



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

Maataloustuotantolaitoksen sähköistys

Sähkösuunnitteluprosessin kehittämisehdotukset

Petri Tulppo

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2016
Sähkötekniikka
Sähkövoimatekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikka
Sähkövoimatekniikka

TULPPO, PETRI
Maataloustuotantolaitoksen sähköistys
Sähkösuunnitteluprosessin kehittämisehdotukset

Opinnäytetyö 66 sivua, joista liitteitä 14 sivua
Huhtikuu 2016

Työn tarkoituksena oli tehdä sähkösuunnitelma 75 lypsävän lehmän navettaan, joka rakennetaan Kärsämäelle kesän ja syksyn 2016 aikana. Suunnitteluprosessin avulla haluttiin kartoittaa ja selvittää kehittämisehdotuksia vastaaviin Timon Sähköpalvelu Oy:n suunnitteluprosesseihin.

Työssä käytettiin maatalouden sähköasennuksia koskevaa standardia SFS 6000-7-705, jonka pohjalta sähkösuunnitelma maataloustuotantolaitokseen tehtiin. Työssä käydään läpi sähkösuunnittelun eri vaiheet, keskittyen maataloudessa erityistä huomiota vaativiin suunnitteluvaiheisiin, kuten valaistukseen ja maadoitukseen.

Työn lopussa esitellään kehittämisehdotuksia Timon Sähköpalvelu Oy:lle. Kehitysehdotuksia ovat Dialux-ohjelman käyttöönotto ja Excel-ohjelmistolla tehdyn laskentaohjelman käyttöönotto. Laskentaohjelmalla on tarkoitus helpottaa suunnitteluprosessin laskentavaihetta ja auttaa dokumentoimaan sovittuja urakkaan liittyviä asioita.

ABSTRACT

Tampereen Ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Option of Electrical Power Engineering

TULPPO, PETRI
Electrical Planning for A Barn
Development ideas for electrical planning processes

Bachelor's thesis 66 pages, appendices 14 pages
April 2016

The purpose of the project was to make electrical planning for 75 lactating cows to a barn, which will be built during summer and autumn 2016. Through the planning process was meant to find development ideas for similar Timon sähköpalvelu Oy:s planning processes.

The project includes agricultural electrical installations SFS 6000-7-705 standard, the basis which electrical planning for the agricultural development plant will be made. The project covers different phases of electrical planning focusing for more challenging planning stages, such as lightning and ground.

At the end of the project development suggestions will be submitted for Timon sähköpalvelu Oy. The development suggestions are an introduction of Dialux-program and the introduction of the calculation program made with Excel. The calculation program is meant to facilitate design processes calculation stage and help to maintain project related matters which have been agreed with the customer.

Key words: electrical planning, barn, grounding, shortcircuit current

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	SFS 6000-7-705.....	8
2.1	Soveltamisala.....	8
2.2	Määritelmät.....	8
2.3	Suuritiheksinen eläinkasvatus.....	8
2.4	Suojaus sähköiskulta.....	9
2.4.1	Syötön automaattinen poiskyttä.....	9
2.4.2	Potentiaalintasauksen käyttö.....	9
2.5	Palosuojaus.....	9
2.6	Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen.....	10
2.6.1	Luoksepääsemättömyys.....	10
2.6.2	Piirustukset.....	10
2.7	Johtojärjestelmät.....	11
2.8	Putket ja johtokanavat.....	11
2.9	Kytkinlaitteet.....	11
2.10	Maadoittaminen ja suojajohtimet.....	12
2.11	Pistorasiat.....	12
2.12	Turvajärjestelmät.....	12
2.13	Valaisimet ja valaistusasennukset.....	13
3	Navetan sähkösuunnitelma.....	14
3.1	Suunnitteluprosessin aloitus.....	14
3.2	Kaapelireitit.....	14
3.2.1	Kaapelitikkaiden ja johtoreittien valinta.....	15
3.2.2	Kaapelitikkaan mallin valinta.....	16
3.2.3	Kaapelitikkaan kiinnitys.....	18
3.2.4	Valaisinripustuskiskon valinta.....	19
3.2.5	Valaisinripustuskiskon asennus.....	20
3.3	Valaistus.....	21
3.3.1	Valaistuksen merkitys navetassa.....	21
3.3.2	Yleisvalaistus.....	22
3.3.3	Lypsyaseman valaistus.....	25
3.3.4	Yö-valaistus.....	26
3.3.5	Muu valaistus.....	27
3.3.6	Ulkovalaistus.....	27
3.3.7	Valaistuksen ohjaus.....	28
3.4	Pistorasiat ja voimarasiat.....	29

3.5	Suojalaitteet ja kaapelivalinta	30
3.6	Potentiaalintaus.....	31
3.7	Varavoima.....	31
3.8	Kameravalvontajärjestelmä.....	32
3.9	Palovaroitinjärjestelmä	32
3.10	Pääsulakkeen mitoitus.....	33
3.10.1	Omakotitalon sähköteho.....	33
3.10.2	Uuden navetan sähköteho	34
3.10.3	Liittymän kokonaisteho.....	35
3.10.4	Pääsulakkeen valinta	35
3.10.5	Ylikuormitussuojan valinta RK-01 nousukaapelille	36
3.10.6	Ylikuormitussuojan valinta RK-02 nousukaapelille	36
3.11	Kaapeleiden valinta PK-RK01.....	36
3.11.1	Automaattinen poiskytkentä.....	37
3.12	Jännitteenalenema	40
4	KEHITTÄMISEHDOTUKSET	42
4.1	Kehittämisaalueet	42
4.2	Kehittämissuositukset.....	42
4.3	Laskentaohjelma	43
5	POHDINTA.....	50
	LÄHTEET.....	51
	LIITTEET	52
	Liite 1. Aloituspalaverin lista	52
	Liite 2. Valaisinluettelo	53
	Liite 3. Pistekuva.....	54
	Liite 4. Keskuskaavio PK.....	56
	Liite 5. Keskuskaavio RK-01	57
	Liite 6. Keskuskaavio RK-02	59
	Liite 7. Valaistuksen ohjaus	60
	Liite 8. Maakaapelointi.....	62
	Liite 9. Maadoituspisteet	63
	Liite 10. Maadoituskaavio	64
	Liite 11. Palovaroitinjärjestelmä	65
	Liite 12. Kameravalvontajärjestelmä.....	66

ERITYISSANASTO

TAMK Tampereen ammattikorkeakoulu
op 240

lypsyasema: Automatisoitu lypsyjärjestelmä.

TN-S-järjestelmä: Erilliset nolla- ja suojamaadoitusjohtimet koko järjestelmässä.

kaapelitikas; tikashylly: Kaapelien tukirakenne, joka koostuu poikittaisista tukielementeistä, jotka on jäykästi kiinnitetty pitkittäisiin päätytukirakenteisiin.

maadoitusjohdin: Johdin, joka muodostaa asennuksen, järjestelmän tai laitteen määrätyn osan ja maan välille johtavan yhteyden tai osan tästä yhteydestä

maadoituselektrodi: Johtava osa, joka on sähköisessä yhteydessä maahan.

potentiaalitasaus: Johtavien osien sähköinen liitäntä, jonka tarkoituksena on saavuttaa tasapotentiaali.

elevaattori: Maatalouden työväline, jolla nostetaan rehua AIV-torniin ja jonka voimalähteenä sähkömoottori.

selektiivisyys: Vikatilanteessa lähimmän suojalaitteen toimiminen.

lux: Valaistusvoimakkuuden yksikkö, joka on pinnalle kaikista suunnista saapuvan kokonaisvalovirran suhde pinta-alaan.

1 JOHDANTO

Maataloustuotantolaitoksen sähköasennuksille asetellaan normaalien rakennusten sähköasennuksia tiukempia vaatimuksia. Vaatimusten syynä on eläinten ja työntekijöiden turvallisuuden takaaminen tilassa, jossa on paljon johtavia osia kuten eläinten parret, aidat ja lypsyasemat. Tilan ulkoiset olosuhteet aiheuttavat myös erityisiä toimenpiteitä materiaalien valinnassa ja sähkölaitteiden koteloinnissa. Myös eläinten käyttäytyminen ja koneiden käyttö täytyy ottaa huomioon sähkösuunnitelmassa. Maa- ja puutarhatalouden erityisvaatimuksia koskeva SFS 6000-7-705 standardi esitellään tämä opinnäytetyön ensimmäisessä luvussa.

Toisessa luvussa esitellään sähkösuunnitelma, joka tehtiin Kärsämäelle rakennettavaan uuteen navetta rakennukseen. Luvussa käsitellään tuotantolaitokseen tehtyä sähkösuunnitelmaa ja siihen kuuluvia järjestelmiä, kuten kaapelireittejä, valaistusta, pistorasioiden ja suojalaitteiden valintaa, varavoimaa, potentiaalintasausta, pääsulakkeen mitoitusta ja muita suunnitelman kannalta oleellisia laskelmia.

Suunnitteluprosessin kautta oli tarkoitus löytää kehittämissuhteita Timon Sähköpalvelu Oy:n suunnitteluprosessiin. Työn kolmannessa luvussa esitellään kehittämissuhteet yritykselle, joita projektin varrella ilmeni tutkiessa yrityksen aiempia suunnitteluprosesseja.

2 SFS 6000-7-705

2.1 Soveltamisala

Standardin SFS 6000 osassa 7-705 esitetyt erityisvaatimukset koskevat kiinteitä asennuksia maa- ja puutarhatalouden sisä- ja ulkotiloissa. Jotkut näistä vaatimuksista koskevat myös muita tiloja, jotka sijaitsevat samoissa rakennuksissa kuin maa- ja puutarhatalouden tilat. (SFS 6000-7-705, 2.)

2.2 Määritelmät

Maa- ja puutarhatalouden tiloissa on erityisvaatimuksia sähkölaitteiden valinnalle ja asentamiselle, koska näissä tiloissa erityiset ulkoiset olosuhteet kuten kosteus, pöly syövyttävät kemikaalihöyryt, hapot ja suolat vaikuttavat sähkölaitteisiin. Lisäksi voi esiintyä helposti syttyivistä palavista aineista johtuva lisääntynyt paloriski. (SFS-6000 7-705, 3.)

Maa ja puutarhatalouden tiloja ovat esimerkiksi nautojen, sikojen hevosten, lampaiden, vuohien tai siipikarjan hoitoon tarkoitettut tilat mukaan luettuna niihin liittyvät tilat kuten rehun valmistustilat, lypsykonetilat ja maito huoneet. (SFS-6000 7-705, 3.)

Maa- tai puutarhatalouden tiloiksi lasketaan myös maa- ja puutarhatalouden tiloissa olevat asunnot ja muut tilat, joilla on johtava yhteys maa- tai puutarhatalouden tilaan joko samaan asennukseen kuuluvien suojajohtimien kautta tai muiden johtavien osien kautta. Esimerkkejä tällaisista tiloista ovat toimistot, sosiaalitalat, konehallit, työhuoneet, autotallit ja korjaamot. (SFS-6000 7-705, 3.)

2.3 Suuritiheyksinen eläinkasvatus

Suuritiheyksiseksi eläinkasvatukseksi luokitellaan karjanhoito, jossa on välttämätöntä käyttää automaattisia ylläpitoon liittyviä järjestelmiä, kuten ilmanvaihtoon, ruokintaan, juomaveden ja ilmastointiin liittyviä järjestelmiä. (SFS 6000-7-705, 3.)

2.4 Suojaus sähköiskulta

2.4.1 Syötön automaattinen poiskytkentä

Maadoitustavasta riippumatta piireissä pitää käyttää syötön automaattisia poiskytkentälaitteita. Pistorasiaryhmä, jonka mitoitusvirta on korkeintaan 32 ampeeria pitää suojata korkeintaan 30 milliampeerin vikavirtasuojalla. Yli 32 ampeerin pistorasioita pitää suojata korkeintaan 100 milliampeerin vikavirtasuojalla. Muilla ryhmäjohtoilla pitää käyttää 300 milliampeerin vikavirtasuojaa. (SFS 6000-7-705, 4.)

TN-järjestelmissä on asennuksessa käytettävä erillistä nolla- ja suojajohdinta liittymispisteestä lähtien. Tämä vaatimus koskee myös asuntoja ja muita tiloja, jotka kuuluvat maa- tai puutarhatalouden tiloihin. (SFS 6000-7-705, 4.)

2.4.2 Potentiaalintasauksen käyttö

Eläimille tarkoitetuissa tiloissa on tehtävä lisäpotentiaalintasaus, johon on yhdistettävä kaikki asennuksen suojajohtimet, jännitteelle alttiit osat ja muut johtavat osat, joita eläimet voivat koskettaa. Myös lattioissa tai lattioiden päällä olevat johtavat osat, kuten betoniteräksiset tai lietelantasäiliöiden betoniteräksiset on liitettävä osaksi lisäpotentiaalintasausta. (SFS 6000-7-705, 5.)

2.5 Palosuojaus

Karjankasvatuksessa käytettävät lämmityslaitteet täytyy asentaa kiinteästi siten, että karjalle aiheutuvat palovammojen riskit ja palavien aineiden syttymisestä aiheutuvat tulipalot vältetään. Säteilylämmittimet täytyy asentaa vähintään 0,5 m etäisyydelle palavista materiaaleista ja eläinten ulottuma-alueesta. Etäisyyden täytyy olla suurempi, jos valmistajan säteilylämmittimen käyttöohjeissa niin määrätään. (SFS 6000-7-705, 5.)

Kaikki jännitteiset johtimet täytyy suojata enintään 300 milliampeerin vikavirtasuojakytkimellä. Paremmen käytön jatkuvuuden parantamiseksi voidaan muiden kuin pistorasoiden vikavirtasuojakytkiminä käyttää S-tyyppin tai aikahidastettuja vikavirtasuojakytkimiä. (SFS 6000-7-705, 5.)

2.6 Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen

Maa- ja karjatalouden tiloissa täytyy käyttää sähkölaitteiden kotelointiluokkaa IP44, jos sähkölaiteella ei ole kyseistä kotelointiluokkaa täytyy se sijoittaa IP44 vaatimusten täyttävään koteloon. Jos olosuhteet ovat vaativampia, kuin AD4, AE3 tai AG1 täytyy pistorasiat suojata asianmukaisesti lisäkoteloinnilla tai asentamalla ne rakenteiden syvennyksiin. IP44 luokan kotelointia ei tarvitse käyttää kuitenkaan toimistoissa, sosiaalityötiloissa ja muissa tiloissa, joissa käytetään normaaleja SFS-6000 standardin mukaisia pistorasioita. Sähkölaitteet on myös suojattava korroosiolta, jos tiloissa esiintyy korroosioita aiheuttavia aineita, kuten lypsykarjanavetoissa. (SFS 6000-7-705, 6.)

2.6.1 Luoksepääsemättömyys

Sähkölaitteet jotka voidaan, täytyy asentaa eläinten ulottumattomiin. Sähkölaitteet joita ei voida asentaa eläinten ulottumattomiin, kuten ruokintalaitteet ja juottoaltaat, täytyy olla rakenteeltaan ja asennuksiltaan sellaisia, että ne ehkäisevät mahdollisimman hyvin eläinten aiheuttamat ja eläimille aiheutuvat vahingot. (SFS 6000-7-705, 6.)

2.6.2 Piirustukset

Asennuksen haltialle on toimitettava: pohjapiirros, jossa näkyy kaikkien sähkölaitteiden sijainti ja upotettujen kaapeleiden reitit; pääkaavio, josta näkyy kaikki ryhmät ja suojausmenetelmät; potentiaalitasauksen kaavio, josta selviää potentiaalitasausliitännöiden sijainnit. (SFS 6000-7-705, 6.)

2.7 Johtojärjestelmät

Eläintiloissa johtojärjestelmät on asennettava eläinten ulottumattomiin tai suojattava sopivalla tavalla mekaaniselta rasitukselta. Erityistä huomiota vaatii erilaisten eläinten kuten hiirien ja rottien esiintyminen.

Maakaapelien asennus toteutetaan standardin SFS-standardin mukaisesti. Mekaanisten vaurioiden välttämiseksi pääkeskusta syöttävä johtojärjestelmä täytyy suojata esimerkiksi asentamalla se maahan, suojaamalla se erillisellä putkella tai johtokanavajärjestelmällä. (SFS 6000-7-705, 6.)

2.8 Putket ja johtokanavat

Tilat, joissa pidetään karjaa, ulkoisten olosuhteiden luokka on AF4 (jatkuvasti korroosioita aiheuttavia aineita). Putket, jotka sijaitsevat näissä tiloissa täytyy ne suojata vähintään luokan 2 mukaan (keskimääräinen korroosiosuojaus). Ulkotiloissa putket täytyy suojata vähintään luokan 4 mukaan (korkea korroosiosuojaus). (SFS 6000-7-705, 7.)

Jos johtojärjestelmät voivat joutua alttiiksi iskuille kuten maatalouskoneiden aiheuttamille törmäyksille, ulkoiset olosuhteet luokitellaan tällöin AG3 mukaan (raskas mekaaninen raskitus). Tällöin putket täytyy suojata puristumista vastaan vähintään luokan 4 mukaan (raskas puristussuojaus) ja johtokanavajärjestelmillä pitää olla raskas suojaus iskuja vastaan. (SFS 6000-7-705, 7.)

2.9 Kytkinlaitteet

Sähkölämmittimissä täytyy olla osoitus toimintatilasta. Kukin asennus tai asennusten täytyy voida erottaa yhdellä erotuslaitteella. Satunnaisesti käytettävien laitteiden piirien erottamiseen on käytettävä laitetta, joka kytkee kaikki piirien jännitteiset johtimet mukaan lukien nollajohtimen, esimerkiksi viljankuivauksen aikana. Erotuslaitteet on merkittävä sen asennuksen osan mukaan. (SFS 6000-7-705, 7.)

Asentaessa erotus- ja kytkinlaitteita sekä hätäkytkentä- ja hätäpysäytyslaitteita on otettava huomioon, ettei eläimet ulotu niihin. Vaatimuksen täyttämiseksi on otettava huomioon myös eläinten joutuminen paniikkiin. (SFS 6000-7-705, 7.)

2.10 Maadoittaminen ja suojaohdot

Suojaohdot eli potentiaalitasausohdot on suojattava korroosiolta ja mekaaniselta vahingoittumiselta. Huomioon täytyy ottaa myös elektrolyyttiset ilmiöt. Lisäpotentiaalitasausohdot voidaan käyttää esimerkiksi:

- Kuumasinkittyä teräsnauhaa mitoiltaan vähintään 30 mm x 3 mm
- Kuumasinkittyä pyöreää halkaisijaltaan vähintään 8 mm terästä
- poikkipinnaltaan vähintään 4 mm² kuparijohdinta
- muita sopivia materiaaleja (SFS 6000-7-705, 8.)

2.11 Pistorasiat

Pistorasioiden pitää olla SFS-EN 60309-1 ja SFS-EN 60309-2 mukaisia tai kansallisten standardien mukaisia edellyttäen, että mitoitusvirta ei ylitä 20 A. (SFS 6000-7-705, 8.)

2.12 Turvajärjestelmät

Ruoan ja veden jakelun, ilmanvaihdon ja/tai valaistuksen toiminnan sähkönsyöttö täytyy varmistaa vaihtoehtoisella tai varavoimasyötöllä. Ilmanvaihdon ja valaistuksen kannalta tarpeellisia sähkölaitteita on syötettävä vain niille tarkoitetuilla erillisillä piireillä. Selektiivisyys on varmistettava kaikissa ilmavaihtoa syöttävissä päävirtapiireissä ylivirta- ja/tai maasulkutilanteissa. (SFS 6000-7-705, 9.)

Sähkökäyttöisen ilmanvaihdon ollessa välttämätön täytyy käyttää varavoimajärjestelmää tai lämpötilan ja syöttöjännitteen valvontaa. Valvonta voidaan toteuttaa yhdellä tai useammalla normaalista syötöstä riippumattomalla valvontalaitteella, jotka antavat helposti havaittavan näkyvän ja kuuluvan signaalin. (SFS 6000-7-705, 9.)

2.13 Valaisimet ja valaistusasennukset

Valaisimet on oltava EN 60598- sarjan mukaisia ja niiden kotelointiluokka ja pintalämpötila valitaan asennuspaikan olosuhteiden mukaan.

Alueilla, joissa on paloriski tai jonne kerääntyy palavaa materiaalia, voidaan käyttää vain pintalämpötilarajoitettua valaisimia, joiden merkintä on kirjain D ja kotelointiluokka vähintään IP54. Valaisimet on asennettava siten, että etäisyys palaviin materiaaleihin säilyy riittävän suurena, ottaen huomioon tavaroiden säilytys ja muut vaaraa aiheuttavat työprosessit. Turvaetäisyydet on annettu valmistajan asennusohjeissa. Heinä- ja olkivarastoissa tai vastaavissa tiloissa valaisimen tila on oltava nähtävissä kytkimen sijaanipaikalta. (SFS 6000-7-705, 9.)

3 Navetan sähkösuunnitelma

3.1 Suunnitteluprosessin aloitus

Sähkösuunnitelma tehdään 75 lypsävän lehmän navettaan, joka tullaan rakentamaan Kärämäelle kesän ja syksyn 2016 aikana.

Suunnitteluprosessi alkoi asiakkaan tapaamisella Timon Sähköpalvelun Oy:n toimitusjohtajan kanssa. Tapaamista varten laadittiin lista, johon listattiin navetan yleisiä järjestelmiä ja laitteita mitä suunnitelmaan tulee ja mitä sähkösuunnittelussa täytyy ottaa huomioon. Listan tarkoitus oli, että sovitut asiat tulee kirjattua ylös ja ettei mikään tärkeä asia jää huomioimatta sähkösuunnitteluprosessissa. Mukana oli myös paperillinen pohjakuva uudesta navetasta, johon tehtiin alustava hahmotelma navetan sähköistyksestä. Listattavat asiat ovat nähtävissä liitteessä 1.

3.2 Kaapelireitit

Koska kaapelireitit palvelevat rakennusta koko eliniän otetaan suunnittelussa huomioon se, että reitille asennettuja johdotuksia voidaan muunnella, lisätä, täydentää ja huoltaa kohtuullisen helposti. Asennusreitien valinta ja tilantarve otetaan myös huomioon. ReitINVALINNALLA on myös suuri merkitys niin sähköturvallisuudelle kuin häiriöiden päästö- ja sieto-ominaisuuksille ja ne täytyy minimoida suunnitteluprosessissa. (ST-käsikirja 35, 36.) Hyllyjen leveyttä määrittäessä nyrkkisääntönä voidaan pitää 20 millimetriä hyllyleveyttä yhtä kuormittuvaa kaapelia kohti ja 5 millimetriä muita kaapeleita kohti (ST 51.13, 2).

Johtoteissä varmistetaan, että kaapelit voidaan asentaa ja tarvittaessa kiinnittää noudattaen pienintä sallittua taivutussädettä niiden asennuksen ja käytön aikana. Taivutussäde on määritelty kaapelin valmistajien ohjeissa, jos valmistajien ohjeita ei ole, sovelletaan seuraavaa menetelmää:

a) 4-paristen symmetristen kaapeleiden pienimmän sallitun taivutussäteen tulee olla 8 kertaa kaapelin halkaisija.

- b) Optisten kaapeleiden ja koaksiaalikaapeleiden pienimmän sallitun taivutussäteen tulee olla 10 kertaa kaapelin halkaisija.
- c) Muiden metallijohtimisten tietotekniikan kaapeleiden pienimmän sallitun taivutussäteen tulee olla 8 kertaa kaapelin halkaisija. (ST-käsikirja 35, 38.)

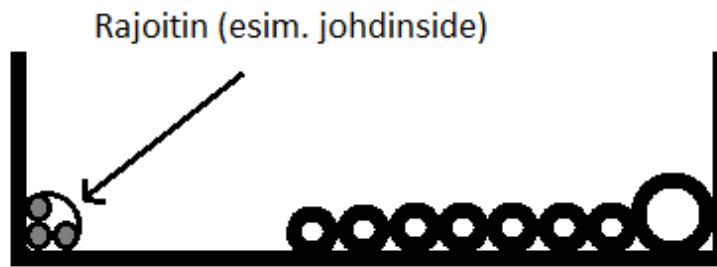
3.2.1 Kaapelitikkaiden ja johtoreittien valinta

Kaapelireittejä suunnitellessa otetaan huomioon kohdissa 2.6 ja 2.7 mainitut SFS-standardin vaatimukset. Luoksepääsemättömyys toteutetaan siten, että kaapelireitit asennetaan tarpeeksi korkealle niin, ettei eläimet, ihmiset tai koneet voi niistä vaurioitua tai voi niitä vaurioittaa. Materiaaliksi valitaan seostettu alumiini, joka on materiaaliltaan hyvin korroosiokestävä ja se täyttää standardin vaatiman korroosiosuojauksen. Alumiini on materiaalina myös kevyttä, noin kolmas osan teräksen painosta ja näin ollen materiaalina helppo asentaa ja käsitellä. Korroosiokestoisuuden takia käytetään ruuvien, muttereiden ja muiden metallisten osien materiaalina alumiinia.

Navettarakennuksen eläntilan johtoreitit toteutetaan pääasiassa kaapelitikkailla. Valaisinripustuskiskoja käytetään myös kaapeloinnissa, kaapelitikkaiden tarpeen vähentämiseksi. Rakennukseen asennetaan kaapelitikkaat liitteen 3 mukaisesti.

Kaapelitikkaiden runkolinja asennetaan pääkeskukselta länsipäätyyn saakka. Suunnitelmassa runkolinjalle tulee ensiasennuksessa enimmillään kahdeksan vahvavirtakaapelia ja kolme heikkovirtakaapelia. Tähän tilanteeseen riittävä kaapelitikkaan leveys on 200 millimetriä, kohdassa 3.2 esitetyn ohjeen mukaisesti. Heikkovirtakaapelit on asennettava hyllyn toiselle reunalle ja vahvavirtakaapelit toiselle reunalle, kuvan 1 mukaisesti.

Kaapeleita voidaan laittaa nippuun kuvan 1 mukaisesti, esimerkiksi johdinsiteellä. Korjauskertoimien takia yhteen nippuun ei voida kuitenkaan laittaa kuin neljä kuormitettavaa kaapelia. Rinnakkain kaapeleita voidaan laittaa yhdeksän kappaletta yhteen kerrokseen, jonka jälkeen on jätettävä ainakin kaapelin halkaisijan verran tilaa ennen seuraavaa kaapelia. (ST-käsikirja 35, 36.)



Kuva 1. Runkolinjan kaapelointi kaapelitikkaalle

Eläintilan päätyihin asennetaan kaapelitikkaat, päätyihin tulevia johdotuksia varten. Myös lypsyasemalle asennetaan kaapelitikaslinja, lypsyasemalle tulevia kaapeleita varten. Kaapelitikkaat kiinnitetään runkolinjaan. Kaapelitikkaiksi valitaan runkolinjan tavoin 200 millimetriä leveät kaapelitikkaat.

Eläintilan eteläsivulla ei kannata asentaa kaapelitikaslinjaa, vähäisen tarpeen takia. Eteläsivulla sijaitseville pistorasioille kaapelit viedään osittain valaisinripustuskiskoa ja osittain katossa sijaitsevaa tukipalkkia pitkin pinta-asennuksena. Tukipalkilta kaapelit tuodaan alas pistorasioille alumiiniputkessa.

Pääkeskustilaan asennetaan 300 millimetriä leveät kaapelitikkaat ympäröimään huonetta. 300 millimetrin kaapelitikkaille voidaan asentaa 15 kuormitettavaa kaapelia tai 60 muuta kaapelia. (ST-käsikirja 35, 36.)

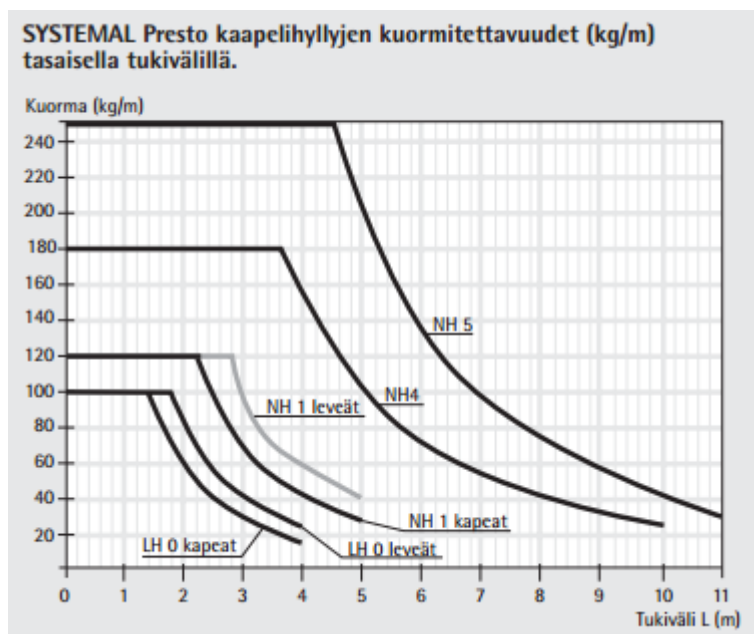
Lypsyasemalta tuodaan 300 millimetriä leveä kaapelitikaslinja suoraan maitohuoneeseen. Tikaslinja asennetaan laitevalmistajan toiveiden mukaisesti yhden prosentin laskulla eli yksi sentti laskua yhtä metriä kohden. Laitevalmistaja vie kaapelihyllyä pitkin maitoputket ja syöttökaapelin.

3.2.2 Kaapelitikkaan mallin valinta

Kaapelitikkaat valitaan Systemal Preston tuotevalikoimasta. Kaapelitikkaiden valinnassa käytetään apuna valmistajan laatimaa kuvaajaa, kuva 2.

Kaapelitikkaan valintaa varten, täytyy määrittää kaapelitikkaille tuleva maksimikuormitus. Suunnitelmassa kaapelitikkaille ei tule muuta merkittävää kuormaa kuin kaapelit. Maksimitilanteessa kaapeleiden aiheuttama kuorma metriä kohden on noin 2,5 kilogrammaa. Kuvasta 2 voi huomata, että edullisimman LH 0-sarjan kaapelitikkaat sallivat 4,0 metrin tukivälillä noin 17 kilogramman kuorman metriä kohden. Tämä sallittu kuormitus riittää helposti eläntilan kaapelitikkaiden kuormitukseksi.

Kuormitusvara riittää myös lypsyasemalle menevään kaapelitikaslinjaan, jossa kaapelit kiinnitetään kaksi MDL401 valaisinta, joiden yhteispaino on 2,4 kilogrammaa. Kaapelitikkaiksi valitaan siis Systemal Preston LH 020 ja LH 030. Hyllyt asennetaan vähintään 4,0 metrin tukivälillä.



Kuva 2. Kaapelitikkaiden kuormitettavuudet eri malleilla (Systemal Presto, 2016).

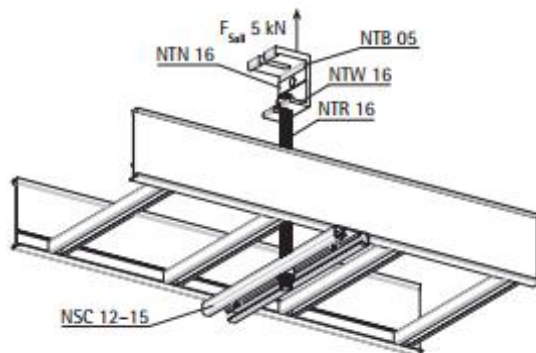
Todellisuudessa runkolinjan kaapelitikkaiden tukiväli määräytyy rakennuksen tukirakenteiden mukaan. Rakennus on toteutettu tukipalkeilla, jotka sijaitsevat 7,2 metrin päässä toisistaan. Kannatuspisteet asennetaan näihin tukipalkkeihin. Jotta kannatusväli saadaan pienennettyä alle sallitun 4,0 metrin, lisätään tukipalkkien väliin yksi kannatuspiste. Näin runkolinjan tukiväliksi saadaan 3,6 metriä.

Eläntilan päätyjen kaapelitikkaat ja lypsyasemalle menevän kaapelitikaslinjan tukivälit määräytyvät kaapelitikaslinjan pituuden mukaan siten, että tukipisteet sijoittuvat tasaisin

välein. Eläintilan päätyhyllyjen pituudet huomioon ottaen tukiväliksi kyseisissä tilanteissa tulee 3,6 metriä ja lypsyasemalle menevän kaapelitikkaan tukiväliksi 3,0 metriä.

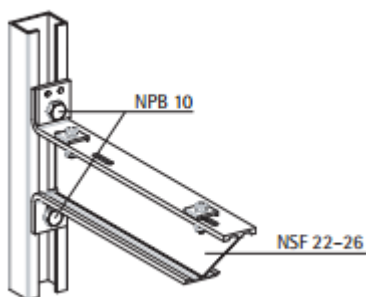
3.2.3 Kaapelitikkaan kiinnitys

Runkolinja ja lypsyrobotille menevät kaapelitikaslinjat kiinnitetään keskikannakointi ripustusmenetelmällä, kuvan 3 mukaisesti.



Kuva 3. Kaapelitikkaan ripustustapa (Systemal Presto, 2016).

Eläintilan päätyjen kaapelitikas kiinnitetään seinään seinäkannakkeilla kuvan 4 mukaisesti. Kuvasta 4 poiketen kannake kiinnitetään suoraan betoniseinään kiila-ankkureita käyttäen.



Kuva 4. Suora seinäkannakointi (Systemal Presto, 2016).

3.2.4 Valaisinripustuskiskon valinta

Valaisinripustuskiskot valitaan Systemal Preston tuotevalikoimasta. Valinnassa käytetään apuna valmistajan kiskonvalintataulukkoa, taulukko 1. Materiaalina on kaapelitikkaiden tapaan hyvin korroosiokestävä alumiini.

Valaisinripustuskiskon kannakkeet asennetaan kaapelitikkaiden runkolinjan tavoin 3,6 metrin välein. Taulukosta 1 nähdään, että valaisinripustuskiskoksi täytyy valita vähintään malli 106K, koska matalarakenteisempää mallia M ei voida asentaa yli 3,5 metrin ripustusvälillä. Ripustusvälin l (m) ja valaisimen päätyjen kiinnitysvälin a (m) avulla nähdään taulukosta 1, että valaisimen paino saa ripustuskiskomallissa 106K olla noin 17 kilogrammaa. Valaisimen kiinnitysväli nähdään eläntilan valaisimeksi valitun MDL1202 tuotetiedoista (Ledistys Oy, 2016).

Taulukko 1. Kuormitustaulukko (Systemal Presto, 2016).

l (m)	a (m)	Q, sallittu kuormitus (kg)						l (m)
		106M	108M	112M	106K	108K	112K	
2	0,5	21	25	30				2
	1	29	33	40				
	1,5	57	66	80				
2,5	0,5	12	13	16				2,5
	1	14	16	19				
	1,5	20	23	28				
3	0,5	7	7	9	23	26	31	3
	1	8	8	10	26	29	35	
	1,5	10	10	12	33	36	43	
3,5	0,5	4	4	4	15	17	20	3,5
	1	4	4	5	17	18	22	
	1,5	5	5	5	20	21	25	
4	0,5				10	11	13	4
	1				11	12	14	
	1,5				12	13	15	
4,5	0,5				6	6	7	4,5
	1				7	7	8	
	1,5				7	7	8	
5	0,5				3	3	3	5
	1				4	4	4	
	1,5				4	4	4	

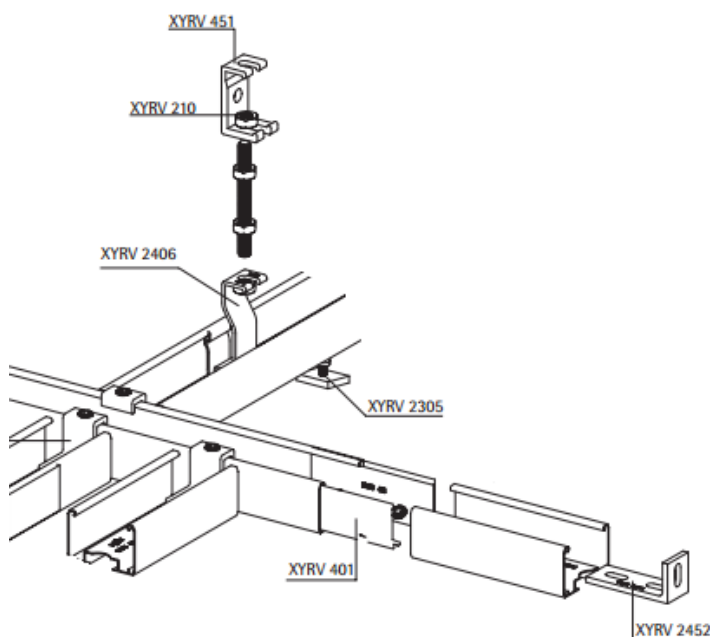
MDL1202 valaisimen paino on 9,6 kilogrammaa, joten kuormitus varaa jää vielä edellä lasketun kuormitusvaran mukaan 7,4 kilogrammaa (Ledistys Oy, 2016). Vara riittää myös tilanteeseen jossa yö-valaisimeksi valittu MDL 801, jonka paino on 3,6 kilogrammaa,

sattuu samaan ripustusväliin MDL1202 valaisimen kanssa (Ledistys Oy, 2016). Kyseisessä maksimitilanteessa kuormitusvaraa jää vielä 3,8 kilogrammaa. Todellisuudessa MDL801 valaisin ei voi sattua kokonaan samaan ripustusväliin, joten varaa kuormitusvaraa jää todellisuudessa vielä hieman enemmän.

Tarkastellaan vielä kaapeleiden aiheuttamaa kuormaa. Valmistajan taulukossa on otettu huomioon kaapeleiden kuorma 1 kilogramma per metri. Suunnitelmassa valaisinripustus- kiskoa myöten vedetään maksimitilanteessa MMJ 5x2,5 S kaapeli ja kaksi MMJ 5x1,5 kaapelia, joiden yhteispaino on tuotetietojen 0,58 kilogrammaa per metri. Voidaan todeta, että tätä suunnitelmaa varten valmistajan huomioonottama kaapeleiden kuormitusvara riittää valaisinripustuskiskoa valittaessa hyvin, joten valaisinripustuskiskoksi valitaan Systemal Presto 106K ja ne asennetaan 3,6 metrin tukivälillä.

3.2.5 Valaisinripustuskiskon asennus

Valaisinripustuskiskosten asennus toteutetaan ja asennuksessa käytetään kuvan 5 mukaisia tarvikkeita. MDL801 valaisin kiinnitetään kiskoon XYRV 2305 kannakkeella. MDL1202 valaisin kiinnitetään kuvan 6 mukaisella kannakkeella.



Kuva 5. Valaisinripustuskiskon asennus (Systemal Presto, 2016).



Kuva 6. MDL1202 valaisimen kiinnitys valaisinripustuskiskoon (Ledistys Oy, 2016).

3.3 Valaistus

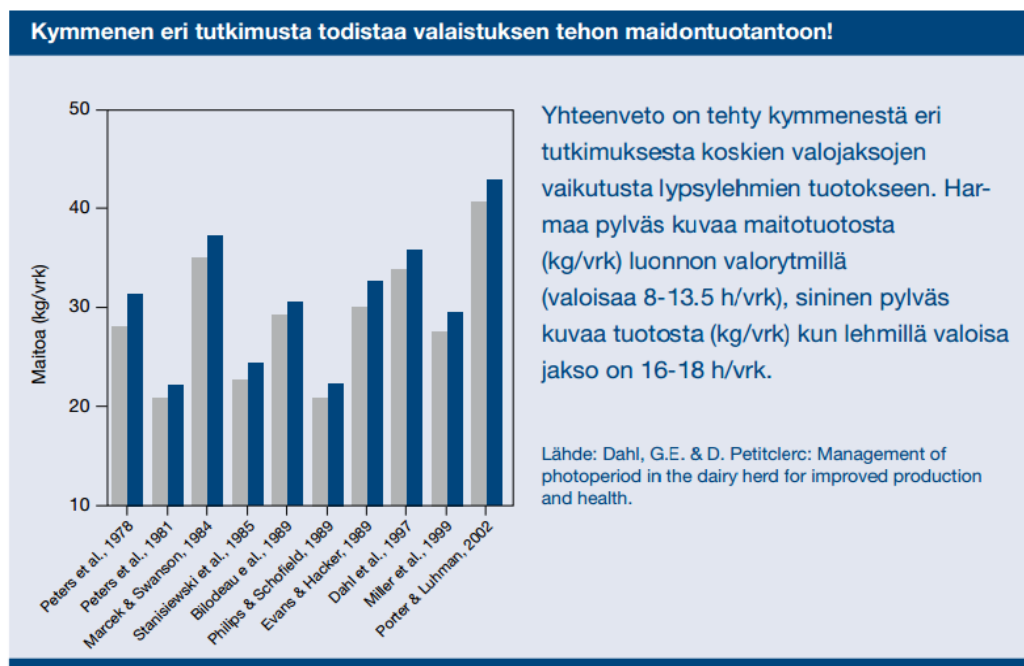
3.3.1 Valaistuksen merkitys navetassa

Valaistuksen merkitys karjan maidontuotannossa on todettu merkittäväksi useissa eri lähteissä, esimerkiksi DeLaval Oy:n tekemän esitteen mukaan oikeanlaisella valaistuksella muun muassa lypsylehmät tuottavat paremmin maitoa, etenkin vuoden pimeämpinä aikoina. (DeLaval Oy, 2012.) Tukea tähän väitteeseen antaa karjatilojen ruokintaneuvoja Jarmo Uusitalo, jonka mukaan riittävän valaistuksen vaikutukset näkyvät merkittävimmin, lehmien tiineydessä, eli siinä miten helposti lehmät tulevat raskaaksi, maidontuotannon pienellä lisääntymisellä ja robottinavetoissa lehmien aktiivisempänä käymisellä lypsyasemalla. (Asiantuntija haastattelu, Uusitalo J, 2016.)

Navetta rakennuksen yleisvalaistuksen voimakkuuden ohjearvot vaihtelevat 150 - 200 luxin välillä lähteestä riippuen. Esimerkiksi maa- ja metsätalousministeriön raportissa määritellään navetan yleisvalaistuksen tarpeeksi 150 luxia 2,0 metrin korkeudella lattiasta. Lypsyasemalla utarekorkeudella valaistuksen voimakkuus raportin mukaan pitää olla vähintään 250 luxia. (Maatilatukku, 2016.)

Oikeanlaisella päivänpituudella eli valoisalla ajalla voidaan myös vaikuttaa lehmien maidontuotantoon, hedelmällisyyteen ja terveyteen. Sopiva päivänpituus on noin 16 tuntia ja

hämärä aika 8 tuntia. Hämäräjakso on myös tärkeä tekijä nautojen terveydelle ja hyvinvoinnille. (DeLaval Oy, 2012.) Oheisesta kuvasta 7 nähdään valoisan ajan merkitys maidontuotantoon.



Kuva 7. Päivänpituuden vaikutus maidontuotantoon (DeLaval Oy, 2012).

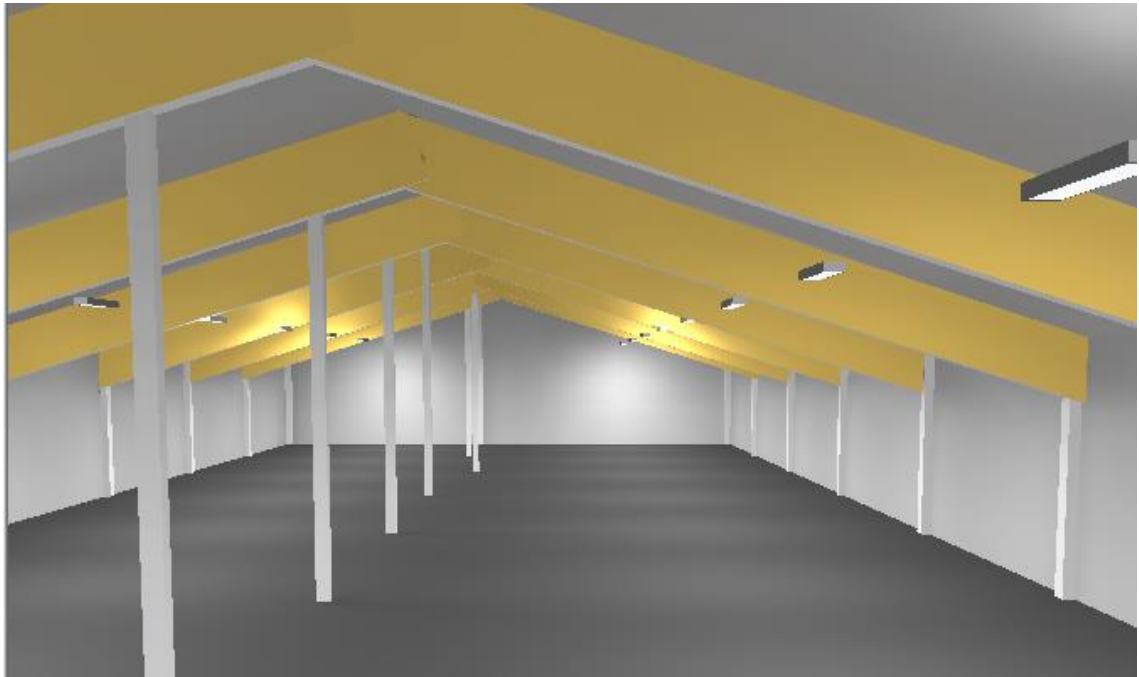
3.3.2 Yleisvalaistus

Lähdetietojen ja haastattelun perusteella päädytään eläintilaan suunnitella valaistus, joka tarjoaa eläintilaan keskimäärin 150 luxia valoa vielä valaisimien käyttöään loppupuolella. Karjalle tarjotaan 16 tunnin päivävalaistus ja 8 tunnin hämärävalaistus.

Asiakkaan toiveiden mukaisesti suunnitelmassa käytetään LED-valaisimia. Eläintilan yleisvalaistuksen valaisimista pyydettiin tarjous eri valaisinvalmistajilta, joista valittiin Ledistys Oy:n MDL1202 valaisin. Valaisin valikoitui muista valaisimista hyvän hintalaa-tusuhteen ja keveän mutta kestävä rakenteen takia. Valaisimista on myös yrityksellä aiempaa kokemusta ja valaisin on havaittu toimivaksi, kestäväksi ja helpoksi asentaa. Valaisimien koteloinnin suojausluokka on IP65, joka täyttää kohdassa 2.13 esitetyn SFS-standardin vaatimukset.

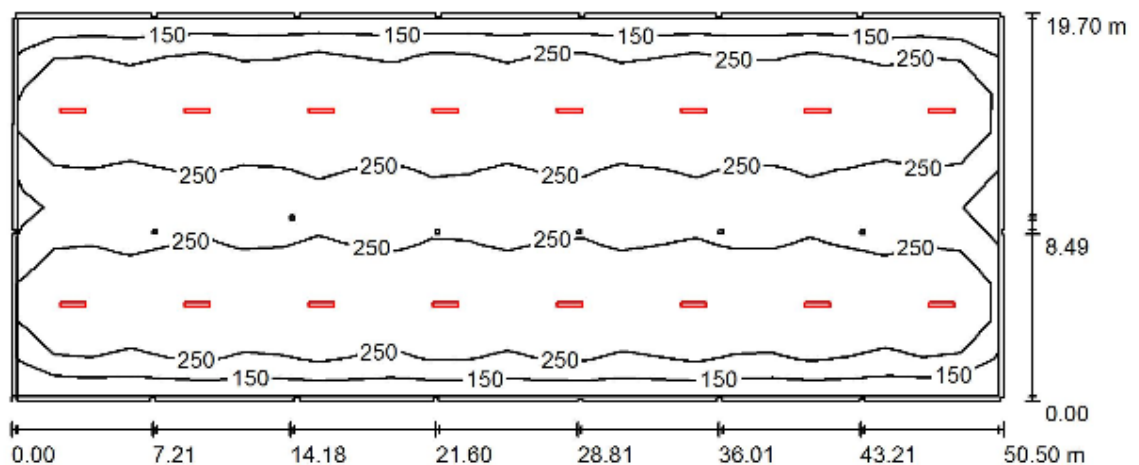
Valaistussuunnitelma toteutetaan siis Ledistys Oy:n MDL1202 valaisimilla, DIALux -ohjelmistoa apuna käyttäen. Valaistusripustuskiskojen ja valaisimen asennuskorkeus on

noin 4,4 metriä, joten valaisimien asentaminen on työlästä ja asentaminen vaatii nosturin. Tästä syystä valaistus pyritään suunnittelemaan mahdollisimman vähäisellä valaistusripustuskiskojen käyttämisellä. Tällöin säästetään valaisinripustuskiskojen materiaalikustannuksissa ja työkustannuksissa. Suunnitelma tehdään siten, että valoa on riittävästä ja riittävän tasaisesti koko tilassa. Kuvassa 8 on nähtävissä eläintilan yleisvalaistus 3D mallinnettuna.



Kuva 8. Eläintilan yleisvalaistus 3D mallinnettuna

Valaisimet päätetään asentaa kahteen riviin siten, että yhdelle riville tulee kahdeksan valaisinta. Kuvasta 9 nähdään, kuinka valo jakaantuu eläintilassa.



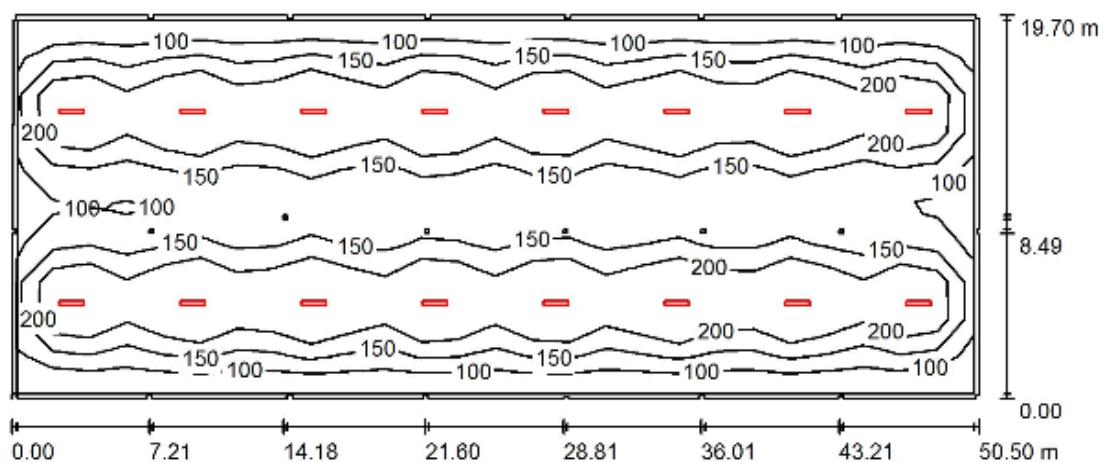
Kuva 9. Valonjakokäyrä eläintilassa

Kuvasta 9 nähdään, että eläintilassa on vähintään 150 luxia lähes koko tilassa. Taulukkoon 2 on koottu käyttötason, lattian ja seinän heijastuskertoimet p [%], pintojen valaistusvoimakkuuksien keskiarvot E_m [lx], -minimi- ja -maksimi- arvot E_{min} [lx] ja E_{max} [lx].

Taulukko 2. Valaistusvoimakkuus, kun rakennus on uusi

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]
Käyttötaso	/	288	82	616
Lattia	15	271	93	451
Seinät (13)	40	106	30	269

Taulukosta 2 nähdään, että keskimääräinen valonmäärä eläintilassa on 288 luxia 0,8 metrin korkeudella lattiasta. Tämä täyttää reilusti edellä mainitut valaistusvaatimukset eläintilassa. Eläintilassa valaisimet kuitenkin likantuvat ajansaatossa merkittävästi ja näin ollen menettävät valaisutehostaan merkittävän osan. Myös tilan muut pinnat tulevat ajansaatossa entistä likaisemmiksi ja näin ollen pintojen heijastussuhde pienenee. Määritetään seuraavaksi eläintilan valonmäärä tilanteessa, jossa valaisimet ovat menettäneet valaistustehoistaan noin puolet ja pinnat ovat likaantuneet. Valaistusvoimakkuus kyseisessä tilanteessa kuvassa 10.



Kuva 10. Valaistusvoimakkuus, kun valaisimet ja pinnat ovat likaantuneet

Kuvasta 10 nähdään, että eläintilassa on vähintään 150 luxia lähes koko tilassa. Taulukkoon 3 on koottu käyttötason, lattian ja seinän heijastuskertoimet p [%] pintojen valaistusvoimakkuuksien keskiarvot E_m [lx], minimiarvot E_{min} [lx] ja maksimi- arvot E_{max} [lx].

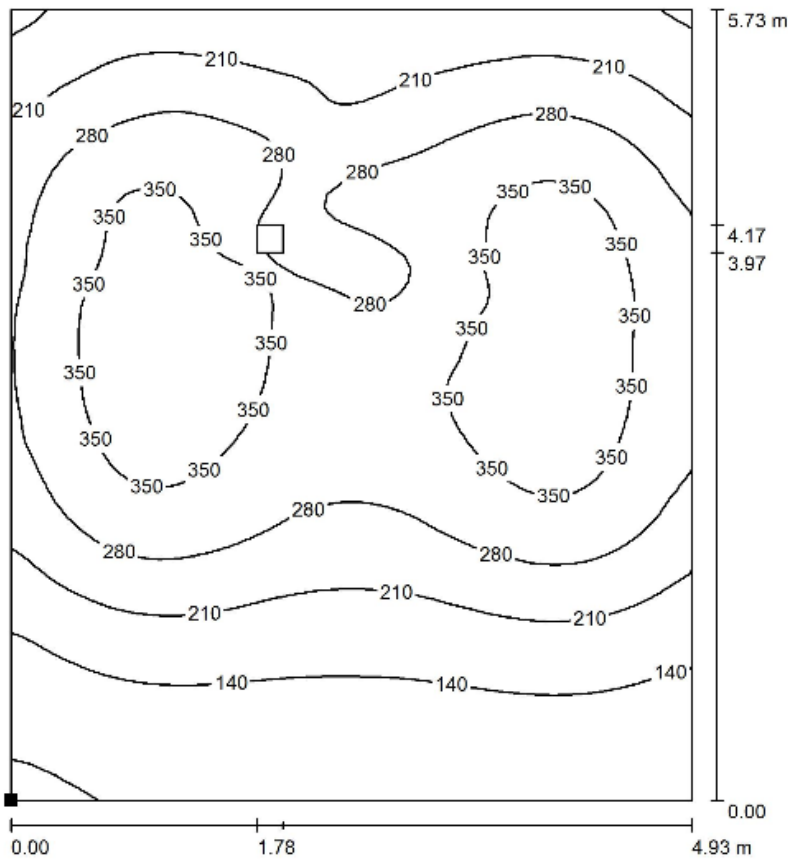
Taulukko 3. Valaistusvoimakkuus, kun valaisimet ovat likaiset

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]
Käyttötaso	/	172	37	378
Lattia	5	160	43	275
Seinät (13)	20	55	7.91	156

Taulukosta 3 nähdään, että keskimääräinen valonmäärä on 172 luxia, kun valaisimet ja pinnat ovat likaantuneet. Kyseinen 172 luxia on yli edellä päätetyn 150 luxia. Voidaan todeta, että 16 valaisinta kahteen riviin asennettuna antaa riittävästi valoa vielä valaisimen käyttöään loppupuolella ja valaisimet kahteen riviin asennettuna on taloudellisesta näkökulmasta katsottuna järkevä tapa toteuttaa valaistus.

3.3.3 Lypsyaseman valaistus

Kohdassa 3.8.1 määriteltiin, että lypsyaseman valaistusvoimakkuus lehmän utarekorkeudella täytyy olla vähintään 250 luxia. Tämän perusteella valitaan lypsyaseman ympärille erilliset valaisimet, jotka huolehtivat siitä, että lypsyasemalla on riittävästi valoa vuorokauden ympäri. Valaisimiksi valitaan Ledistyksen MDL401 valaisimet, joita asennetaan lypsyaseman ympärille neljä kappaletta, liitteessä 3 näkyy valaisimien sijoitus. Lypsyaseman valonjakokäyrä on kuvassa 11.

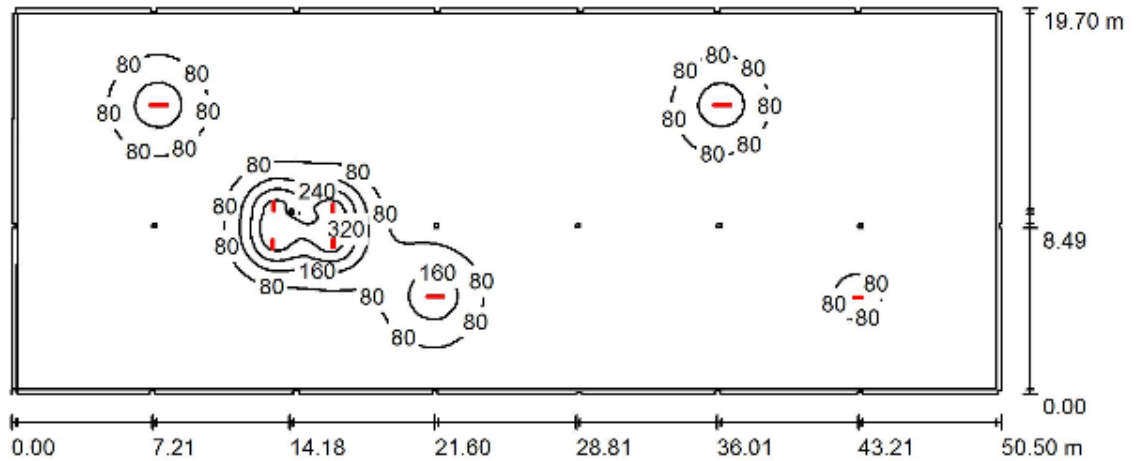


Kuva 11. Lypsyaseman valonjakokäyrä

Kuvasta 11 nähdään, että lypsyasemalla on riittävästi valoa silloinkin, kun eläintilan yleisvalaistus ei ole päällä.

3.3.4 Yö-valaistus

Yö-valaistuksen tarkoituksena on taata naudalle riittävästi pimeyttä, sillä niin kuin aiemmin mainittiin, pimeäjakso on tärkeä tekijä lehmän hyvinvoinnin kannalta. Kohdassa 3.8.1 määriteltiin, että hämäräaika suunnitellaan olevan 8 tuntia. Yö-valaisimiksi valitaan Ledistys Oy:n MDL 801 valaisimet, joita asennetaan tasaisin välein neljä kappaletta. Yö-valaistuksen valonjakokäyrä on kuvassa 12.



Kuva 12.

3.3.5 Muu valaistus

Toimiston, sosiaalitilojen ja teknistentilojen valaistukseen käytetään myös LED-valaisimia. LED-valaistukseen käytetään Onnlinen UNILED sarjan valaisimia. Valaistusvoimakkuudet suunnitellaan eri tiloihin valaistusstandardin SFS-EN 12464-1 mukaan. Standardin mukaiset valaistuksien voimakkuudet tiloissa WC, kytkentähuone ja toimisto ovat taulukossa 4.

Taulukko 4. Valaistusvoimakkuudet eri tiloissa (SFS-EN 12464-1, 2011)

Viitenro.	Tila, tehtävä tai toiminta	\bar{E}_m lx	UGR_L	U_o	R_a	Erityisvaatimukset
5.2.4	Vaatehuoneet, pesutilat, kylpyhuoneet, WC	200	25	0,40	80	Jokaisessa erillisessä WC:ssä, jos ne ovat täysin suljettuja.
5.3.1	Talotekniset tilat, kytkentälaitetilat	200	25	0,40	60	
5.26.1	Arkistointi, kopiointi, jne.	300	19	0,40	80	

3.3.6 Ulkovalaistus

Ulkovalaistuksen tarkoitus on valaista navettarakennuksen sisäänkäyntiä ja päätyjen piha-alueita. Sisäänkäynnin valaistukseen käytetään esteettisesti sieviä Onnlinen JUSTUS valaisimia. Navettarakennuksen päätyjen piha-alueen valaistukseen käytetään Onnlinen 400 W valonheittäjiä, joilla mahdollistetaan työskentely alueilla myös pimeällä. Navettarakennuksen kuistille asennetaan Onnlinen SONO valaisin valaisemaan sisäänkäyntiä. Tarkemmat tiedot valaisimista nähtävissä liitteessä 2.

3.3.7 Valaistuksen ohjaus

Valaistuksenohjausta varten suunnitellaan valaistukselle ohjauskeskus, josta valaistusta on helppo ohjata. Valaistuksen ohjauskeskukseen sijoitetaan kytkimet, joissa on kolme asentoa: käsikäyttö, nolla ja automaattiohjaus. Keskukseen tuodaan pääkeskukselta MMO 19x1,5 kaapeli, jota pitkin valaistusryhmien jännitetiedot tuodaan. Valaistuksenohjauskaavio on nähtävissä liitteessä 7.

Pääkeskukselle tuodaan valaistusryhmiltä syötöt ja ne suojataan vikavirtasuojakytkimellä ja johdonsuojakatkaisijalla. Valaistuksen ohjausta varten sijoitetaan pääkeskukseen ohjaussulake minkä taakse kytketään liiketunnistin, hämäräkytkin, kello, valaistuskeskukseen kytkimet ja valaistusryhmien releet.

Eläintilan yleisvalaistuksen ohjaus toteutetaan siten, että eläimille taataan riittävän pitkä valoisa- ja pimeäjakso. Valoisajakso määritellään olevan kello 6.00 – 22.00. Ohjaus toteutetaan kellon ja hämäräkytkimen avulla. Kello huolehtii siitä, etteivät valot pala öisin kello 22.00 – 6.00 välillä. Hämäräkytkin taas huolehtii siitä, etteivät valot pala turhaan, kun luonnonvaloa on riittävästi tarjolla. Itä-päädyssä olevan valonheittimen ohjaus toteutetaan samalla tavalla kuin kyseinen eläintilan yleisvalaistuksen ohjaus.

Eläintilan yö-valojen ohjaus toteutetaan siten, että yö-valot syttyvät silloin kun eläintilan yleisvalaistus sammuu, jos on riittävän hämärää. Tämä toteutetaan avautuvan kosketinmen ja hämäräkytkimen avulla. Kosketin huolehtii, että yö-valot syttyvät, kun yleisvalaistus sammuu.

Ulkovalaistuksen ohjaus toteutetaan siten, että valot palavat, kun on riittävän hämärää esimerkiksi kello 6.00 - 24.00 välillä. Ulkovalaistukselle on varattu kellossa oma piiri ja kellonajat voidaan valita asiakkaan haluamalla tavalla. Ulkovalaistuksen ohjauksessa käytetään myös lähestymiskytkintä, joka sytyttää valot kellostä riippumatta, aina kun on hämärää. Sisäänkäynnin yö-valon ohjaus sekä lypsyaseman valaistus toteutetaan siten, että valot palavat aina kun on hämärää.

3.4 Pistorasiat ja voimarasiat

Pistorasioiden valinnassa otetaan huomioon kohdassa 2.6, 2.6.1 ja 2.11 esitetyt SFS-standardin vaatimukset. Pistorasioiksi valitaan kansallisten standardien mukaiset ja IP44 luokan vaatimukset täyttävät pistorasiat, jotka asennetaan eläinten ulottumattomiin. Pistorasioiden sijoittelu nähtävissä liitteessä 3.

Pistorasiat sijoitetaan eläintilaan siten, että kolmivaihe- tai yksivaihevirtaa tarvitsevien laitteiden käyttö missä tahansa tilan kohdassa on mahdollista ilman pitkiä jatkojohtoja. Eläintilan etelä- ja pohjoissivulle asennetaan yhteensä kuusi 16 ampeerin kolmivaiheista pistorasiaa. Pistorasioiksi valitaan yhdistelmäpistorasiat, joissa on kolmivaihepistorasian lisäksi yksi yksivaiheinen pistorasia. Yhdistelmä pistorasioiden käyttö on tässä tapauksessa järkevää, koska näin säästetään materiaalikustannuksissa ja työkustannuksissa, koska pistorasioiden kiinnittäminen betonitäytteeseen metallitolppaan on työlästä.

Länsi- ja itäpäätyihin asennetaan kolmivaihepistorasiat, sekä yksivaiheiset pistorasiat. Tässä tilanteessa käytetään erillisiä pistorasioita. Länsipäädyn yksivaihepistorasiasta otetaan virta ”Puuha-Peten” eli lantarobotin latauspisteeseen muut pistorasiat ovat yleiskäyttöä varten.

Länsipäätyyn viljasiilon läheisyyteen asennetaan 32 ampeerin pistorasia elevaattoria ja myllyä varten. Laitetoimittajalta saamien tietojen mukaan elevaattori ja mylly tarvitsee 25 ampeerin etusulakkeen ja 32 ampeerin voimapistorasian. Laitteita ei käytetä yhtä aikaa, joten yksi 32 ampeerin pistorasia riittää. Viljasiilonläheisyyteen asennetaan myös 16 ampeerin pistorasia siirtoruuvia varten, laitetoimittajan antamien tietojen mukaisesti.

Tilatankille asennetaan 32 ampeerin kolmivaihepistorasia tilatankin lämmitysvastuksia varten, joiden teho on 12 kW, sekä 16 ampeerin kolmivaihepistorasia tilatankin kylmäkonetta varten.

Laitetoimittajan antamien tietojen mukaan lypsyrobotille tarvitaan 16 ampeerin kolmivaihepistorasia. Kolmivaihepistorasia sijoitetaan laitehuoneeseen, josta laitetoimittaja hoitaa syötön lypsyrobotille. Laitehuoneeseen asennetaan myös yksi 16 ampeerin kolmivaihepistorasia sekä yksivaiheinen pistorasia muuta käyttöä varten.

Sähköpääkeskushuoneeseen asennetaan kaksi 16 ampeerin pistorasiaa, joista toinen on kompressoria ja toinen muuta käyttöä varten. Sähköpääkeskustilaan tulee myös kaksi yksivaiheinen pistorasia muuta käyttöä varten. Muihin tiloihin pistorasiat asennetaan käytön tarpeen mukaisesti.

3.5 Suojalaitteet ja kaapelivalinta

Suojalaitteiden valinnassa otetaan huomioon kohdissa 2.4 ja 2.5 esitetyt SFS-standardin vaatimukset. Kaikki pistorasiat suojataan 30 milliampeerin vikavirtasuojakytkimillä ja muut ryhmät suojataan 300 milliampeerin vikavirtasuojakytkimillä. Keskuksien keskuskaaviot ovat nähtävissä liitteissä 4, 5 ja 6.

Laitetoimittajilta saatavien ohjeiden mukaan valitaan laitteille sopivat etusulakkeet ja voimarasiat. Esimerkiksi tilatankin etusulakkeiksi valitaan C-tyypin 20 ampeerin johdonsuojakatkaisijat. Kyseiselle johdonsuojakatkaisijalle sopiva kaapeli on MMJ 5x6 S.

Kaikki alle 32 ampeerin pistorasiat suojataan C-tyypin ja 16 ampeerin johdonsuojakatkaisijoilla. Kaapeleina käytetään MMJ 3x2,5 S ja 5x2,5 S kaapeleita.

Valaistusryhmissä käytetään B -tyypin 10 ampeerin johdonsuojakatkaisijoita. Kaapeleina valaistusryhmissä käytetään MMJ 3x1,5 s kaapelia, lukuun ottamatta eläintilan valaistusryhmiä 49-51. Näissä tilanteissa käytetään 5x2,5 neliöistä kaapelia jännitteenalennaman takia, katso liite 5. Eläintilan valaistuksen ryhmitys toteutetaan liitteen 3 mukaisesti siten, että yhden ryhmän sammussa valoa jäisi mahdollisimman tasaisesti eläintilaan, ryhmittely nähtävissä liitteessä 4. Kaapelista kaksi vaihetta syöttää eläintilan yleisvalaistusta ja kolmas vaihe syöttää yö-valaistusta.

Vikavirtasuojakytkimet jaotellaan siten, että ATK- pistorasiat, lypsyrobotin syöttö, kompressori, tilasäiliön pistorasiat ja RK-02 ryhmäkeskuksen syöttö ovat omien vikavirtasuojakytkimien takana. Tämä tehdään siksi, etteivät tärkeät laitteet ole riippuvaisia muiden laitteiden toimivuudesta. Muuten yhden vikavirtasuojakytkimen taakse asennetaan noin 6 ryhmää. Jokaiselle laitteelle ei kannata asentaa vikavirtasuojakytkintä taloudellisista syistä. Vikavirtasuojakytkimien ryhmitys nähtävissä liitteissä 5 ja 6.

Vikavirtasuojakytkinten hälytyskäriin asennetaan punainen merkkilappu. Merkkilappu sijoitetaan siten, että valo näkyy asuinrakennukselle hyvin. Molemmilta ryhmäkeskukset tuodaan oma merkkilappu ulos. Merkkilamput asennetaan vierekkäin ja merkitään siten, että merkkilampun palaessa on helppo havaita se, kumman ryhmäkeskuksen vikavirtasuojakytkin on lauennut. Merkkilamppujen sijainti on nähtävissä liitteessä 3.

3.6 Potentiaalintasaus

Eläin suojille on asetettu lisävaatimuksia suojausmenetelmiin, koska eläimet ovat paljon alttiimpia sähköiskuille kuin ihmiset. Tärkeimpänä suojausmenetelmänä voidaan pitää standardissa SFS 6000 edellyttämää lisäpotentiaalintasausausta. Lisäpotentiaalintasaus estää vikatapauksessa vaarallisten jännitteiden syntymisen osissa joita eläimet voivat koskettaa. Lisäksi normaalitilanteessa lisäpotentiaalintasaus estää vuotovirtojen aiheuttamia potentiaalieroja, jotka voivat vaikuttaa eläinten käyttäytymiseen ja tuotantokykyyn. (DI 2012, 366)

Lisäpotentiaalintasaus toteutetaan kohdassa 2.4.2 ja 2.10 esitettyjen SFS-standardin vaatimusten mukaisesti. Lisäpotentiaalintasaus toteutetaan siten, että siihen yhdistetään kaikki eläinten kosketeltavissa olevat jännitteelle alttiit osat ja muut johtavat osat kuten parsirakenteet, juomakupit putkistoineen, siilot, lypsyaseman johtavat osat, lantaritiloiden kehykset jne., luotettavasti toisiinsa ja potentiaalitasauskiskoon, josta edelleen keskuksen suojakiskoon. Kosketeltavien johtavien osien lisäksi liitetään potentiaalitasaukseen lattian betoniraidoitus ja maadoituselektrodi. Tilan maadoituspisteet ja maadoituskaavio ovat nähtävissä liitteistä 9 ja 10.

3.7 Varavoima

Varavoima toteutetaan kohdassa 2.12 esitettyjen SFS-standardin vaatimusten mukaisesti. Suuritiheysisessä karjankasvatuksessa karjan elämää ylläpitäviä järjestelmien turvaaminen sähkökatkoksilta toteutetaan Agco Power AG 110 diesel generaattorilla, jonka teho on 110 kilovolttiampeeria. Generaattori syöttää pääkeskusta ja toimiessaan pystyy tuottamaan tehon koko liittymälle. Valintaperusteina on, että generaattori pystyy tuottamaan tehoa kaikille tärkeille laitteille ja, että oikosulkuvirrat ovat yli vaadittujen arvojen ja näin

sähkölaitteiden käyttö generaattorin toimiessa on turvallista. Generaattorin sijainti liitteessä 8.

Verkkovian tapahtuessa automaattisella käyttötavalla varavoimalaitos käynnistyy noin 10 sekunnin kuluessa. Tietokoneet ja muut ohjausjärjestelmän laitteet saavat katkoksen aikana käyttöjännitteensä UPS laitteista.

3.8 Kameravalvontajärjestelmä

Kameravalvonnan tavoitteena on helpottaa karjan valvontaa ja vähentää turhia käyntejä navettarakennuksissa. Kameravalvonta toteutetaan siten, että navettarakennuksen eri osia pystytään valvomaan päärakennukselta käsin. Kameravalvontaa pystytään myös katsomaan etänä internetin välityksellä.

Kameravalvontajärjestelmä toteutetaan yhdeksällä Dahua Oy:n IP-valvontakameralla. Uuden navettarakennuksen sisälle asennetaan neljä kameraa, jotka kuvaavat yleiskuvaa, poikimakarsinaa ja lypsyasemaa. Ulos asennetaan kaksi kameraa kuvaamaan sisäänkäyntiä. Vanhalle navetalle asennetaan kolme kameraa. Kameravalvonnan tallennin sijoitetaan päärakennukseen, jonne asennetaan myös näyttö. Tallentimen ja vanhan navetan välinen yhteys toteutetaan CAT6 kaapelilla. Uudelle navetalle yhteys tuodaan valokaapelia pitkin. Kameravalvontajärjestelmä nähtävissä liitteessä 12.

3.9 Palovaroitinjärjestelmä

Vanhassa navetassa oleva Elotec Oy:n palovaroitinjärjestelmä laajennetaan uudelle navetalle. Vanhan navetan paloilmaisinkeskukselta tuodaan VMOHBU 5x2x0,5+0,5 kaapeli uuden navetan ATK-kaappiin, kaapelilla saadaan yhdistettyä uuden navetan palovaroitinjärjestelmä vanhan navetan paloilmaisinkeskukseen. ATK-kaapista viedään KLM 4x0,8 kaapeli eläintilaan asennettavaan näyttöottoilmaisimeen. Eläintilaan asennetaan kolme näyttöottoputkea, joista kaksi kiinnitetään valaisinripustuskiskon kylkeen ja yksi valaisinripustuskiskojen väliin vaijeriripustusmenetelmällä. Maitohuoneen ja laitehuoneen ullakkotilaan asennetaan myös näyttöottoputki. Näyttöottoputket tuodaan kondenssivesipulloihin, josta edelleen näyttöottoilmaisimeen. Muihin tiloihin asennetaan

lämpöilmaisimet ja ulos asennetaan sireeni. Lämpöilmaisimet kaapeloidaan KLM 4x0,8 kaapelilla ja kytketään näytteenottoilmaisimelle. Palovaroitinjärjestelmä on nähtävissä liitteessä 11.

3.10 Pääsulakkeen mitoitus

Nykyisessä pääkeskuksessa pääsulakkeina ovat 35 ampeerin gG- kahvasulakkeet, joiden takana on omakotitalo ja nykyinen navetta rakennus. Sulakkeet toimivat ylikuormitus- ja oikosulkusuojana. Tarkastellaan seuraavaksi, minkä kokoiset sulakkeet uudelle navetalle tarvitaan ja tarvitseeko pääsulakkeen kokoa kasvattaa. Pääkeskuksen keskuskaavio nähtävissä liitteessä 4. Lasketaan ensin kohteiden sähköiset tehot.

3.10.1 Omakotitalon sähköteho

Omakotitalon sähköteho lasketaan ST-kortissa 13.31 määritetyllä kavalla (1), kun talon pinta-ala on 120 neliometriä ja asunnossa on kiuas, muttei sähkölämmitystä. Vaikka omakotitalossa ei ole sähkökiuasta kannattaa teho laskea sen mukaisesti tulevaisuuden varalta.

$$P_{omakotitalo} = 7,5 + 26 \cdot A_{lämmitys}/1000 \quad (1)$$

$$= 7,5 + \frac{26 \cdot 120 \text{ m}^2}{1000} = 10,62 \text{ kW}$$

Jossa

$P_{omakotitalo}$ on omakotitalon huipputeho

26 on kerroin, joka riippuu lämmitystavasta

$A_{lämmitys}$ on lämmitetty pinta-ala (ST 13.31, 12)

3.10.2 Uuden navetan sähköteho

Uuden navettarakennuksen mitoittava sähköteho lasketaan valittujen laitteiden perusteella, ST-kortista 13.31 löytyvän kaavan (2) avulla. (ST 13.31, 15)

$$P_{uusinavetta} = 1,3 \cdot (P_{LVIA} + P_{valaistus} + P_{laitteet} + P_{SLK} + P_{muu}) \quad (2)$$

Jossa

$P_{uusinavetta}$ on mitoittava sähköteho

P_{LVIA} on yhteenlaskettu sähköteho LVIA laitteissa

$P_{valaistus}$ on valaistuksen teho

$P_{laitteet}$ on laitteiden yhteenlaskettu teho

P_{SLK} on sähkölämmityksen yhteenlaskettu teho

P_{muu} on muu kuormitus

1,3 on kerroin, jolla varaudutaan tulevaisuuden järjestelmänlisäyksiin ja muun sähkötehon tarpeen 30 % nousuun

Määritetään ensin laitteiden kuluttama teho käyttämällä kaavaa (3). Laskennassa käytetään sisäistä tasauskerrointa k_1 , joka kertoo, kuinka paljon laitteista on enimmillään käytössä samanaikaisesti. Laitteiden tehot saadaan laitevalmistajilta saaduista laiteluette-loista.

$$P_{laitteet} = k_1 \cdot (P_{lypsyrobotti} + P_{kompessorori} + P_{tilasäiliö} + P_{ATK} + P_{viilennyspuhaltimet} + P_{lietepumppu} + P_{lietepuhallin} + P_{elevaattori} + P_{karjaraharja}) \quad (3)$$

$$= 0,25 \cdot (7 \text{ kW} + 1,5 \text{ kW} + 2,2 \text{ kW} + 0,75 \text{ kW} + 3 \text{ kW} + 3 \text{ kW} + 1,1 \text{ kW} + 0,22 \text{ kW} + 7,46 \text{ kW} + 11 \text{ kW} + 4 \text{ kW}) = 10,25 \text{ kW}$$

Määritetään seuraavaksi valaistuksen teho käyttämällä kaavaa (4). Laskennassa käytetään sisäistä tasauskerrointa k_2 , joka kertoo, kuinka suuri osa valaistuksesta on enimmillään käytössä samanaikaisesti.

$$P_{valaistus} = k_2 \cdot P_{valaistus} \quad (4)$$

$$P_{\text{valaistus}} = 0,6 \cdot 4,8 \text{ kW} = 2,9 \text{ kW}$$

Lasketaan sitten uuden navetan kokonaisteho käyttämällä kaavaa (5), kun

$$P_{LVIA} = 0$$

$$P_{SLK} = 0,8 \text{ kW}$$

$$P_{\text{muu}} = 0$$

$$P_{\text{uusinavetta}} = 1,3 \cdot (0 + 2,4 \text{ kW} + 8,4 \text{ kW} + 0,8 + 0 \text{ kW}) = 18,13 \text{ kW} \quad (5)$$

3.10.3 Liittymän kokonaisteho

Liittymän kokonaisteho lasketaan kaavan (6) avulla. Vanhan navetan tehotarpeeksi arvioidaan jäävän 2 kilowattia.

$$P_{\text{kok}} = P_{\text{uusinavetta}} + P_{\text{omakotitalo}} + P_{\text{vanhanavetta}} \quad (6)$$

$$= 10,6 \text{ kW} + 18,13 \text{ kW} + 2 \text{ kW} = 30,75 \text{ kW}$$

3.10.4 Pääsulakkeen valinta

Lasketaan liittymän kuormitusvirta kaavalla (7), käytetään laskennassa kohdassa 3.11.3 laskettua kokonaistehoa. Laskennassa tehokerroin $\cos\alpha$ on 0,9.

$$I_{n1} = \frac{P_{\text{kok}}}{3 \cdot U_v \cdot \cos\alpha} = \frac{30\,754 \text{ W}}{3 \cdot 230 \text{ V} \cdot 0,9} = 49,3 \text{ A} \quad (7)$$

Laskennan perusteella vaihdetaan pääsulakkeiksi 50 ampeerin gG -kahvasulakkeet 35 ampeerin kahvasulakkeiden tilalle. GG sulakkeet ovat yleiskäyttöön tarkoitettuja sulakkeita, jonka katkaisukyky käsittää koko virta-alueen. (SFS-EN 60269-1, 24).

3.10.5 Ylikuormitussuojan valinta RK-01 nousukaapelille

Lasketaan uuden navetan kuormitusvirta kohdassa 3.11.2 lasketun tehon perusteella käyttämällä kaavaa (7).

$$I_{n2} = \frac{P_{kok}}{3 \cdot U_v \cdot \cos\alpha} = \frac{18,13 \text{ kW}}{3 \cdot 230 \text{ V} \cdot 0,85} = 30,8 \text{ A} \quad (7)$$

Kuormitusvirran avulla valitaan uuden navetan johdonsuojakatkaisijoiksi C-luokan 40 ampeerin johdonsuojakatkaisijat. Johdonsuojakatkaisijoiksi riittäisi 32 ampeerin johdonsuojakatkaisijat, mutta 40 ampeerin johdonsuojakatkaisijoihin päädytään selektiivisyys-ehdojen vuoksi. Valintaperusteista tarkemmin seuraavassa kohdassa 3.10.6.

3.10.6 Ylikuormitussuojan valinta RK-02 nousukaapelille

Ryhmäkeskuksen RK-02 nousukaapelin johdonsuojakatkaisijan valinta perustuu selektiivisyys-ehdojen toteutumiseen. Ryhmäkeskus RK-02 syöttää 4 kilowatin elevaattoria, jonka laitetiedoissa on määrätty laitteelle C-tyypin 3x25 ampeerin johdonsuojakatkaisija. Selektiivisyys ehtojen täyttämiseksi valitaan ryhmäkeskuksen RK-02 johdonsuojakatkaisijaksi pykälää isompi C-tyypin 3x32 ampeerin johdonsuojakatkaisija.

Valittu johdonsuojakatkaisija riittää hyvin myös muun kuorman kannalta, sillä 3x32 ampeerin johdonsuojakatkaisijaa voidaan kuormittaa noin 22 kW teholla, joka riittää RK-02 ryhmäkeskukselle hyvin. Huipputeho RK-02 ryhmäkeskukselle on noin 6 kilowattia, joten laajenemisvaraa jää hyvin. Koska RK-02 ryhmäkeskuksen nousukaapeli suojataan 3x32 ampeerin johdonsuojakatkaisijoilla, valitaan tästä syystä RK-01 nousukaapelin johdonsuojakatkaisijoiksi 3x40 ampeerin johdonsuojakatkaisija 3x32 ampeerin johdonsuojakatkaisimen sijaan. Näiden valintojen perusteella selektiivisyys toteutuu.

3.11 Kaapeleiden valinta PK-RK01

Kun ylikuormitussuojana käytetään johdonsuojakatkaisijoita, voidaan kaapeli valita suoraan ylikuormitussuojan perusteella. Taulukosta 5 nähdään, että 32 ampeerin kuormitusvirralla, asennustavalla D (maa-asennus), voidaan käyttää minimissään kuparista kaapelia

jonka poikkipinta on 4 mm^2 tai alumiinikaapelia jonka poikkipinta-ala on 16 mm^2 . Todellisuudessa kaapelit tulevat olemaan huomattavasti paksumpia, oikosulkuvirtojen ja jännitteenalenemien takia. Tarkastellaan seuraavaksi syötön automaattista poiskytkentää.

Taulukko 5. Kaapelien kuormitettavuudet eri asennustavoilla

Nimellinen johtimen poikkipinta mm^2	Taulukon B.52.1 mukainen referenssiasennustapa			
	A	B	C	D
1	2	3	4	5
Kupari				
1,5	17	20	23	26
2,5	23	27	31	35
4	31	36	42	46
6	39	45	52	57
Alumiini				
16	57	66	79	78
25	73	87	94	100
35	90	107	116	125
50	108	129	141	150
70	136	162	181	185
95	163	195	219	220
120	187	224	255	255
150	214	–	294	280
185	242	–	336	330
240	283	–	397	375
300	325	–	458	430

3.11.1 Automaattinen poiskytkentä

Automaattisen poiskytkennän ehtojen toteutumiseksi täytyy määrittää pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta. Oikosulkuvirran avulla nähdään ylittääkö oikosulkutilanteessa syntävä virta johdonsuojakatkaisijoiden vaatimat pienimmät toimintarajavirrat. Kohdassa 3.11 valittujen johdonsuojakatkaisijoiden toimintarajavirrat on nähtävissä taulukosta 6. Valittujen sulakkeiden toimintarajavirrat on merkitty taulukkoon punaisella.

Taulukko 6. Johdonsuojien vaatimat oikosulkuvirrat vikasuojaukseen ja oikosulkusuojaukseen. (D1-2012)

Pienimmät oikosulkuvirrat, jolla erilaiset suojalaitteet toimivat 0,2, 0,4 tai 5,0 sekunnissa					
Suojalaitteen nimellisvirta A	Pienin sallittu yksivaiheinen oikosulkuvirta A				
	Johdonsuojakatkaisijat				
	B-tyyppi 0,2, 0,4 s ja 5,0 s	C-tyyppi 0,2 ja 0,4 s	C-tyyppi 5,0 s	D-tyyppi 0,2 ja 0,4 s	D-tyyppi 5,0 s
	Lask.arvo / mitattu arvo	Lask.arvo / mitattu arvo	Lask.arvo/ mitattu arvo	Lask.arvo / mitattu arvo	Lask.arvo / mitattu arvo
6	30 / 38	60 / 75	42 / 55	120 / 150	42 / 55
10	50 / 65	100 / 125	70 / 90	200 / 250	70 / 90
16	80 / 100	160 / 200	112 / 140	320 / 400	112 / 140
20	100 / 125	200 / 250	140 / 180	400 / 500	140 / 180
25	125 / 160	250 / 320	175 / 220	500 / 630	175 / 220
32	160 / 200	320 / 400	225 / 280	640 / 800	225 / 280
40	200 / 250	400 / 500	280 / 350	800 / 1000	280 / 350
50	250 / 320	500 / 630	350 / 440	1000 / 1250	350 / 440
63	315 / 400	630 / 790	440 / 550	1260 / 1600	440 / 550
80	400 / 500	800 / 1000	560 / 700	1600 / 2000	560 / 700
125	625 / 780	1250 / 1570	875 / 1100	2500 / 3130	875 / 1100

Pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta saadaan laskettua kaavalla SFS-6000 standardin mukaisesti kaavalla 9.

$$I_k = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z} \quad (9)$$

Jossa

I_k on pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta (A)

c on kerroin 0,95, joka ottaa huomioon jännitteenaleneman liittimissä, johdoissa, sulakkeissa, kytkimissä jne.

U on pääjännite

Z on virtapiirin kokonaisimpedanssi (D1-2012, 95).

Lasketaan ensin impedanssi pääkeskukselle soveltamalla kaavaa (9). Laskennassa käytetään verkkoyhtiöltä saatua pääkeskuksen oikosulkuvirtaa.

$$Z_1 = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot I_k} = \frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 471 \text{ A}} = 0,465 \ \Omega \quad (9)$$

Lasketaan impedanssin kanssa yhteen kaapelien impedanssit kaukaisimmalle pistorasialle saakka kaavalla (10). Kaapelit valitaan siten, että oikosulkuvirta ylittää valittujen johdonsuojakatkaisijoiden pienimmät sallitut rajavirrat. Impedanssit lasketaan aritmeettisesti

yhteen, tämä tarkoittaa sitä, että virtojen vaihekulmia ei oteta laskennassa huomioon. Kun impedanssit lasketaan aritmeettisesti yhteen, on lasketut oikosulkuvirtojen arvot todellisuutta pienempiä.

Pistorasia sijaitsee 35 metrin päässä ryhmäkeskuksesta RK-02 ja sen ylivirta- ja oikosulkusuojauksena on 16 ampeerin ja C-tyypin johdonsuojakatkaisija. Kaapeleiden pituudet ovat nähtävissä liitteessä 8.

$$Z = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 \quad (10)$$

$$Z = 0,465 \, \Omega + 2 \cdot 0,115 \, km \cdot 0,406 \frac{\Omega}{km} + 2 \cdot 0,07 \, km \cdot 1,089 \frac{\Omega}{km} + 2 \cdot 0,035 \, km \cdot 8,77 \frac{\Omega}{km} = 1,324 \, \Omega$$

Jossa

Z_1 on impedanssi pääkeskukselle

Z_2 on kaapelin impedanssi kaapelilla välillä PK-RK01

Z_3 on kaapelin impedanssi välillä RK01-RK-2

Z_4 on kaapelin impedanssi välillä RK02-pistorasia

Impedanssin avulla voidaan laskea yksivaiheinen oikosulkuvirta kauimmaisella pistorasialla kaavalla 9.

$$I_k = \frac{0,95 \cdot 400 \, V}{\sqrt{3} \cdot 1,324 \, \Omega} = 165,5 \, A \quad (9)$$

Oikosulkuvirta kauimmalle pistorasialle on 165,6 ampeeria, tämä ylittää C-tyypin 16 ampeerin johdonsuojakatkaisijan vaatiman 160 ampeerin toimintarajavirran. Taulukkoon 8 on koottu oikosulkuvirrat ja vaaditut oikosulkuvirrat valituille johdonsuojakatkaisijoille virtapiirissä. Taulukosta nähdään, että valituilla kaapeleilla oikosulkuvirrat ovat riittävän suuria.

Taulukko 8. Oikosulkuvirrat ja rajavirrat

	Pituus (km)	Kaapeli	Ik (A)	Rajavirta (A)
RK-01	0,115	Al 95	392,3	280
RK-02	0,07	Al 35	308,3	225
PR	0,035	Cu 2,5	165,5	160

3.12 Jännitteenalenema

Lasketaan suhteellinen jännitteenalenema kauimmaiselle kolmevaiheiselle pistorasialle, kun siihen kytketään 3 kilowatin laite. Laskennassa otetaan huomioon myös muu kuormitus sillä hetkellä. Suhteellisen jännitteenaleneman kolmivaiheiselle vaihtojännitteelle voidaan laskea kaavoilla (11) ja (12). Yksivaiheisella vaihtojännitteellä käytetään kaavalla (13).

$$\Delta U = I \cdot l \cdot \sqrt{3} \cdot (r \cdot \cos\varphi \pm x \cdot \sin\varphi) \quad (11)$$

$$\Delta u = \frac{\Delta U}{U_n} \cdot 100 \% \quad (12)$$

$$\Delta U = I \cdot l \cdot 2 \cdot (r \cdot \cos\varphi \pm x \cdot \sin\varphi) \quad (13)$$

Jossa

ΔU on jännitteenalenema

I on kuormitusvirta (A)

l on johdon pituus (km)

r on ominaisresistanssi ($\frac{\Omega}{km}$)

x on ominaisreaktanssi ($\frac{\Omega}{km}$)

φ on jännitteen ja virran välinen vaihekulma (D1-2012, 234)

Lasketaan pääkeskuksen PK ja ryhmäkeskuksen RK-01 välisen kaapelin suhteellinen jännitteenalenema. Laskennassa käytetään kohdassa 3.12 laskettua kuormitusvirtaa. Laskennassa käytetään kaavoja (11) ja (12).

$$\Delta U = 30,8 \text{ A} \cdot 0,115 \text{ km} \cdot \sqrt{3} \cdot \left(0,398 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 0,9 + 0,082 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 0,435 \right) = 2,4 \text{ V} \quad (11)$$

$$\Delta u = \frac{\Delta U}{U_n} \cdot 100 \% = \frac{2,4 \text{ V}}{400 \text{ V}} \cdot 100 \% = 0,6 \% \quad (12)$$

Kaapelissa AMCMK 4x95/29 tapahtuva jännitteenalenema kuormituksen ollessa maksimiarvossaan on 0,6 %, kun tähän jännitteenalenemaan lisätään pääkeskuksella oleva jännitteenalenema, saadaan ryhmäkeskuksen RK-01 jännitteenalenema. Samalla laskentata-valla lasketaan muidenkin kaapeleiden jännitteenalenemat. Virtapiirin pisteestä seuraavana olevan kaapelin aiheuttama jännitteenalenema lisätään aina edeltävään jännitteenalenemaan. Lasketut jännitteenalenemat eri kohdissa virtapiiriä taulukossa 9, kun pääkeskuksella oleva jännitteenalenema on 2,0 %.

Taulukko 9. Jännitteenalenemat

	Kaapelin kuorma (kW)	cos ϕ	Δu
RK-01	18,3	0,9	2,7 %
RK-02	5	0,9	2,9 %
PR	3	0,8	3,6 %

Jännitteenalenema kauimmaisella pistorasiassa on siis 3,7 %, kun pistorasiaan kytketään 3 kilowatin kolmivaiheinen kuormitus. Jännitteenalenemalle ei ole velvoittavia vaatimuksia, jos niin ei ole erikseen sovittu. Suositus suurimmasta jännitteen alenemasta tavallisessa sähkö- pisteessä on 5 % ja valaistuksessa 3 %. (D1-2012, 233.) Tuotantolaitoksen maksimijännitteenalenema on pienempi, kuin edellä olevat suositukset.

4 KEHITTÄMISEHDOTUKSET

4.1 Kehittämisaalueet

Tutkimalla yrityksen edellisiä vastaavia projekteja ja haastatteleamalla yrityksen toimitusjohtajaa, havaittiin suunnitteluprosessissa kolme seuraavaa kehittämisosa-aluetta:

1. Valaistuksen suunnittelu: Valaistuksen suunnittelussa yrityksellä ei ole ollut käytössä valaistuksen suunnitteluohjelmaa. Valaistuksen suunnitteluohjelman käyttöönotto toisi monipuolisuutta, helppoutta ja ammattimaisuutta valaistuksen suunnitteluun.
2. Laskennat: Kaapelivalinnan ja suojauskien kannalta olennaisten laskentojen laskeminen on ollut täysin käsin laskennan varassa. Sopivan yksinkertaisen ohjelmisto toisi kaivattua helppoutta, tarkkuutta ja nopeutta kaapelien ja suojalaitteiden valintaan.
3. Sovittujen asioiden dokumentointi: Sovituista asioiden kirjaamatta jättäminen saattoi johtaa tilanteeseen, jossa asiakkaan ja urakoitsijan välillä oli väärinymmärryksiä urakan alkaessa. Tämä saattoi johtaa taloudellisiin tappioihin.

4.2 Kehittämissuositukset

Ensimmäisen kohdan kehittämiseksi ehdotetaan, että yritys ottaa käyttöön DIAlux valaistussuunnittelu ohjelmiston. Toisen ja kolmannen kohdan kehittämiseksi ehdotetaan, että otetaan käyttöön Excel taulukko-ohjelmalla tehty ohjelmisto, jolla voidaan määrittää urakan rajat ja tehdä urakan kannalta tärkeät laskentatoimenpiteet. Esitellään seuraavaksi tätä projektia varten laadittua ohjelmaa.

4.3 Laskentaohjelma

Ohjelma koostuu neljästä välilehdestä, jonka ensimmäinen välilehti on tarkoitettu urakan rajojen luomiseen, välilehdet kuvassa 13. Urakan rajat -välilehdelle on koottuna yleiset järjestelmät ja laitteet, joita uusissa navettarakennuksissa tarvitaan. Listausta on helppo muokata ja listaan on helppo lisätä uusia järjestelmiä. Tarkoitus on, että urakan rajoja luodessa asiakkaan kanssa kaikki tarpeelliset asiat tulee huomioitua ja sovittua. Listatuille laitteille ja järjestelmille lisätään alas-vetovalikosta huomio, jossa määritetään kuuluvatko järjestelmät kyseisen urakan rajoihin vai ei. Listauksen valmistuttua se lähetetään asiakkaalle, joko sähköisenä tai tulostettuna versioina. Kuvassa 14 on urakan rajat -välilehti, jossa on osa listattavista laitteista ja järjestelmistä.



Kuva 13. Ohjelman välilehdet

Urakan rajat	huomio 1	huomio 2	Muu huomio
Valastus	Kuuluu urakkaan		Yö-valot, päivä valot
Valaisimet	Kuuluu urakkaan		LED
Valaistuksen ohjaus	Kuuluu urakkaan		Auto/nolla/käsi -käyttö
generaattori	Erillinen tarjous		
kamerat	Erillinen tarjous		6 kameraa
Lämmitys	Kuuluu urakkaan Ei kuulu urakkaan		2xkynnyslämmitys
ATK-yhteys	Erillinen tarjous		
UPS-laite	Laitetoimittaja toimittaa Asiakas hankkii		
palovarointijärjestelmä	muu huomio		

Kuva 14. Urakan rajat -välilehti

Toisella välilehdellä on laitetiedot. Laitteiden tehot ja kappalemäärät syötetään taulukkoon ja ohjelma laskee niistä kokonaistehot. Laitteet on jaoteltu neljään kategoriaan valaistukseen, laitteisiin, ilmastointiin ja lämmitykseen. Projektin laitteet on syötetty taulukko-ohjelmaan kuvassa 15.

Valaistus			Laitteet			Ilmastointi			Lämmitys		
P (W)	kpl	P (kW)	P (kW)	kpl	P (kW)	P (kW)	kpl	P (kW)	P(W)	kpl	P (kW)
184	16	2,9	7	1	7,0				395	2	0,79
64	4	0,3	1,5	1	1,5						
31	4	0,1	0,75	1	0,8						
400	2	0,8	3	1	3,0						
72	6	0,4	3	1	3,0						
43	3	0,1	1,1	1	1,1						
42	3	0,1	2,2	1	2,2						
17	2	0,0	7,46	1	7,5						
			11	1	11,0						
			4	1	4,0						

Kuva 15. Laitteiden tehot -välilehti

Samalla välilehdellä on myös liittymän ja liittymän eri kohteiden tehon laskenta. Syöttämällä käyttökertoimet eri järjestelmille saadaan lopullinen uuden tuotantolaitoksen huipputeho. Käyttökertoimet ottavat huomioon sen, miten suuri osa järjestelmän laitteita on käytössä yhtä aikaa maksimitilanteessa. Ohjelma laskee tuotantolaitokselle huipputehon kohdassa 3.13.2 esitetyn kaavan (2) mukaisesti. Laskenta ottaa huomioon 30 % tukevaisuuden tehonlisäyksen, tarvittaessa tehonlisäyskerrointa voi muuttaa. Käyttökertoimien syöttö ensimmäisiin sinisiin soluihin kuvassa 16.

Liittymään voi myös lisätä omakotitalon valitsemalla alas-vetovalikosta omakotitalon käyttötapa ja syöttämällä omakotitalon pinta-ala. Taulukko-ohjelma laskee omakotitalolle huipputehon kohdassa 3.13.2 esitetyn kaavan (1) mukaisesti. Jos omakotitaloa ei ole liittymässä valitaan alas-vetovalikosta kohta ”Ei”. Liittymään voi myös lisätä muuta kuormaa syöttämällä haluttu teho kohtaan ”muu kuorma”. Omakotitalon tehon määrittäminen kuvassa 16.

Samalla välilehdellä on myös kuormitusvirtojen laskenta. Ohjelma on laskenut edellisen välilehden tehojen perusteella kuormitusvirrat liittymälle ja liittymässä oleville kohteille. Ohjelma näyttää kuormitusvirran mukaan sopivat suojalaitteet taulukossa. Ohjelma on myös laskenut eri suojalaitteille kaapeleiden maksimi kuormitettavuudet perustuen SF-standardissa määriteltyyn kaavaan (13). Syöttämällä kaapelin asennustavasta riippuva korjauskerroin saadaan lopullinen suurin sallittu kuormitusvirta kaapelille. Kaapeleiden

sallittujen kuormitusarvojen taulukko on sijoitettu välilehdelle, mikä helpottaa kaapelinvalintaa. Kuvassa 16 on tehon ja kuormitusvirtojen määrittäminen. Vaaleansiniset solut ovat täytettäviä, tummansiniset solut alas-vetovalikoita ja keltaiset solut tuloksia.


$$I_z \geq \frac{k}{1,4} \cdot I_n \quad \text{jossa,} \quad (13)$$

1,45 on ylemmän sulamisrajavirran ja sulakkeen nimellisvirran suhde

I_n on suojalaitteen nimellisvirta

k on sulakkeen ylemmän sulamisrajavirran ja sulakkeen nimellisvirran suhde

I_z on johtimen jatkuva kuormitettavuus (D1 2012 s 133)

Tuotaantolaitos	Käyttökertoimet	Tehot (kW)		
Valaistus	0,6	2,9		
Laitteet	0,25	10,3		
Ilmastointi	0	0,0		
Lämmitys	1	0,8		
Kok	1,3	18,1		
Omakotitalo	Käyttö	Teho (kW)		
Sähkönkäyttö	Ei sähkölämmitystä, kiuas			
Ala	120	10,6		HUOM!
Liittymä	Kuorma P (kW)	Teho kok (kW)		Valitse
Muu kuorma	2	30,8		Täytä
				Tulokset
Kuormitusvirrat	cosfii	Kuormitusvirrat		
Omakotitalo	0,95	16,1		
Tuotantolaitos	0,85	30,8		
Liittymä	0,9	49,3		
Sopivat suojalaitteet kuormitusvirtojen mukaisesti				
	gG	B, C D	Tulppa	
Omakotitalo	20	20	20	
Tuotantolaitos	32	32	35	
Liittymä	50	50	50	
Kaapeleiden maksimi kuormitettavuudet eri suojalaitteilla				
	Asennustavan kerroin	gG	B, C tai D	D tulppa
Omakotitalo	1	22,1	20,0	24,1
Tuotantolaitos	1	35,3	32,0	38,6
Liittymä	1	55,2	50,0	55,2

Kuva 16. Suojalaitteen ja kaapelin valinnan kanalta olennaiset laskennat

Kolmannella välilehdellä on oikosulku-, jännitteenalenema- ja suurimman sallitun johdinpituuden laskenta. Välilehti on nähtävissä kuvassa 17. Ohjelman luomisessa on käytetty samoja kaavoja, kuin kohdassa 3.16.1 ja 3.17.

	Generaatori	Pääkeskus	Pääkeskus	HUOM!				
Käyttö:	Ik	Ik	Jännitteenalenema (%)	Valitse				
Verkko	0	0	0	Täytä				
				Tulokset				
Oikosulkulaskenta			Jännitteenalenema			Suurin sallittu johdinpituus		
G-PK								
Pituus (km)	kaapeli	Ik	Kaapelin kuorma (kW)	cos φ	Δu	Rajavirta	Pituus (m)	
PK-RK01/Laite								
Pituus (km)	kaapeli	Ik	Kaapelin kuorma (kW)	cos φ	Δu	Rajavirta	Pituus (m)	
RK01-RK02/Laite								
Pituus (km)	kaapeli	Ik	Kaapelin kuorma (kW)	cos φ	Δu	Rajavirta	Pituus (m)	
RK02-RK03/Laite								
Pituus (km)	kaapeli	Ik	Kaapelin kuorma (kW)	cos φ	Δu	Rajavirta	Pituus (m)	
RK03-Laite								
Pituus (km)	kaapeli	Ik	Kaapelin kuorma (kW)	cos φ	Δu	Rajavirta	Pituus (m)	

Kuva 17. Laskenta –välilehti

Oikosulkuvirran määrittämiseksi, esimerkiksi virtapiirin kauimmaiselle pistorasialle, valitaan ensin alas-vetovalikosta käytöksi ”Verkko” ja syötetään pääkeskuksen oikosulkuvirta. Tämän jälkeen syötetään kaapeleiden pituudet eri väleille ja valitaan kaapelit alas-vetovalikosta. Jos oikosulkuvirran arvo ei ylitä valitun sulakkeen vaatimaa raja-arvoa valitaan seuraava poikkipinta-ala kaapelille. Valitaan kaapeliksi se kaapeli, jolla oikosulkuvirta ylittää ensimmäisenä valitun sulakkeen raja-arvon. Kun taulukkoon syötetään kaapeleita suojaavien suojalaitteiden rajavirrat, nähdään suurin sallittu johdinpituus valitulle kaapelille. Kuvassa 18 on tehty edellä mainitut toimenpiteet.

	Generaatori	Pääkeskus	Pääkeskus	HUOM!			
Käyttö:	Ik	Ik	Jännitteenalenema (%)	Valitse			
Verkko		471		Täytä			
				Tulokset			
Oikosulkulaksenta			Jännitteenalenema			Suurin sallittu johdinpituus	
G-PK							
Pituus (km)	kaapeli	Ik	Kaapelin kuorma (kW)	cos ϕ	Δu	Rajavirta	Pituus (m)
PK-RK01/Laite							
Pituus (km)	kaapeli	Ik	Kaapelin kuorma (kW)	cos ϕ	Δu	Rajavirta	Pituus (m)
0,115	Al 95	392,3				280	391,3
RK01-RK02/Laite							
Pituus (km)	kaapeli	Ik	Kaapelin kuorma (kW)	cos ϕ	Δu	Rajavirta	Pituus (m)
0,07	Al 35	308,3				225	191,0
RK02-RK03/Laite							
Pituus (km)	kaapeli	Ik	Kaapelin kuorma (kW)	cos ϕ	Δu	Rajavirta	Pituus (m)
0,035	Cu 2,5	165,5				160	37,6
RK03-Laite							
Pituus (km)	kaapeli	Ik	Kaapelin kuorma (kW)	cos ϕ	Δu	Rajavirta	Pituus (m)

Kuva 18. Oikosulkuvirta ja suurin sallittu johdinpituus

Jännitteenalenema laskennassa syötetään taulukkoon pääkeskuksen jännitteenalenema, kaapelien kuormitukset ja $\cos\phi$ arvot, jonka jälkeen ohjelma laskee jännitteenaleneman kyseisessä pisteessä. Kuvassa 19 on sijoitettuna kaapeleiden kuormitukset projektin huipputehojen mukaan, kun pistorasiaan kytketään 3 kilowatin kolmivaihe-laite.

	Generaatori	Pääkeskus	Pääkeskus	HUOM!			
Käyttö:	Ik	Ik	Jännitteenalenema (%)	Valitse			
Verkko		471	2	Täytä			
				Tulokset			
Oikosulkulaksenta			Jännitteenalenema			Suurin sallittu johdinpituus	
G-PK							
Pituus (km)	kaapeli	Ik	Kaapelin kuorma (kW)	cos ϕ	Δu	Rajavirta	Pituus (m)
PK-RK01/Laite							
Pituus (km)	kaapeli	Ik	Kaapelin kuorma (kW)	cos ϕ	Δu	Rajavirta	Pituus (m)
0,115	Al 95	392,3	18,32	0,9	2,6 %	280	391,3
RK01-RK02/Laite							
Pituus (km)	kaapeli	Ik	Kaapelin kuorma (kW)	cos ϕ	Δu	Rajavirta	Pituus (m)
0,07	Al 35	308,3	5	0,9	2,9 %	225	191,0
RK02-RK03/Laite							
Pituus (km)	kaapeli	Ik	Kaapelin kuorma (kW)	cos ϕ	Δu	Rajavirta	Pituus (m)
0,035	Cu 2,5	165,5	3	0,8	3,6 %	160	37,6
RK03-Laite							
Pituus (km)	kaapeli	Ik	Kaapelin kuorma (kW)	cos ϕ	Δu	Rajavirta	Pituus (m)

Kuva 19. Jännitteenalenemat kaapeleille

Generaattorin oikosulkuvirtaa tarkastellessa vaihdetaan käytöksi ”Generaattori” ja syötetään generaattorin ja pääkeskuksen välisen kaapelin pituus ja valitaan kaapelityyppi. Kuvassa 20 tehty edeltävät toimenpiteet.

	Generaattori	Pääkeskus	Pääkeskus	HUOM!			
Käyttö:	Ik	Ik	Jännitteenalenema (%)	Valitse			
Generaattori	440	471	2	Täytä			
				Tulokset			
Oikosulkulaksenta			Jännitteenalenema		Suurin sallittu johdinpituus		
G-PK							
Pituus (km)	kaapeli	Ik	Kaapelin kuorma (kW)	cos ϕ	Δu	Rajavirta	Pituus (m)
0,007	Cu 50	434,0	30,2	0,9	0,1 %	250	387,5
PK-RK01/Laite							
Pituus (km)	kaapeli	Ik	Kaapelin kuorma (kW)	cos ϕ	Δu	Rajavirta	Pituus (m)
0,115	Al 95	366,4	18,32	0,9	0,7 %	280	342,5
RK01-RK02/Laite							
Pituus (km)	kaapeli	Ik	Kaapelin kuorma (kW)	cos ϕ	Δu	Rajavirta	Pituus (m)
0,07	Al 35	292,0	5	0,9	0,9 %	225	172,7
RK02-RK03/Laite							
Pituus (km)	kaapeli	Ik	Kaapelin kuorma (kW)	cos ϕ	Δu	Rajavirta	Pituus (m)
0,035	Cu 2,5	160,7	3	0,8	1,6 %	160	35,3
RK03-Laite							
Pituus (km)	kaapeli	Ik	Kaapelin kuorma (kW)	cos ϕ	Δu	Rajavirta	Pituus (m)

Kuva 20. Generaattori käyttö

Ohjelmaa voidaan käyttää myös esimerkiksi generaattorin valintaan. Kuten kuvasta 20 nähdään tässä projektissa generaattorin teho riittää tuottamaan tarpeeksi suuren oikosulkuvirran kauimmaiselle pistorasialle.

Viimeisellä välilehdellä on yhteenveto projektista, johon ohjelma kokoaa aiemmilta välilehdiltä automaattisesti halutut tiedot. Lopputuloksiin on koottuna projektin tärkeimmät laskentatulokset kuvassa 21.

	Teho (kW)	Virta (A)
Omakotitalo	10,6	16,1
Tuotantolaitos	18,1	30,8
Liittymä	30,8	49,3
	Ik (A)	Δu
PK	471,0	2,0 %
RK-01	392,3	2,6 %
RK-02	308,3	2,7 %
PK	165,5	3,4 %

Kuva 21. Lopputulokset

Edellä tehtiin samat laskennat, kuten kohdassa 3.16 ja 3.17. Taulukko-ohjelman avulla päästiin samoihin lopputuloksiin, kuin käsin laskennassa. Voidaan siis todeta, että taulukko-ohjelma toimii ja antaa luotettavia tuloksia. Laskentoja tehdessä täytyy kuitenkin olla tarkkaavainen, että tulokset ovat järkeviä ja ettei taulukko-ohjelma ole mennyt jostain syystä sekaisin.

5 POHDINTA

Opinnäytetyön keskeinen tavoite oli tehdä kustannustehokas sähkösuunnitelma Kärämäelle rakennettavaan navettaan. Nykyaikaisissa navetoissa sähköisiäjärjestelmiä on yhä enemmän ja ne ovat elintärkeitä tuotannon kannalta. Tästä syystä suunnittelussa täytyi olla erityistä tarkkaavaisuutta muun muassa varavoiman suunnittelussa. Navetta tilat ovat myös ulkoisilta olosuhteilta haastavat. Korroosioaltis, likainen ja pölyä keräävä tila aiheutti normaalista olosuhteista poikkeavia toimenpiteitä muun muassa materiaalien ja kotelointisuojiin valinnassa. Sähkösuunnitelman pohjana käytettiin SFS-6000-7-705 standardia, joka toimi erittäin hyvänä pohjana navetan sähkösuunnittelussa.

Toinen keskeinen tavoite oli löytää kehittämissuhteita yrityksen sähkösuunnitteluprosessissa. Neljännessä luvussa esitelty laskentaohjelma auttaa yritystä jatkossa sähkösuunnittelun laskenta – ja dokumentointi vaiheessa. Ohjelman luontiprosessi on kuitenkin vasta alkuvaiheissa ja ohjelmaa voidaan muokata ja jalostaa vielä pitkälle niin, että siitä tulee juuri Timon Sähköpalvelu Oy:lle optimaalinen työkalu.

Tehdyn suunnitelman perusteella laskettiin tarjous sähköasennusten toteuttamisesta, yhdessä Timon Sähköpalvelun Oy:n toimitusjohtajan kanssa. Tarjouskilpailusta voittiin perussähköistys ja palovaroitinjärjestelmä, kun muiden järjestelmien osalta tarjouskilpailu on vielä kesken. Sähkötöiden ensimmäiset vaiheet alkavat kevään 2016 aikana.

LÄHTEET

DeLaval Oy. 2012. Riittävä valaistus parantaa tuotosta. Esite. Luettu 12.2.2016.
http://www.delaval.fi/ImageVaultFiles/id_4496/cf_5/Navettavalot.PDF

Ledistys Oy. 2016. Modulaarinen valaisinmallisto MDL. Esite. Luettu 12.2.2016
<http://www.ledistys.fi/tuotteet/moduled-data-sheet/>

Maatilatukku. LED valaistus. 2016. Luettu 15.2.2016.
http://maatilatukku.fi/index.php?main_page=index&cPath=15

Nordic Aluminium Oy. SYSTEMAL Presto kaapelihyllyt ja valaisinkiskot. Esite. Luettu 12.2.2016.
http://www.elwia.fi/files/esitteet/na-2014/systemal_presto.pdf

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2012. SFS 6000-7-705. Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-705: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Maa- ja puutarhatalouden tilat.

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2008. SFS-EN 60269-1 Pienjännitevarokkeet. Osa 1: Yleiset vaatimukset.

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2011. SFS-EN 12464-1. Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus.

Sähköinfo Oy. 2013. DI-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista.

Sähköinfo Oy. 2014. ST 51.13 Kaapelihyllyt, -tikkaat ja valaisinripustuskiskot.

Sähköinfo Oy. 2015. ST-käsikirja 35. Sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien tilavaraukset.

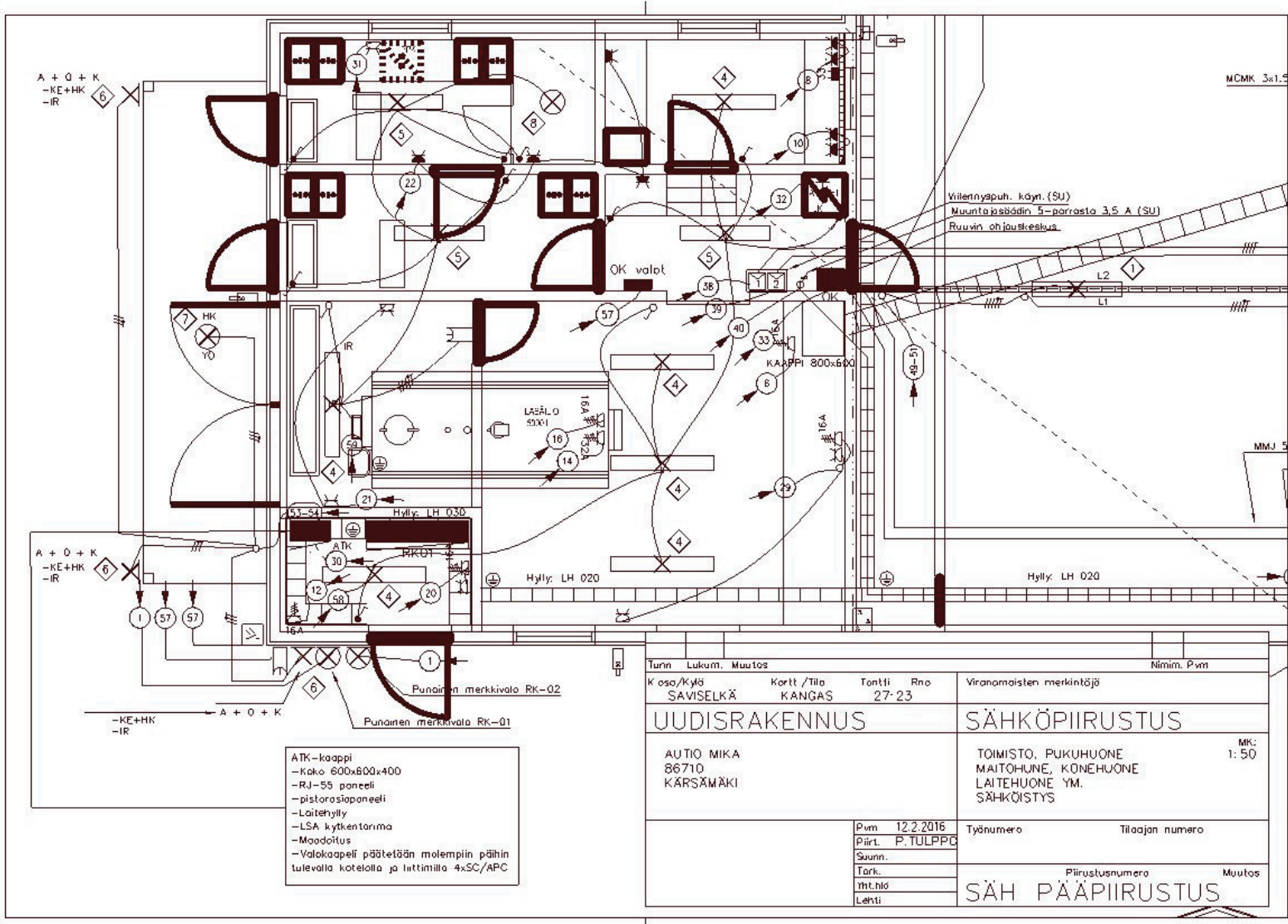
Sähköinfo Oy. 2015. ST 13.31 Rakennuksen sähköverkon pienjänniteliittymän mitoittaminen.

Uusitalo J. Kärki-Agri Oy. Ruokintaneuvoja. 2016 Haastattelu 20.2.2016. Haastattelija Tulppo, P. Tampere.

LIITTEET

Liite 1. Aloituspalaverin lista

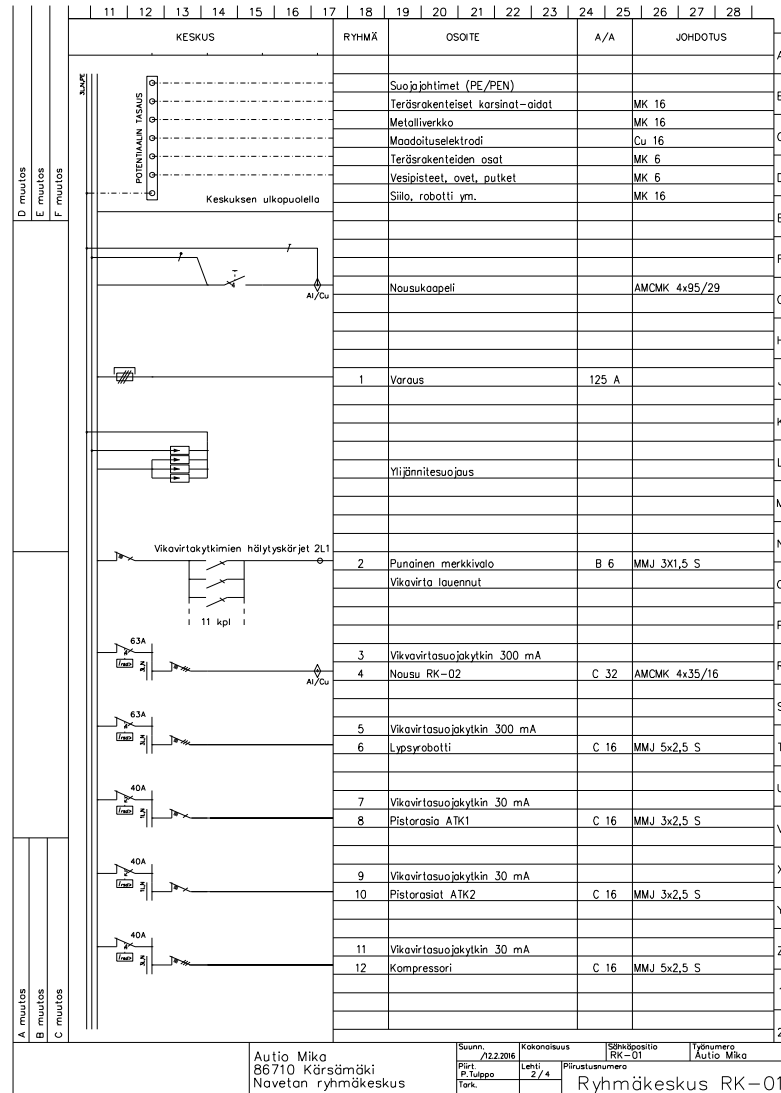
- valaistus, yö-valot, ulkovalot, ohjaukset
- pistorasiat ja voimarasiat
- lämmitys, lattialämmitys, kynnyslämmitys
- lypsylaitteet
- karjajarja
- viilennyspuhallin
- ilmastointi, alapoistoimuri
- maituhuoneen toimiston IV. koje
- rehun jako
- lietepumppu
- puuhapete
- sähköövet
- generaattori
- vasikoiden juottoautomaatti
- ATK-yhteys
- mylly
- elevaattori
- spiraalit
- kamerat
- palovaroitin
- UPS-laite
- pyykkikone
- lämminvesivaraajat
- maadoitukset
- oikosulkuvirta pääkeskuksessa
- pääkeskuksen lähd



ATK-kaappi
 -Koko 600x600x400
 -R-J-55 paneeli
 -pistorasiopaneeli
 -Laiteshylly
 -LSA kytkentorima
 -Maadoitus
 -Valokaapeli päätetään molempiin päihin tulevalta kotelolta ja lattiinilla 4xSC/APC

Turni	Lukum.	Muutos	Nimi	Pvm
K osio/Kylä	Kortti /Tila	Tontti	Rno	Viranomaisten merkintä
SAVISELKÄ	KANGAS	27-23		
UUDISRAKENNUS		SÄHKÖPIIRUSTUS		
AUTIO MIKA 86710 KÄRSÄMÄKI		TOIMISTO, PUKUHUONE MAITOHUONE, KONEHUONE LAITEHUONE YM. SÄHKÖISTYS		
		Pvm	Työnumero	Tilaajan numero
		12.2.2016		
		Piirt.	P. TULPPA	
		Suunn.		
		Tark.		
		Int.hö		
		Lehti		
		Piirustusnumero		Muutos
		SÄH PÄÄPIIRUSTUS		

A SÄHKÖTEKNILLISET TIEDOT	
KESKUS	
1. Nimellisjännite U_n 230 V	9. Kansien saronointi
2. Jännitehäviö keskukseseen U_{oh} 2,6 %	kytkentökentät
3. Taajuus f 50 Hz	kojakehäntät
4. Nimellisvirta I_n A	kiskokoteloventtät
5. Oikosulkukestoisuus	kaikki
terminen I_{st} kA	<input checked="" type="checkbox"/>
dynaaminen I_{sd} kA	<input type="checkbox"/>
E: 3:n mukaan	10. Pintakäsittely
6. Keskuksen häviöteho P_c kW	valmistajan normaali
7. Kiskot tai johtimet AC	erillisen ohjeen mukaan
L1 <input checked="" type="checkbox"/>	leveys 2,0 m
L2 <input checked="" type="checkbox"/>	korkeus, normaali <input checked="" type="checkbox"/> muu m
L3 <input checked="" type="checkbox"/>	syvyys, normaali <input type="checkbox"/> muu m
N <input checked="" type="checkbox"/>	12. Ympäristön lämpötila
PE <input checked="" type="checkbox"/>	normaali 20...25 °C
PEN <input type="checkbox"/>	min °C max °C
8. Kiskot tai johtimet DC	13. Kennokeskuksen kaapelikulut
L+ <input type="checkbox"/>	1 kpl/kenttä
M <input type="checkbox"/>	1 kpl/2 kenttää
L- <input type="checkbox"/>	valmistajan normaali
PE <input type="checkbox"/>	leveys m
9. Ohjauksijännite	14. Latialla seisovan keskuksen
U V	alhaalla olevat läpiviennit
f Hz	avoin
I A	palonkestävä
S kVA	
10. Apujännite 1	
11. Apujännite 2	
LIITETTÄVÄT KUORMITUKSET	
12. Jakelujärjestelmä	
käyttömaadoitettu 4j TN-C-S <input type="checkbox"/>	
käyttömaadoitettu 5j TN-S <input type="checkbox"/>	
käyttömaadoittamaton IT <input type="checkbox"/>	
13. Teho	
asennettu S kVA	
tasattu S kVA	
14. Tehokerroin cos ϕ	
15. Lämmitystehon osuus kW	
B RAKENNETIEDOT	
1. Keskuksija	
kenno <input type="checkbox"/>	
kotelo <input checked="" type="checkbox"/>	
kehikko <input type="checkbox"/>	
2. Koteloaineluokka min IP 34	
3. Keskuksen rakenne	
1-puoleinen <input type="checkbox"/>	
2-puoleinen <input type="checkbox"/>	
2 kpl 1-puoleisia <input type="checkbox"/>	
selät vastakkain <input type="checkbox"/>	
4. Asennustapa	
pinnalle <input checked="" type="checkbox"/>	
uppoaan <input type="checkbox"/>	
putkituskoteloita <input type="checkbox"/>	
5. Kiinnitys seinään <input checked="" type="checkbox"/>	
6. Asennus- ja tukirakenteet	
sidekiskot <input checked="" type="checkbox"/>	
julustat <input type="checkbox"/>	
7. Keskuksen yhtenäisen ovilaite	
lukolla <input checked="" type="checkbox"/>	
sahalla <input type="checkbox"/>	
kalmiavain <input checked="" type="checkbox"/> Ablavovain <input type="checkbox"/>	
8. Keskuksen ovien ja kansien	
ovuutumiskäime min 90 astetta <input type="checkbox"/>	
min 180 astetta <input checked="" type="checkbox"/>	
C TUNNUSMERKINNÄT	
1. Tunnusmerkinnät	
valmistajan normaali <input checked="" type="checkbox"/>	
erillinen ohje (sähköselitys) <input type="checkbox"/>	
2. Keskuksen tunnuskielii	
valmistajan normaali <input checked="" type="checkbox"/>	
erillinen ohje (sähköselitys) <input type="checkbox"/>	
3. Kansikojeiden tunnuskielii	
valmistajan normaali <input checked="" type="checkbox"/>	
erillinen ohje (sähköselitys) <input type="checkbox"/>	
4. Kennokeskuksen kenttien merkintä	
juokseva numerointi <input checked="" type="checkbox"/>	
-- vasemmalla oikealle <input type="checkbox"/>	
-- oikealla vasemmalle <input type="checkbox"/>	
erillinen ohje (sähköselitys) <input type="checkbox"/>	
5. Kennokeskuksen lähtösuunta	
juokseva numerointi <input checked="" type="checkbox"/>	
kentän n:ro + juokseva numero <input type="checkbox"/>	
erillinen ohje (sähköselitys) <input type="checkbox"/>	
6. Sisäisten kojeiden merkintä	
valmistajan normaali <input checked="" type="checkbox"/>	
erillinen ohje (sähköselitys) <input type="checkbox"/>	
7. Sisäisten johtimien merkinnät	
ei suoriteta <input type="checkbox"/>	
erillinen ohje (sähköselitys) <input type="checkbox"/>	
8. Erillinen kieli "KESKUKSESSA VERAS OHJAUSSÄNNITTE"	
"PÄÄKÄYTTÖN EI KATKAISE JÄNNITETTÄ"	
KAAKOLAMMÖN MITTAUKSELTA" <input type="checkbox"/>	
D KALUSTETIEDOT	
1. Keskuksen kalustus	
valmistajan normaali <input checked="" type="checkbox"/>	
erillinen ohje (sähköselitys) <input type="checkbox"/>	
2. Kalustuksen tyyppi	
kiinteä <input checked="" type="checkbox"/>	
ulosotettava <input type="checkbox"/>	
ulosvedettävä <input type="checkbox"/>	
3. Kalustetapa	
keskitetty <input checked="" type="checkbox"/>	
yeskkähdöt <input type="checkbox"/>	
E KAAPeloINTITIEDOT	
1. Syöttö	
kaapeli <input checked="" type="checkbox"/>	
kiskosta <input type="checkbox"/>	
laji AMCMK	
poikkipinta 4x95/29 Cu	
2. Syöttö tulosuunta	
alhaalta <input checked="" type="checkbox"/>	
ylhäältä <input type="checkbox"/>	
3. Syöttö sijainti	
vasemmalla <input checked="" type="checkbox"/>	
oikealla <input type="checkbox"/>	
keskellä <input type="checkbox"/>	
4. Pääkaapeleiden lähtösuunta	
alas <input checked="" type="checkbox"/>	
ylös <input type="checkbox"/>	
5. Pääkaapeleiden liittäminen	
kojeisiin <input type="checkbox"/>	
kojeisiin yli 16mm <input type="checkbox"/>	
riviäittimiin L <input checked="" type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> PE <input type="checkbox"/>	
6. Ohjauksikaapeleiden lähtösuunta	
alas <input checked="" type="checkbox"/>	
ylös <input type="checkbox"/>	
7. Ohjauksikaapelit liitetään riviäittimiin <input type="checkbox"/>	
Huom:	



Autio Mika
86710 Kärsämäki
Navetan ryhmäkeskus

Suunn. /22.2.2016
P.Tulppo
Tark.

Kokonaisuus
Lehti 1/4
Pivutusnumero

Sähköpostiosoite
RK-01
Autio Mika

Työnumero
Autio Mika

Ryhmäkeskus RK-01

Autio Mika
86710 Kärsämäki
Navetan ryhmäkeskus

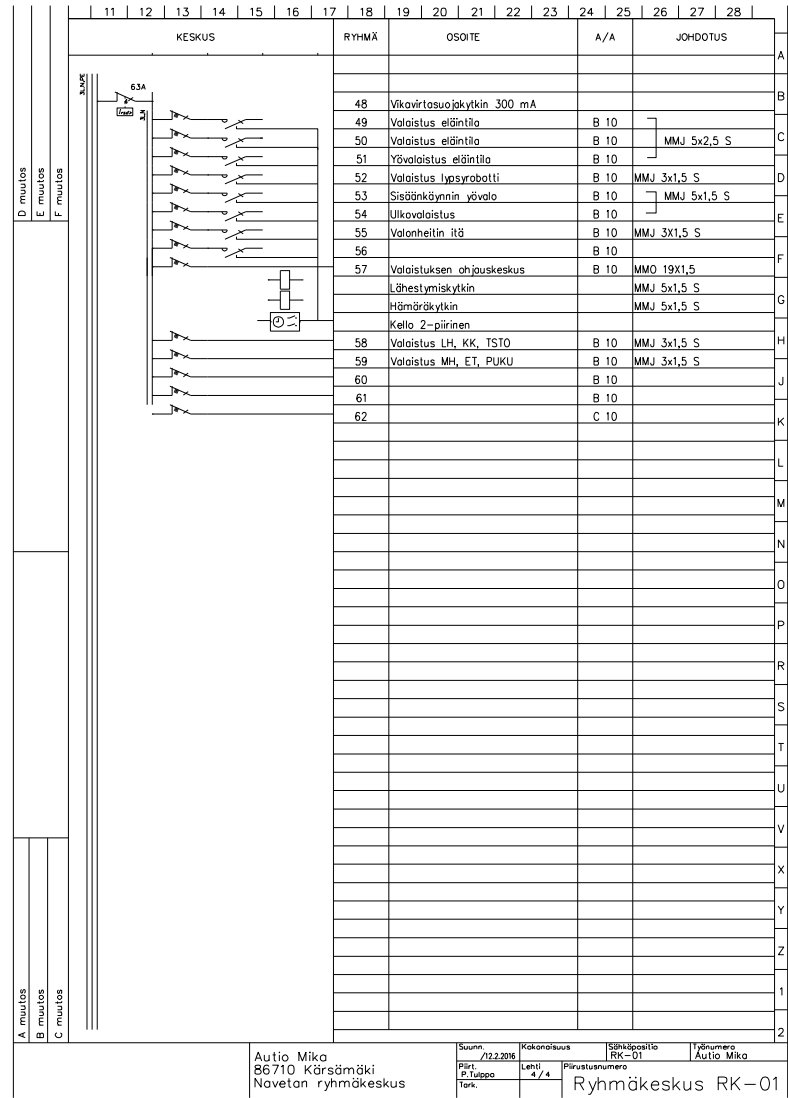
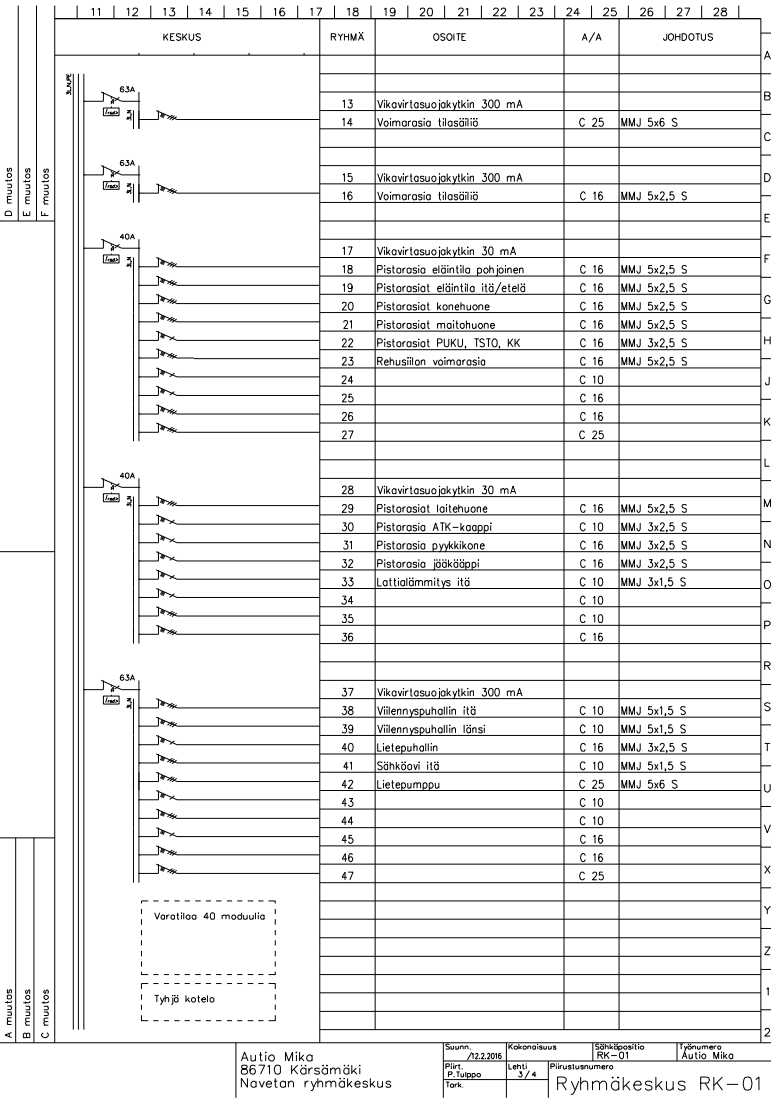
Suunn. /22.2.2016
P.Tulppo
Tark.

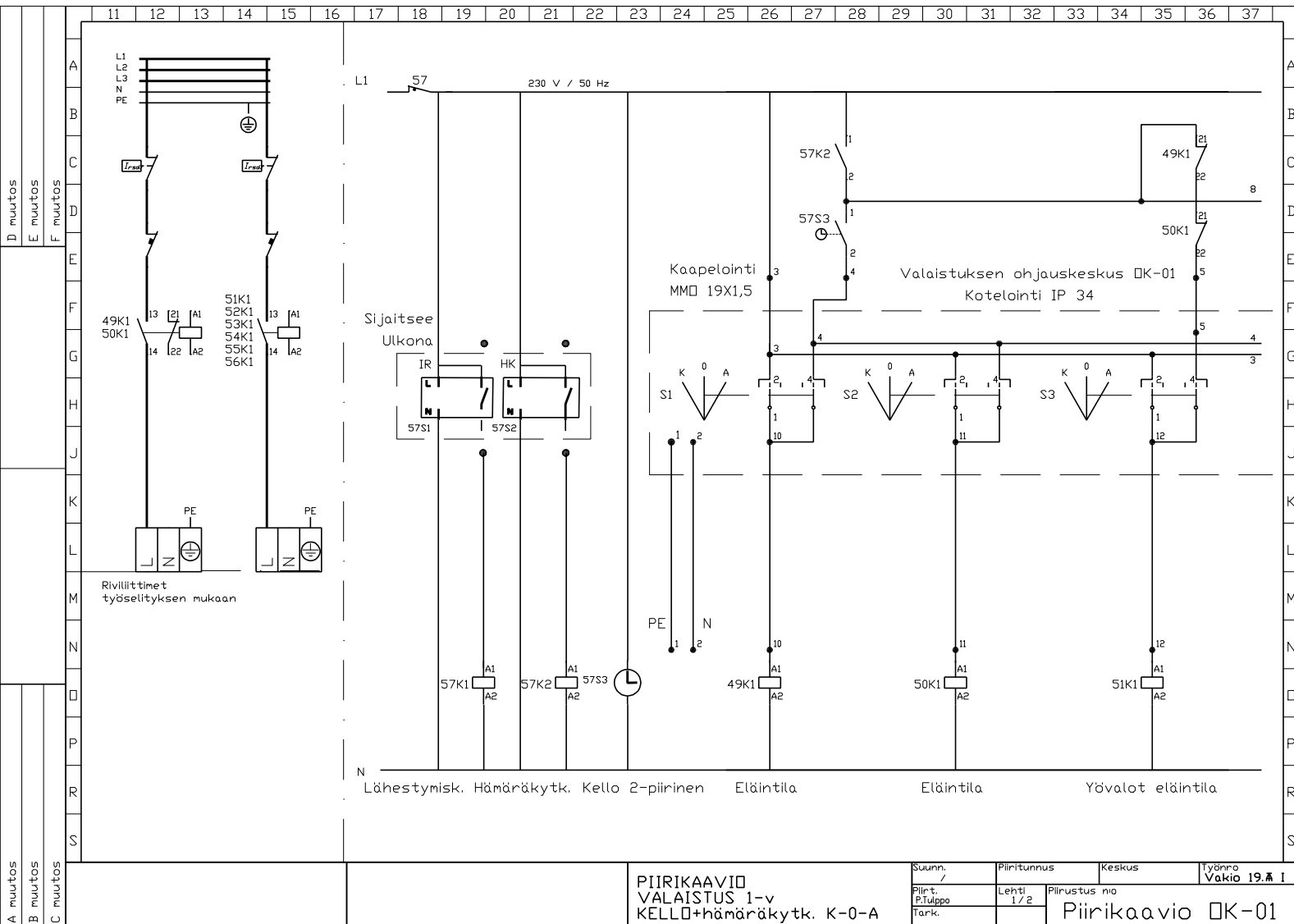
Kokonaisuus
Lehti 2/4
Pivutusnumero

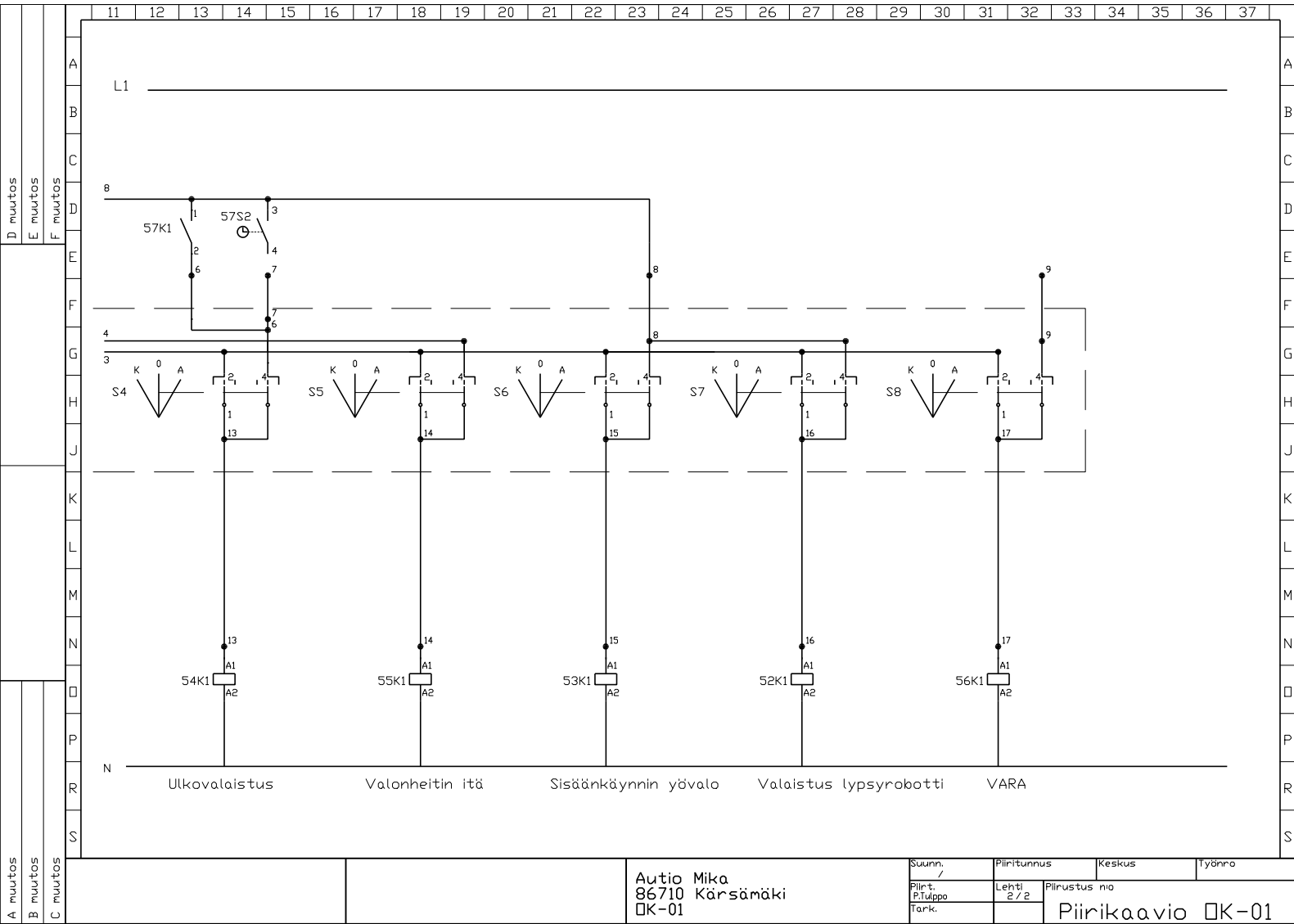
Sähköpostiosoite
RK-01
Autio Mika

Työnumero
Autio Mika

Ryhmäkeskus RK-01







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

Autio Mika
86710 Kärsämäki
□K-01

Suunn.	Piirittynus	Keskus	Työnro
Piiritt.	Lehti	Piirustus no	
Piiritti	2/2		
Tark.		Piirikaavio □K-01	

KALUSTOVAJA

ASUINRAKENNUS

PELTO

Generaattori
AMCMK 4x95/29 Cu
MCMK 4x50/25

Supercat 4PUTP ARM
VMOHBU 5x2x0.5+0.5
Supercat 4PUTP ARM
FYQ2PMU 4xSML

AITTA

KARJARAKENNUS

LANPALA
250 m³
LIETESÄILIÖ
150 m³

LIETESÄILIÖ
1500 m³

LANNANAJO

UUSI
LIETESÄILIÖ
2000 m³

AMCMK 4x35/16 Cu
VILJASIILO
100 m³

Cu 16

ATK
MAIDON NOUTO
HENKILÖLIIKENNE
RK-01

UUSI
KARJARAKENNUS

RK-02

LAAJENNUS

REHULIIKENNE

20150

8000

18000

8000

30000

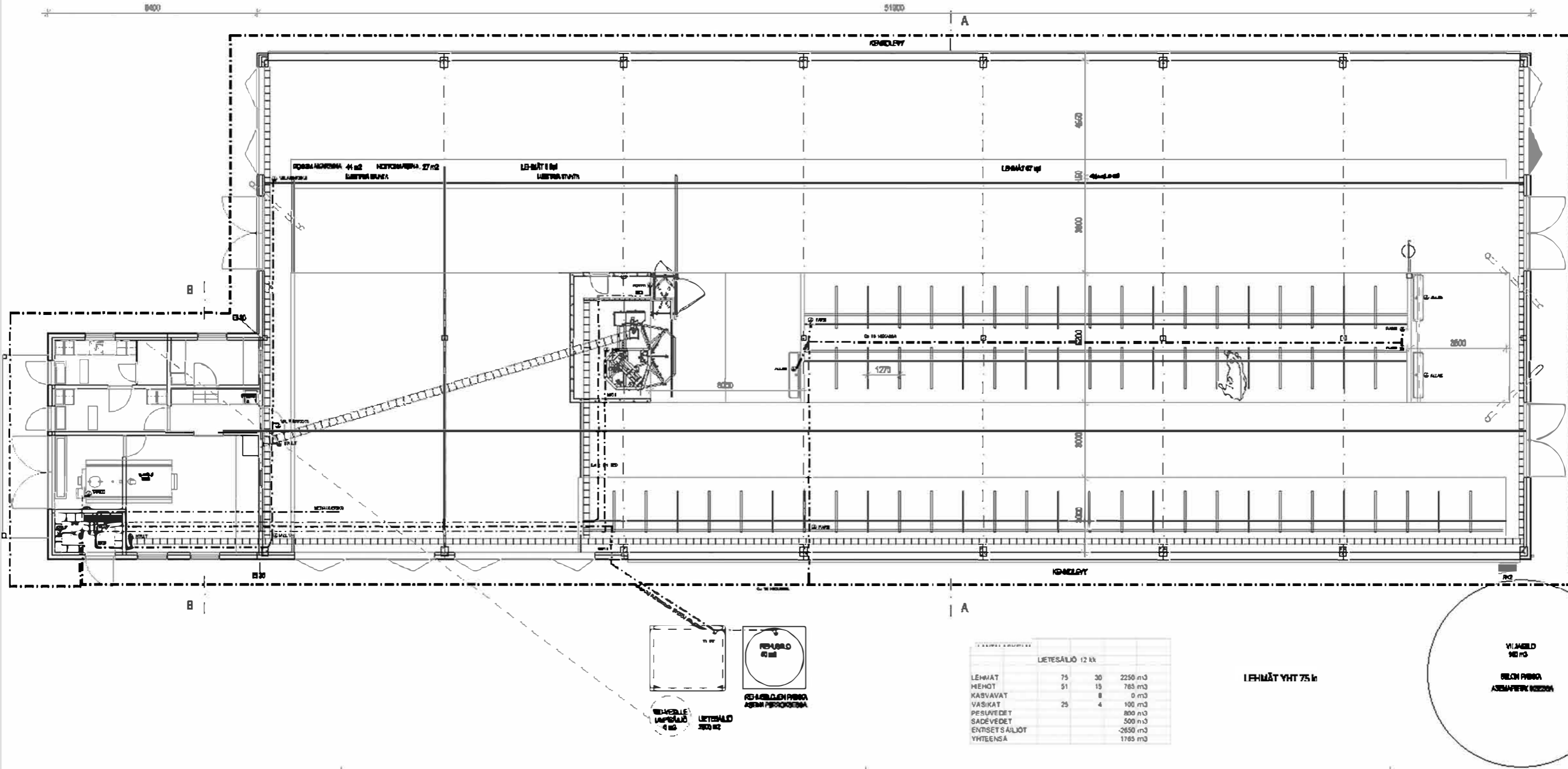
20000

RADA

TUOREREHUSLOT

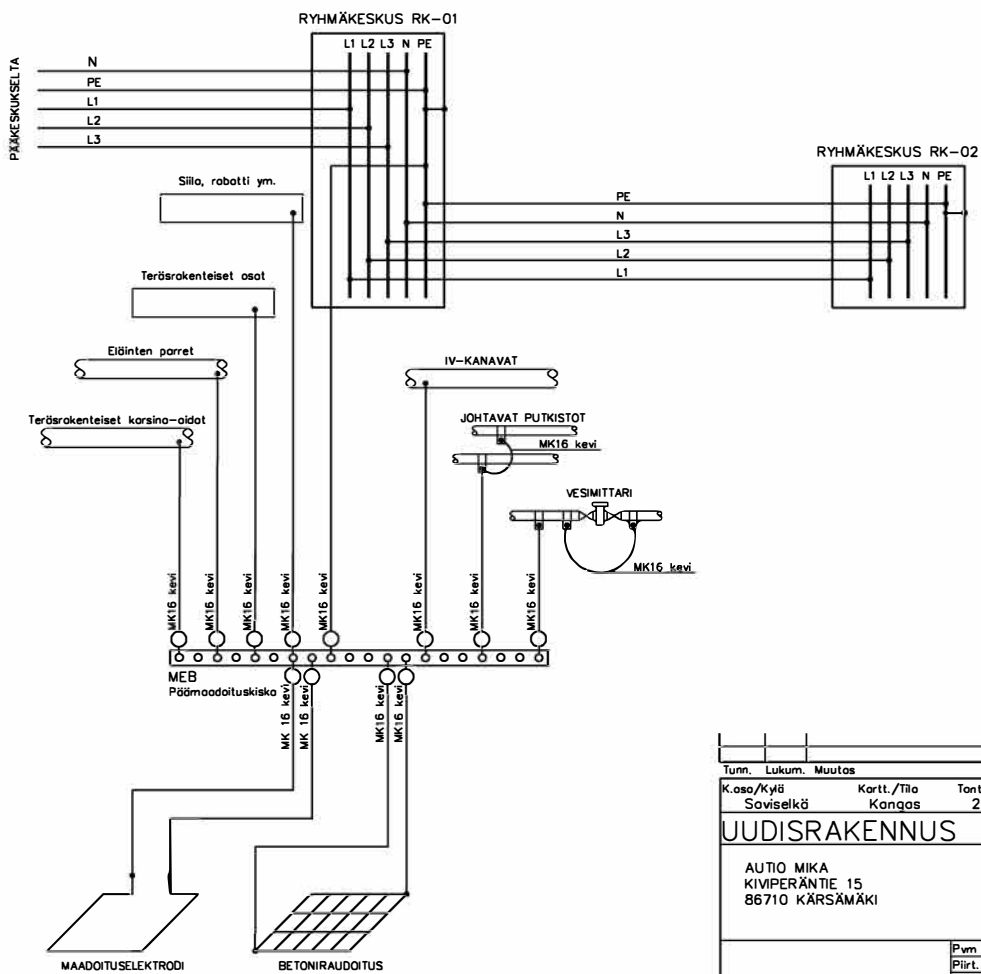
Nimitys	Nimike	Määrä	Yks.
GENERAATTORI	Mcmk 4x50/25	20	m
LIITTYMISKAAPPELI	AMCMK 4x95/29 CU	106	m
MAADOITUSKUPARI	CU 16	170	m
NOUSUKAAPPELI RK-02	AMCMK 4x53/16 Cu	70	m
PUHELINKAAPPELI	VMOHBU 5x2x0.5x0.5	155	m
VALOKUITU	FYOPMU 4xSML	150	m
SUPERCAT	Supercat+4PUTP ARM	186	m

Tunn.	Lukum.	Muutos	Nimim.	Pvm
K.osa/Kyö	Kortt./Tilo	Tantti	Rno	Viranomaisien merkintöjä
Saviselkä	Kangas	27:23		SÄHKÖPIIRUSTUS
UUDISRAKENNUS				MK:
Autio Mika Kiviperäntie 15 86710 Kärsämäki				Maakaapelointi 1:500
Pvm	15.2.2016	Työnumero	Tiloojn numero	
Piirt.	P. Tulppo	Autio Mika		
Suunn.		Piirustusnumero	Muutos	
Tark.		Asemapiirustus		
Yht.hlö				
Lehti				

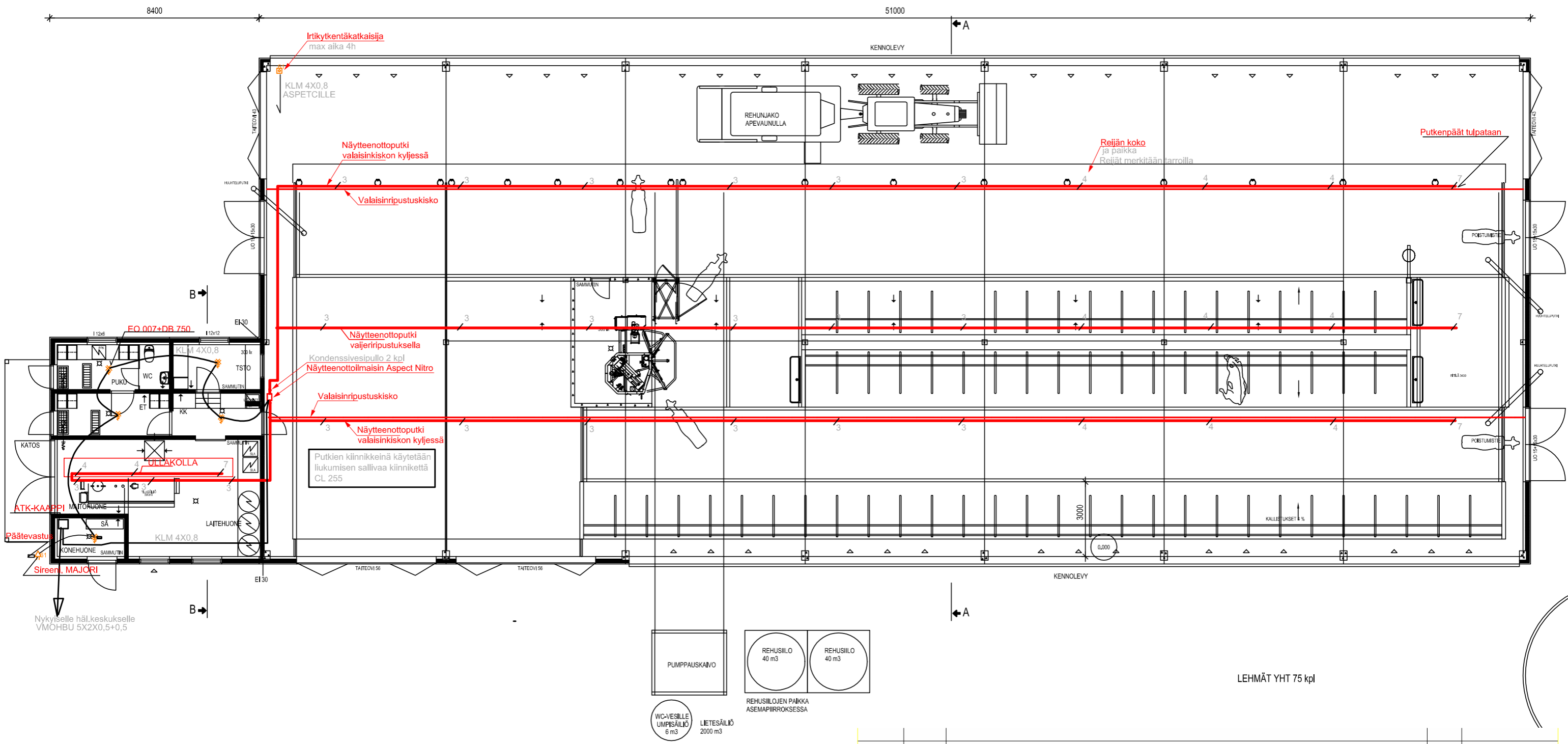


Tunn.	Lukum.	Muutos		
Kaava/Kylä	Kortti/Tila	Tantti	Rno	Viranomaisen merkintä
SAVISELKÄ	KANGAS	27:23		
UUDISRAKENNUS			SÄHKÖPIIRUSTUS	
KARJARAKENNUS AUTIO MIKA B6710 KÄRSÄMÄKI			MAADOITUSKAAVIO PISTEKUVA	
			MK: 1:50	
Pvm.	18.2.2016	Työnumero	Tilaajan numero	
Pirt.	P.TULPPI	AUTIO MIKA		
Summ.		Pirustanumero		
Tark.		Muutos		
Yht.hib		PISTEKUVA MAADOITUS		
Lehti				

Liite 10. Maadoituskaavio



Tunn.	Lukum.	Muutos	Nimim.	Pvm
K.oso/Kyö	Kartt./Tila	Tontti	Rno	Viranomaisten merkintäjä
Saviselkä	Kangas	27:23		
UUDISRAKENNUS			SÄHKÖPIIRUSTUS	
AUTIO MIKA KIVIPERÄNTIE 15 86710 KÄRSÄMÄKI			MAADOITUSKAAVIO TN-S JÄRJESTELMÄ	
			MK: 1:1	
			Työnumero	
			Tiloojan numero	
			Autio Mika	
			Piiirustusnumero	
			Muutos	
			Maadoituskaavio	
			Pvm 15.2.2016	
			Piirt. P. Tulppo	
			Suunn.	
			Tark.	
			Yht.mh	
			Lehti	



Tunn.	Lukum.	Muutos	Nimim.	Pvm
K.osa/Kylä	Kortt./Tila	Tontti	Rno	Viranomaisten merkintöjä
SAVISELKÄ	KANGAS	27:23		
UUDISRAKENNUS			SÄHKÖPIIRUSTUS	
AUTIO MIKA KIVIPERÄNTIE 15			KARJARAKENNUKSEN PALOVAROITINJÄRJETELMÄ MK:	
Pvm 15.5.2016		Työnumero		Tilaaajan numero
Piirt. P.TULPPO				
Suunn.				
Tark.		Pirustusnumero		
Yht.hlö		PALOVAROITINJÄRJ.		
Lehti		Muutos		

Liite 12. Kameravalvontajärjestelmä

KALUSTOVAJA

Supercat CAT6
toisessa urakassaDahua NVR4416-16P +kovalevy 2G
Tallennin 16 kam. + näyttö 22"
Kytkin 4 port. + kuitumoduuli

Kuitupäätte toisessa urakassa

AITTA

PELTO

POE-kytkin 8-porttia

KARJARAKENNUS

TUOREREHUSILOT

LIETESÄILIÖ
1500 m³

LANNANAJO

UUSI
LIETESÄILIÖ
2000 m³Valokaapeli
toisessa urakassa
yksimuotoATK-kaappi ja SC-liittimet toisessa urakassa
Urakassa kytkin, 8 POE-porttia
+ kuitumoduuli

9 kpl kamera Dahua HFW1220S-036

UUSI
KARJARAKENNUSKaapeloinnit CAT6
2x4p

LAAJENNUS

REHULIENKE

RAVA

K.osa/Kylä SAVISELKÄ	Korttel/Tila KANGAS	Tontti/Nro 27:23	Viranomaisten merkintöjä varten	
Toimenpide	UUDISRAKENNUS		Piirustuslaji Asemakaava	Juoks. nro
Rakennuskohde	AUTIO MIKA KIMPERÄNTIE 15 86710 KÄRSÄMÄKI		Piirustuksen sisältö VALVONTAKAMERAT	Mittakaava 1/500
Timon Sähköpalvelu Oy Rannantie 5, 86710 Kärsämäki puh. 0400-600182			Päiväys 10.2.2016	Koodi
			Työnumero AUTIO MIKA	Piirustus nro SÄH Asemapiirustus
			Muutos	