x 2,5 mm ²
TWT2284K	230 V AC/DC	21 VA / 18 W	Keskusjärjestelmä Tapsa Control			18 W TC-E	-10 .. +50°C	2	IP 44	-0- 2 x 2,5 mm ² -0- 3 x 2,5 mm ²
TWT2284T	230 V AC/DC	21 VA / 18 W	Keskusjärjestelmä Tapsa Control tai flavaht			18 W TC-E	-10 .. +50°C	2	IP 44	-0- 2 x 2,5 mm ² -0- 3 x 2,5 mm ²
TWT2282	230 V AC	18 VA	1 h, jatkuvatai- minen / ajat- tein toimiva	NiCD 3,6V 1,5 Ah	24 h	9 W TC-E	-10 .. +30°C	2	IP 44	-0- 2 x 2,5 mm ² -0- 3 x 2,5 mm ²
TWT2283	230 V AC	19 VA	3 h, jatkuvatai- minen / ajat- tein toimiva	NiCD 3,6V 4 Ah	24 h	9 W TC-E	-10 .. +30°C	2	IP 44	-0- 2 x 2,5 mm ² -0- 3 x 2,5 mm ²



Ilmapöytäkuikka
15x1,5m 2,25m²
Korkeus: 1,80m
500mm

Proj. nro.	1000
Proj. nimi	Ilmapöytäkuikka
Proj. tekijä	Arkkitehti
Proj. tarkastaja	Arkkitehti
Proj. päivä	10.10.2010
Proj. sijainti	100
Proj. kategoria	500000
Proj. laajuus	1000
Proj. tilaaja	1000
Proj. kuvaus	1000
Proj. lisä	1000
Proj. muuta	1000
Proj. yhteensä	1000