

Mika Halonen

# Jalostamoiden suurseisokin aikainen työ- maasähköistyksen tila ja kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

14.4.2016

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Mika Halonen Jalostamoiden suurseisokin aikainen työmaasähköistyksen tila ja kehittäminen 35 sivua + 8 liitettä 14.4.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja(t)	Risto Juusti kehityspäällikkö / sähkö Timo Pietiäinen kunnossapitopäällikkö / sähkö Tuomo Heikkinen sähkövoimatekniikan lehtori
<p>Tässä insinöörityössä on esitetty Nesteen Oyj:n Porvoon ja Naantalin jalostamoiden työmaasähköistyksen rakennetta ja komponentteja sekä käsitelty ennakkohuoltojen ja määräaikaiskoestuksen vaikutuksia prosessialueen huoltotöihin suurseisokeissa. Työn tavoitteena on löytää ratkaisumalli, jolla muuntamoissa tapahtuvista määräaikaiskoestuksista johtuvia häiriöitä muihin suurseisokin töihin voidaan merkittävästi tulevaisuudessa vähentää. Lisäksi tässä työssä on esitelty kolme kehitysmallia, joilla minimoidaan sähkökatkojen vaikutukset prosessialueella suurseisokkien aikana olemassa olevia aluepistorasiakeskukset hyödyntäen.</p> <p>Työn lopputuloksena suositellaan aluepistorasiakeskusten luokittelua kriittisyysluokkiin joko kahteen tai kolmeen ryhmään. Lisäksi Nesteen sähköistyksen menettelytapaohje tulee päivittää. Muutokset koskevat ensisijaisesti luokittelua, nimeämisiä sekä aluepistorasiakeskusten lähtöjen sijoituksia muuntamoiden keskuksiin. Muuntamoiden jakelussa olevat aluepistorasiakeskusten syöttökaapelit tulee siirtää sellaiseen muuntamon alakeskukseen, missä alakeskuksen syöttö on varmistettu myös korvaavasta syöttöpisteestä. Lisäksi tässä työssä on esitelty kolme kehitysmallia, joilla minimoidaan sähkökatkojen vaikutukset prosessialueella suurseisokkien aikana olemassa olevia aluepistorasiakeskukset hyödyntäen.</p>	
Avainsanat	Työmaasähköverkko

Author(s) Title	Mika Halonen Utilization and Development of an Electrical Maintenance Grid for Major Turnarounds in Refinery Environment
Number of Pages Date	35 pages + 8 appendices 14 April 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical engineering
Specialisation option	Electrical power engineering
Instructor(s)	Risto Juusti, Development Manager Timo Pietiäinen, Maintenance Manager Tuomo Heikkinen, Senior Lecturer
<p>This Bachelor Thesis describes electric maintenance grid layout and technical solutions used in Neste Oyj refineries in Finland (Porvoo and Naantali). Preventive maintenance actions and periodic testing procedures related to main power distribution grid may have effects on the maintenance works on process area during a major turnaround; this thesis contains an evaluation of such events. The target of this thesis is to define solution model, with which the effect of periodic testing on the other maintenance work on process area will decrease in coming turnarounds. Three development models are described to minimize effects of electric power interruptions on process areas during major turnarounds via utilization of existing contact boxes all over the process area.</p> <p>As result of the thesis, it is proposed to implement a criticality ranking for the contact boxes on the process area. Updating of the general specification of electrification is also suggested. Changes are needed e.g. for the naming and for the installations of the contact boxes on process area and distribution boards in substations. The distribution boards of the process area contact boxes need to be located in such substations that the electricity distribution is secured from another feed, to ensure steady current delivery during turnarounds.</p>	
Keywords	Maintenance grid

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Neste Oyj: yritys	2
2.1	Neste Oyj yrityksenä	2
2.2	Suurseisokki	3
2.3	Suurseisokissa tehtävät muuntamokoestukset ja vaikutukset	4
2.4	Muuntamoissa tehtävät määräaikaiskoestukset	4
2.5	Sähkökatkojen vaikutus seisokissa	5
3	Työmaasähköverkon rakenne ja komponentit	6
3.1	Työmaasähköverkon rakenne	6
3.2	FR-keskukset	7
3.3	Aluepistorasiakeskukset ja kotelot	8
3.4	Kaapelointi	10
3.5	Työmaamuuntamot	11
4	Ryhmälähdöt muuntamoissa ja niiden suojaus	12
4.1	Yleistä	12
4.2	Alakeskusten syöttöjen kytkinlaitteet	12
4.3	Tyypillinen ratkaisu, joka on suunnittelun pohjana	13
4.4	Varavoima	14
4.5	Keskuksien ja koteloiden sijainnit prosessialueella	15
4.6	Tuotantolinja 4:n työmaasähköistys	16
5	Aluepistorasiakeskusten nykytilanne	16
5.1	Aluekeskusten arviointi/luokitus	16
5.2	Selvitys muuntamoittain	17
5.3	Nykytilanteen arviointi	18
5.4	Naantalin jalostamo	19
5.5	KED Oy	20
6	Työmaasähköistyksen kehittäminen	21

6.1	Työmaasähköistyksen kehittäminen	21
6.2	Syöttökenttämuutokset ja kaapelikäännöt muuntamoittain TL1-TL2	22
6.3	Syöttökenttämuutokset ja kaapelikäännöt muuntamoittain TL3	24
6.4	Uusien kaapeliyhteyksien laskenta:	25
6.5	Suojauslaskentojen analysointi	27
6.6	Työmaasähköverkko	28
6.7	Työmaasähköverkkomallin suojaus	29
6.8	Työmaasähköverkon ja muuntamokääntöjen yhdistelmä	30
7	Kehitysvaihtoehtojen kustannusarviot	31
8	Ohjeisiin tarvittavat muutokset	32
9	Yhteenvedo	33
	Lähteet	35

## Liitteet

Liite 1. Muuntamokohtainen selvitys

Liite 2. Jännitehäviö ja suojauksen toiminta-aikalaskelmat

Liite 3. Tehoasennus- / kokoonpanokuva pistorasiakeskuksesta

Liite 4. Tehoasennus- / kytkentäkuva pistorasiakeskuksesta

Liite 5. Työmaasähköverkko ja työmaamuuntamot Porvoon jalostamolla TL1-3

Liite 6. Työmaamuuntamon suurjännitekaavio

Liite 7. Työmaamuuntamon pienjännitekaavio

Liite 8. Työmaamuuntamon julkisivukuvat betonijalustalla

## Lyhenteet

ASV	Automaattinen syötönvaihto.
VKS	Valokaarisuojaus.
EX	Räjähdysvaarallisten alueiden tilaluokitus.
OQD-ohje	Nesteen laatukäsikirjan ohje.
HOT SPOT	Kriittinen työalue suurseisokeissa.
N-101	Sähköistyksen yleisspesifikaatio: kenttäasennukset.
N-105	Sähköistyksen yleisspesifikaatio: muuntamoasennukset.
PKL	Pääkytkinlaitos = M001.
KED Oy	Kilpilahti Electricity Distribution.
Kaapo	Kaasuöljyn aromaattinenpoistoyksikkö.
VK	Vetykrakkaus.
VHVI	Perusöljy.
Kattila 5	Höyryä jalostamolle valmistava käyttöhyödykelaitos.
VY1	Vety-yksikkö 1.
BIY	Bitumiyksikkö.
Tame	Tame yksikkö (benssiini).
Pelme	Lentopetrooliyksikkö.
TL1	Tuotantolinja 1 (Kaapo, VK, VHVI, Kattila 5, VY1, BIY, Tame ja Pelme).

Syrp	Kaasuöljyjen rikinpoisto .
FCC	Leijukatalyyttinen krakkaus.
MH	Merkaptaanien hapetus.
TT2	Tyhjiötislaus.
RTO3	Rikintalteenotto 3.
RTO4	Rikintalteenotto 4.
RTO5	Rikintalteenotto 5.
RTO6	Rikintalteenotto 6.
TL2	Tuotantolinja 2 (Syrp, FCC, MH, TT2, RTO3, RTO4, RTO5 ja RTO6).
RT3	Raakatislaus yksikkö.
REF	Bensiinien reformointiyksikkö.
NexBTL 1	Uusiutuvat polttoaineet bio-diesel 1.
NexBTL 2	Uusiutuvat polttoaineet bio-diesel 2.
TL3	Tuotantolinja 3 (RT3, REF, NexBTL1 ja NexBTL2).
VY2	Vety yksikkö2.
PÖY	Pohjaöljy yksikkö.
TL4	Tuotantolinja 4 (VY2 ja PÖY).
Sähe	Porvoon jalostamon kaukokäyttöjärjestelmä.

## 1 Johdanto

Tässä insinöörityössä käsitellään Neste Oyj:n Porvoon ja Naantalin jalostamoiden suurseisokkien työmaasähköistyksen tilaa ja sen kehittämistä. Aiheen valintaan vaikutti mahdollisuus etsiä ratkaisumalli suurseisokkeja häirinneeseen ongelmaan, jossa muuntamokoestuksien aikaiset sähkökatkot häiritsevät ja jopa keskeyttävät muiden ammattialojen työt jalostamon prosessialueilla. Samalla työ tarjoaa mahdollisuuden ratkaista toistuvat aikataulutusergelmat suurseisokkien suunnittelussa.

Käsiteltävä aihe oli laaja ja haastava. Sen monipuolisuus ja toteutusmahdollisuuksien yhdisteltävyys teki aiheesta mielenkiintoisen. Työ käsittää kahden eri jalostamon sähkönjakeluverkon hahmottamisen sekä tarkemman perehtymisen prosessimuuntamoiden pienjännitejakelun rakenteeseen. Lisäksi työ käsittää suurseisokkien aikaisten aluetöiden prioriteettitarkastelua eri ammattialojen kanssa, työmaapistorasiakeskuksien kartoittamisen sekä uutena ehdotuksena aluepistorasiakeskuksien luokittelun.

Työn alussa kerrotaan muuntamokoestuksien vaikutuksista, esitellään tyypilliset aluepistorasiakeskukset ja komponentit sekä kaapeleiden vaihtokotelot. Tämän jälkeen esitellään suojauksen perusteita ja tyypillinen ratkaisu pienjännitekeskusrakenteessa sekä kartoitetaan aluepistorasiakeskukset kunkin muuntamokoestuksen aikana. Työssä esitetään eri paikkakuntien jalostamoiden erot työmaasähköistyksessä. Nykytilanteen hahmottamisen jälkeen, työssä esitetään kolme kehitysvaihtoehtoa/mallia, joiden avulla minimoitaisiin sähkökatkojen haitat ja vaikutukset nykyisiä aluetyömaakeskuksia hyödyntäen sekä näille alustavat kustannusarviot. Työn yhteenvedossa otetaan huomioon vaihtoehtojen toteuttaminen käytännössä ja esitetään muita vaikutuksia, jotka olisi syytä huomioida päätöksenteossa ja uusien muuntamoiden sekä prosessialueiden rakentamisessa.



## 2 Neste Oyj: yritys

### 2.1 Neste Oyj yrityksenä

Neste Oyj perustettiin 1948 turvaamaan Suomen öljynhuoltoa ja nesteiden varastointia varten. Jalostamoita rakennettiin Suomeen kaksi kappaletta, joista Naantalin jalostamo aloitti toimintansa 1957. Naantalin jalostamolla on 30 prosessiyksikköä, ja sen vuosituotanto on 3 miljoonaa tonnia vuodessa, ja jalostuskapasiteetti 50 000 tynnyriä päivässä. Porvoon jalostamo, joka sijaitsee Kilpilahdessa, käynnistettiin 1965. Nykyään se on Euroopan nykyaikaisimpia ja monipuolisimpia jalostamoita. Porvoon jalostamo on ns. complex-jalostamo, jonka monipuolinen krakkauskapasiteetti mahdollistaa laajan tuotantorakenteen ja nostattaa tuotannon jalostusarvoa.

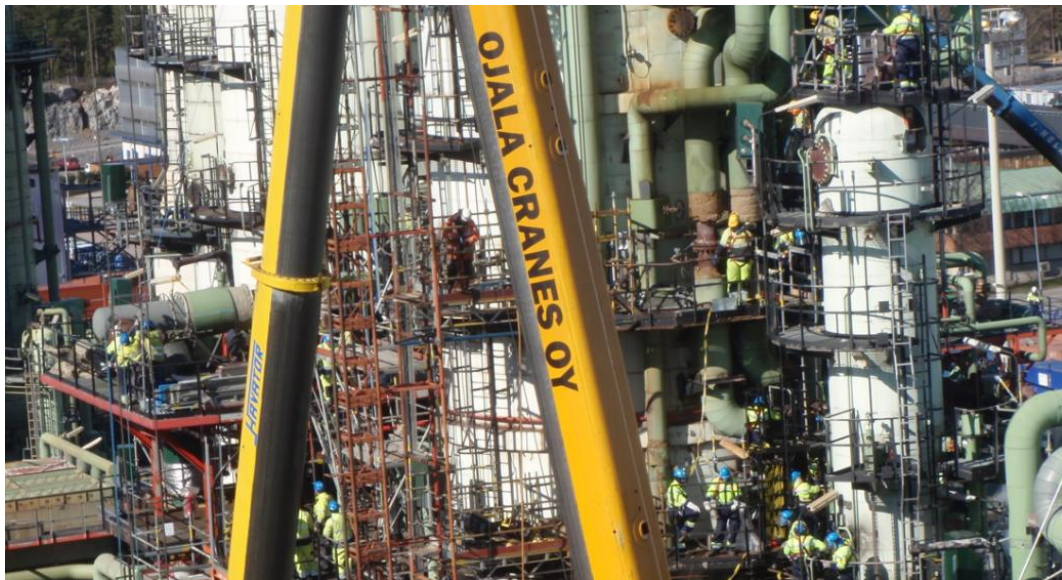


Kuva 1. Porvoon jalostamo

Porvoon jalostamon vuosituotanto on 12,5 miljoonaa tonnia vuodessa ja jalostuskapasiteetti 31800 tonnia, eli 200 000 tynnyriä päivässä. Neste on nykyään liikennepolttoaineisiin keskittyvä jalostus- ja markkinointiyhtiö, joka valmistaa bensiiniä, dieselpolttoaineita, laiva- ja lentoliikennepolttoaineita, kevyitä ja raskaita polttoöljyjä, perusöljyjä, voiteluaineita, liikennepolttoaineiden komponentteja, liuottimia, nestekaasuja ja bitumia. Lisäksi yhtiö valmistaa uusiutuvista raaka-aineista dieseliä. Yhtiöllä on jalostamoita ja tuotantolaitoksia Suomessa, Ruotsissa, Hollannissa, Belgiassa, Kanadassa, Bahrainissa ja Singaporessa. Sen liikevaihto oli 2015 11,1 mrd euroa, vertailukelpoinen liikevoitto 925 M€ ja sen palveluksessa on noin 5000 henkilöä (Neste, yhtiötiedote.)

## 2.2 Suurseisokki

Kehittynyt ja monipuolinen jalostamo vaatii turvallisesti toimiakseen käytettävyyttä ja käyttövarmuutta. Tämän johdosta jalostamoilla pidetään 5 vuoden välein suurseisokkeja. Suurseisokeissa tarkastetaan paineastialain mukaisesti jalostamon prosessialueiden kaikki paineastiat. Samalla huolletaan, puhdistetaan ja korjataan sellaisia laitteita, joille sitä ei käynnin aikana voida tehdä. Näitä ovat esimerkiksi kolonnien ja säiliöiden sisäpuoliset puhdistukset, reaktoreiden katalyyttien vaihdot ja uusien laitoksien liitännät. Vuoden 2015 suurseisokissa huollettiin 709 lämmönvaihtimia, 96 kolonnia, 539 säiliötä, 49 reaktoria ja 2113 varoventtiiliä.



Kuva 2. Kuva vuoden 2015 suurseisokista

Porvoon jalostamon alasajo ja prosessilaitteen tyhjentäminen kestää keskimäärin 14 päivää. Vuonna 2015 seisokityöaika oli kuusi viikkoa. Tämän jälkeen alkoi jalostamon ylösajo, joka kesti 14 päivää. Jotta suurseisokki saadaan vietyä läpi suunnitellussa aikataulussa, ilman tapaturmia tai poikkeamia tulee myös käyttöhyödykkeiden kuten paineilman, huoltoveden ja työmaasähkön olla käytettävissä ja kunnossa (Neste verkkodokumentti.)

## 2.3 Suurseisokissa tehtävät muuntamokoestukset ja vaikutukset

## 2.4 Muuntamoissa tehtävät määräaikaiskoestukset

Jalostamon käytettävyyden ja käyttövarmuuden lisäämiseksi myös sähkölaitteille tehdään määräaikaiskoestuksia ja ennakkohuoltoja suurseisokin aikana. Suurseisokeissa pyritään ensisijaisesti huoltamaan sellaiset laitteet, joita käynnin aikana ei pystytä huoltamaan tai koestamaan. Myös kriittiset laitteiden uusinnat ja niiden koestukset tehdään suurseisokeissa. Tällaisia huoltoja ovat muuntaja- ja katkasijahuollot, relekoestukset sekä primääriset koestukset, joita ovat mm. prosessi- ja jakelukeskuksien ASV-koestukset (automaattinen syötönvaihto), VKS-koestukset (valokaarisuojaus) sekä muuntamoiden kojeistojen Hätä-seis- painikkeiden primääriset koestukset. Koestuksia tehdään pienjännitteellä, 0,69 kV:n ja 0,4 kV:n jännitetasoilla, mutta 0,69kV:n koestukset eivät vaikuta aluetyöskentelyyn.

ASV-koestus: koestus käsittää kojeistojen syötönvaihtologiikan testauksen, jotka vaihtavat pääsyötön varasyötölle, mikäli jännite pääsyötössä katoaa. Tämä tehdään primäärisesti.

VKS-koestus: koestetaan kojeistoihin sijoitettujen valokaariantureiden toimivuus sekä laukaisuryhmien toimivuus ja kuittausjärjestys. Koestus vaatii keskusyksikölle 4,5\*In (nimellisvirran) sekä jonkin valokaarianturin havahtumisen kirkkaasta valosta.

Hätä-seis- painikkeiden koestus: Koestetaan kojeistokohtainen Hätä-seis- painikkeen sekä laukaisuryhmien toimivuus ja kuittausjärjestys.

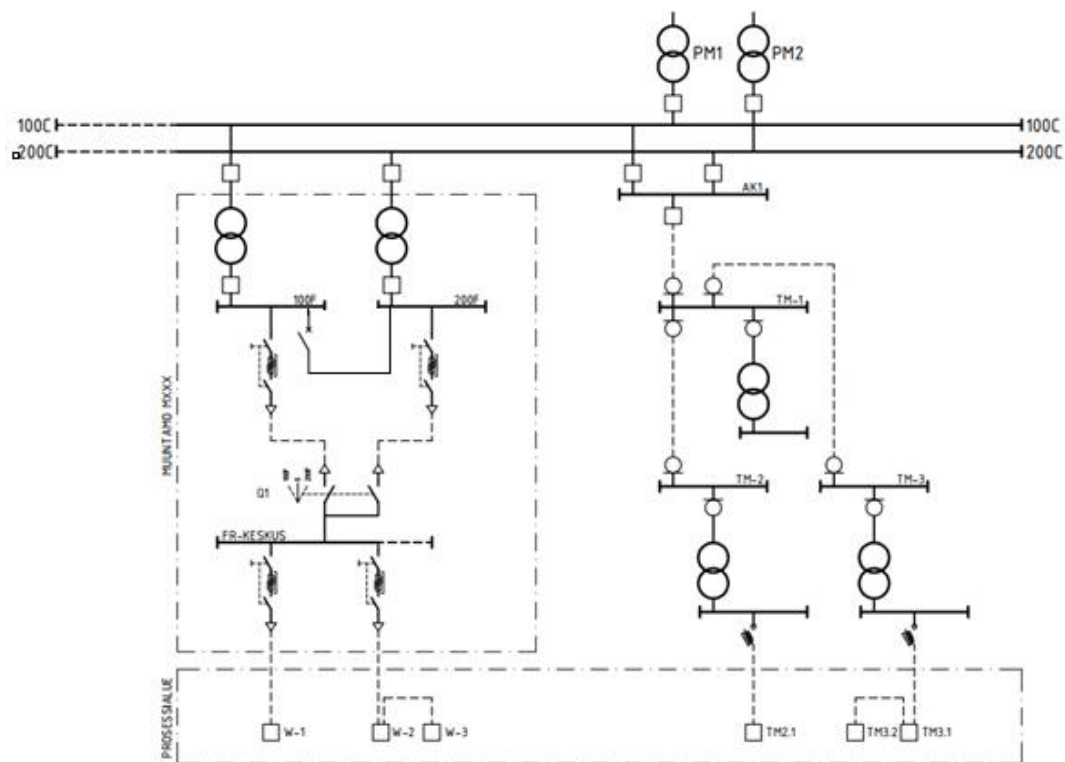
Mikäli laitteisto toimii suunnitellusti, edellä mainitut koestukset aiheuttavat useita lyhyitä jännitekatkoja prosessikeskuksissa ja sen jakelulaitteistossa. Vastaavasti jos syötönvaihtologiikassa tai valokaariyksiköissä ilmenee laiterikkoja, jännitekatkojen kesto pitelee tunteihin. Suurseisokkien sähkökatkoja varten myös sähkökunnossapito joutuu tekemään ja esittämään tuotannolle katkoaikataulun, jossa määritellään kunkin muuntamon suunniteltu koestuspäivä ja arvioitu kesto aika. 2015 suurseisokissa suunniteltuja sähkökatkoja oli yli sata (N-105.)



### 3 Työmaasähköverkon rakenne ja komponentit

#### 3.1 Työmaasähköverkon rakenne

Työmaasähköistys on jaettu Porvoon jalostamolla kahteen erillaiseen syöttöverkkoon, erilliseen työmaasähköverkkoon, jonka syöttö tulee muuntamo M001 apukisko 1:stä, sekä muuntamoilta syötettäviin aluetyömaasähkökeskuksiin. Erona on käytettävyys, suojaus sekä tehot, joita siirretään prosessialueelle. Kuvassa 4 on esitetty työmaasähköverkkojen rakenteet.



Kuva 4. Työmaasähköistysten rakenteet

Porvoon jalostamolla työmaasähköistys on pääsääntöisesti toteutettu muuntamoilta syötettävillä aluepistorasiakeskusratkaisulla. Kantajalostamon tuotantolinjoilla TL1-3 on vain yksi työmaamuuntamo.

### 3.2 FR-keskukset

FR-keskukset ovat ns. alakeskuksia, joiden  $I_n$  (nimellisvirta) on 400 A ja jännitetaso 400 V. Kojeistot ovat standardinrakenteisia levykoteloitua kennokeskustyyppiä. Tila-luokitus on IP3X tai parempi (N-105).



Kuva 5. FR-keskus

FR-keskukset on varustettu kytkinvarokelähdöillä sekä johdonsuojälähdöillä. FR-keskusta syötetään yhdestä tai kahdesta erillisestä prosessikeskuksesta, keskuksen suojaus on toteutettu sulakkeilla. Kuva 5 on erään toimittajan FR-keskus.  $I_{cw}$  10kA,  $I_{pk}$  50kA.



### 3.3 Aluepistorasiakeskukset ja kotelot

Pistorasiakeskukset ja kaapeleiden vaihtokotelot sijaitsevat prosessialueella, joka on normaali käynninaikana räjähdysvaarallista EX-aluetta. Jokaiselle tuotantolinjalle on asennettu useita pistorasiakeskuksia ja kotelointeja siten, että ne pystyvät palvelemaan koko tuotantolinjaa myös eri tasoilla. Työmaapistorasiakeskuksien käyttö vaatii aina tulityöluvan, jonka myöntää tuotanto. Tuotanto poistaa käyttöäestävän lukon pistorasiakeskuksen pääkytkimeltä.



Kuva 6 ja 7. Käytössä olevia pistorasiakeskusmalleja

Porvoon jalostamolla on usean eri laitetoimittajan pistorasiakeskuksia eri aikakausilta, mutta niiden perusrakenne ja komponentit ovat samanlaisia. Keskuksen kotelointiluokka on pääkytkimen osalta EEx de-IIC T6 ja muulta IP54/34. Pistorasiakeskukset on varustettu seuraavin komponentein, pääkytkin, yksi 63A 3~vaihepistorasia, yksi 32A 3~vaihepistorasia, yksi 16A 3~vaihepistorasia ja kaksi 16A 1~vaihepistorasiaa. Kaikki pistorasiat on suojattu omalla johdonsuojalla. Lisäksi 32A ja 16A 3~vaihepistorasia sekä 16A: set 1~vaihepistorasiat on varustettu omilla 30mA vikavirtasuojilla.

Alueella sijaitsevat kaapeleiden vaihtokotelot ovat vaihtoehto aluepistorasiakeskuksille. Kaapeleiden vaihtokoteloille on asennettu ja kytketty kiinteä maakaapelisyöttö. Näin vaihtokoteloille voidaan tarpeen mukaan liittää maakaapeilla tai kumikaapeleilla erillinen siirrettävä työmaakeskus lähelle työkohdetta. Kotelon rakenne on IP34, joten jalostamon käydessä nämä kotelot ovat jännitteettömiä ja jännitteiseksi kytkeminen vaatii käyttöönottomittaukset ja tulityöluvan.



Kuva 8. Kaapelivaihtokotelo



Kuva 9. Kaapelivaihtokotelon sisäpuolinen rakenne



### 3.4 Kaapelointi

Kaapeloinnissa noudatetaan sähköistyksen yleisspesifikaatio kenttäasennukset N-101 sekä siinä mainittuja määräyksiä ja -standardeja. Muuntamoilta prosessialueelle lähtevät kaapelit on sijoitettu betonikanaviin, sekä kaapelit, jotka eivät normaalisti ole kuormitettuja, voidaan sijoittaa kuormitettujen kaapeleiden väliin ilman etäisyysrajoitusta. Tällaisia kaapeleita ovat mm. aluepistorasiakeskusten syöttökaapelit, jotka ovat kuormitettuina pääasiassa vain seisokeissa. Lisäksi kaapelointi tulisi suunnitella ja toteuttaa siten, että kaapeleihin ei tarvitsisi tehdä jatkoja. Taulukossa 1 esitellään yleisimmät käytössä olevat kaapelit.

Taulukko 1. Kaapelityypit

Poikki- pinta mm <sup>2</sup>	U <sub>0</sub> /U						
	0,6/1kv					6/10kv	12/20kv
	MCMK	MCMK	AMCMK	AMCMK	AXMK	AHXCМК-WTC	AHXCМК-WTC
2,5	MCMK 3x2,5+2,5	MCMK 4x2,5+2,5					
6	MCMK 3x6+6	MCMK 4x6+6					
10	MCMK 3x10+10	MCMK 4x10+10					
16	MCMK 3x16+16	MCMK 4x16+16	AMCMK 3x16+10		4x16S		
25	MCMK 3x25+16	MCMK 4x25+16			4x25S		
35	MCMK 3x35+16	MCMK 4x35/16S	AMCMK 3x35+10		4x35S		
50			AMCMK 3x50+15				
70	MCMK 3x70+35	MCMK 4x70/35S	AMCMK 3x70+21	AMCMK 4x70/21S	4x70S		3x70Al+35Cu
95	MCMK 3x95+50		AMCMK 3x95+29				
120	MCMK 3x120+70	MCMK 4x120/70S	AMCMK 3x120+41	AMCMK 4x120/41S	4x120S		3x120Al+35Cu
150	MCMK 3x150+70		AMCMK 3x150+41				
185	MCMK 3x185+95	MCMK 4x185/95S	AMCMK 3x185+57	AMCMK 4x185/57S	4x185S	3x185Al+35Cu	3x185Al+35Cu
240	MCMK 3x240+120	MCMK 4x240/120S	AMCMK 3x240+72	AMCMK 4x240/72S	4x240S	3x240Al+35Cu	3x240Al+70Cu
300					4x300S	3x300Al+35Cu	

Kaapeleiden asennusten ja jatkojen pitää olla standardien SFS 6000 ja SFS 6001 mukaisia. Kaapeleiden mitoituksessa johtimen resistanssi lasketaan 80°C lämpötilassa, sekä vierekkäin asennettujen kaapeleiden osalta SFS 6000-5-52 mukaista korjauseroita. Tehokaapeleiden jatkoja ei saa asentaa muuntamotiloihin, vaan jatkos tehdään hiekkatäytteisessä kaapelikanavassa. Ennen kaapelin kytkentää tehdään eristysresistanssimittaus sekä suojajohtimen ja PEN-johtimen (TN-järjestelmässä voidaan käyttää yhteistä johdinta, suojajohdin PE ja nollajohdin N) jatkuvuuden mittaus (N-101.)

### 3.5 Työmaamuuntamot

Työmaamuuntamot, ns. puistomuuntamot, sisältävät jakelumuuntajan, suurjännite- ja pienjännitekojeiston. Muuntajat ovat teholtaan 500-1000 kVA hermeettisiä öljyristemuuntajia, joiden jännitetaso on 10/0.4 kV. Suurjännitekojeisto on SF6-kojeistoa, jossa on yleensä 3-5 kenttää ja terminen kestovirta (1 s) 25 kA. (liite 6). Pienjännitekojeisto sisältää halutun määrän jonovarokeytkimiä tai compact-katkasijoita suojaileella varustettuna. Erään toimittajan pienjännitekaavio on esitetty liitteessä 7.



Kuva 10. TM11 (työmaamuuntamo)

Työmaamuuntamot sijoitetaan omalle betonijalustalle. Sijoituspaikka on prosessialueiden ulkopuolelle ja kytketään pääsääntöisesti sarjaan siten, että yhden 10 kV kaapelilihteyden perässä on 1-4 työmaamuuntamoita. Syötön oikosulkuvirta on rajoitettu <25 kA. Liitteessä 8 ovat työmaamuuntamoiden julkisivurakennekuvat.

## 4 Ryhmälähdöt muuntamoissa ja niiden suojaus

### 4.1 Yleistä

Nesteen Kilpilahden keskijänniteverkon suojauksesta on erillinen ohje OQD-9869. Verkon oikosulkusuojana käytetään kennokohtaista aikaselektiivistä vakioaika ylivirtasuojasta. Maasulkuvirta rajoitetaan 50 A:iin päämuuntajan tähtipisteeseen kytketyllä vastuksella. Päämuuntamon kojeiston suojana käytetään nollajännitteen mittaukseen perustuvaa hälyttävää maasulkusuojaa. Maasulkusuojana käytetään lähtökohtaista aikaselektiivistä suunnattua tai suuntaamatonta laukaisevaa maasulkurelettä. Suuntaamattomat maasulkureleet lukitaan kiskon Uo-jännitteeseen (nollajännite). Päämuuntamossa kojeistoon tai päämuuntajalle asennetaan vaiheiden ja maan väliin ylijännitesuojat. Myös päämuuntajan alajännitepuolen tähtipiste suojataan ylijännitesuojalla.

Syöttökentän suojassa on oltava seuraavat ominaisuudet:

- ylivirtasuoja (ylempi porras otetaan käyttöön ns. tausta-asetteluilla, ennen päämuuntajien rinnankytkentää)
- jatkuvatoiminen itse valvontajärjestelmä
- häiriötallennin
- sarjaliikenneväylä

Johtosuojassa on oltava seuraavat ominaisuudet:

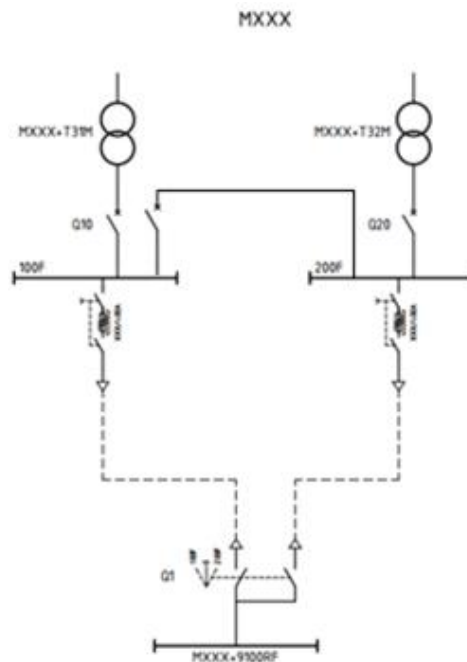
- ylivirtasuoja
- suunnattu maasulkusuoja
- jatkuvatoiminen itse valvontajärjestelmä
- sarjaliikenneväylä.

### 4.2 Alakeskusten syöttöjen kytkinlaitteet

Alakeskuksia syöttävät katkaisijat ovat ulosvedettäviä ja nelinapaisia. Yli 630 A:n nimellisvirtaisten keskusten syöttöihin on asennettu ylivirta- ja oikosulkusuojilla varustetut ilmakatkaisijat. 630A ja pienemmät syötöt on varustettu kiinteillä kytkinvarokkeilla tai compact katkaisijoilla (N-105.)

#### 4.3 Tyypillinen ratkaisu, joka on suunnittelun pohjana

Uudemmat muuntamot, joissa on vähintään kaksi erillistä 400 V prosessikeskusta, syötetään pääsääntöisesti kahdella 10/0.4kV-jakelumuuntajalla. Tyypillinen ratkaisu on esitetty kuvassa 11. Jakelumuuntajia syötetään kaapeliyhteyksillä ja muuntajien toisio-puolet ovat pääsääntöisesti eristetyillä kiskoilla yhteydessä kojeistoon, jossa sijaitsevat syöttökatkasijat. Kojeston suojalaitteena toimii suojarele (katkasijan suojarele) sekä valokaarisuojaus (TVOC2), jotka häiriötilanteessa avaavat syöttökatkasijan ja lukittuvat. Kojelistosta olevista kytkinvarokelähdöistä, jotka tyypillisesti ovat OS 630 D04N1P tyyppiä, syötetään FR-alakeskusta kahdesta eri 400 V prosessikeskuksesta kaapeliyhteydellä.



Kuva 11. Muuntamon tyypiratkaisu

Alakeskuksessa on valintakuormakytkin (kuva 12), jolla syötön suunnan voi valita kytkentätilanteen mukaan. Jalostamon muuntamoiden alakeskukset on nimeäminen on ollut kirjavaa, mutta nykyisin muuntamoiden alakeskukset on nimetty FR-alkutunnuksilla sähköistyksen yleisspesifikaation N-105 mukaisesti.

Alakeskuksen tarkoitus on palvella prosessialueen tarpeita, joten FR-keskuksen lähdöt ovat pääsääntöisesti työmaapistorasiakeskuslähtöjä tai valaistuslähtöjä. Edellä mainitut lähdöt on toteutettu kytkinvarokelähdöin, joista on AMCMK- tai MCMK-tyyppisellä kaapelilla yhteys prosessialueen käyttöihin (esim. MCMK 4x35+16).



Kuva 12. Erään toimittajan versio vaihtokuormakytkimestä

#### 4.4 Varavoima

Varavoimatehoa käytetään prosessin turvalliseen alasajoon tarvittavien laitteiden syöttöön. Muuntamalla varatehoa käytetään mm. valaistus- ja pistorasiasyöttöihin. Kentällä varatehoa käytetään varavalaistukseen, moottoriventtiilien syöttöön sekä syöttämään tehoa automaation ja muuntamoiden UPS- ja tasasähköjärjestelmille. Varavoimaan ei kytketä laitteita, jotka eivät salli katkoja, esimerkiksi analysaattoreita.

Varavoimakeskus saa pääsyöttönsä normaalisti muuntamon kojeistosta, mutta sähkökatkoksen sattuessa vaihtoautomaatiikka vaihtaa syötön varavoiman teholähteelle, joka voi olla muuntamolla oleva dieselgeneraattori, varavoimamuuntaja tai muualta asennettu pienjännitteinen varvoimasyöttö (lähde N-105.)

#### 4.5 Keskuksien ja koteloiden sijainnit prosessialueella

Kaikille tuotantolinjoille on sijoitettu useita työmaapistorasiakeskuksia sekä vaihtokoteloita siten, että ne pystyvät palvelemaan tiettyä aluetta prosessialueella. Maksimietäisyys keskusten välillä on suunnitteluohjeessa 40 metriä. Prosessialueella olevat työmaapistorasiakeskukset on sijoitettu pääsääntöisesti maantasolle betonipilareihin, pumppukäytävien varrella (kuvat 6 ja 7). Keskuksia on asennettu myös hoitotasolle, jopa 80 metrin korkeuteen. Kaapeleiden vaihtokotelot ovat kaikki asennettu prosessialueelle maantasolle betonipilareihin (kuvat 8 ja 9). Työmaapistorasiakeskuksien ja vaihtokoteloiden sijainnit on dokumentoitu alueiden tehoasennuskuviin (taulukko 2).

Taulukko 2. Tehoasennuskuvat ja piirustusnumerot

TUOTANTOLINJA	KUVANUMERO	LEHTI	REVISIO
TL1	NP0-13988	1	5
TL1-JÄÄH. VESIL.	JNP0-2472	1	1
TL1-JÄÄH. VESIL.	JNP0-2359	1	23
TL1-JÄÄH. VESIL.	JNP1-13210	1	2
TL2	NP0-13959	1	6
TL2	NP0-13959	2	7
TL3	NP0-13963	1	5
TL3	NP0-18002	1	9
TL3	NP0-18002	2	2
TL3	NP0-18002	3	5
TL3	NP0-18002	4	9
TL3	NP0-17992	1	3
TL3	NP0-18962	1	7
TL3	NP0-18962	2	4
TL3	NP0-18962	3	3
TL3	NP0-18962	4	2
TL3	NP0-18962	5	3
TL3	NP0-18962	6	5
TL3-JÄÄH. VESIL.	NP0-17055	1	2
TL3-JÄÄH. VESIL.	NP0-17059	1	2
TL4	NP0-15802	1	3
NAANTALI	NN-4690-31888 A0	1	5
NAANTALI	NN-4690-31887 A1	1	5

#### 4.6 Tuotantolinja 4:n työmaasähköistys

Tuotantolinja neljän (TL4) työmaasähköistys poikkeaa kantajalostamon rakenteesta, jonka johdosta se on rajattu pois työstä. TL4-alueen työmaasähköverkko rakennettiin jo tuotantolinjan rakennusvaiheessa. Vuonna 2003 projektissa hankittiin alueelle kaksi puistomuuntajaa sekä tulevalle prosessialueelle viisi kaapelienvaihtokoteloja. Kaapelienvaihtokoteloiden jatkeeksi asennettiin Vohecin 400 A:n siirrettävät työmaasähkökeskukset. Tämä oli toimiva ratkaisu rakennusvaiheen sähköistykselle, koska muuntamoiden rakentamista ei ollut vielä aloitettu. TL4-muuntamoihin M120 ja M121, asennettiin jo rakennusvaiheessa kohdan 4.3 tyypillinen ratkaisu. Nykyään nämä ratkaisut antavat mahdollisuuden suurseisokeissa katkottomaan sähköön kohteissa, joissa se on tarpeen.

### 5 Aluepistorasiakeskuksien nykytilanne

#### 5.1 Aluekeskuksien arviointi/luokitus

Porvoon kantajalostamon tuotantolinjoilla TL1-3 on yhteensä 245 aluepistorasiakeskusta (M+ tietokanta), joihin suurseisokkien aikaiset sähkökatkot vaikuttavat. Jotta selvitystyö on ollut mahdollista, on kaikki pistorasiakeskukset priorisoitu vertailemalla jokaisen tuotantolaitoksen alue/tehoasennuskuviin merkattuja pistorasiakeskuksien sijainteja. Priorisoinnissa on haastateltu tuotantolaitoksien kunnossapito- ja tuotantohenkilöitä sekä seisokkiorganisaation suunnittelijoita. Lisäksi apuna on käytetty edellisien suurseisokkien "HOT SPOT" karttoja sekä toistuvia kriittisen polun työkohteiden sijainteja. Priorisointivertailun tuloksena muodostui ajatus, jossa kaikki olemassa olevat ja uudet aluepistorasiakeskukset tulisi luokitella tärkeyden mukaisesti. Prioriteettiin vaikutti katkottomuus, jonka tuloksena muodostui 0-1-2-luokitus.

0-luokka, ei katkoja. Tämän laatukselle sähkölle ei ole tarvetta

1-luokka, sallitaan 1-3 sekunnin jännitekatko satunnaisesti

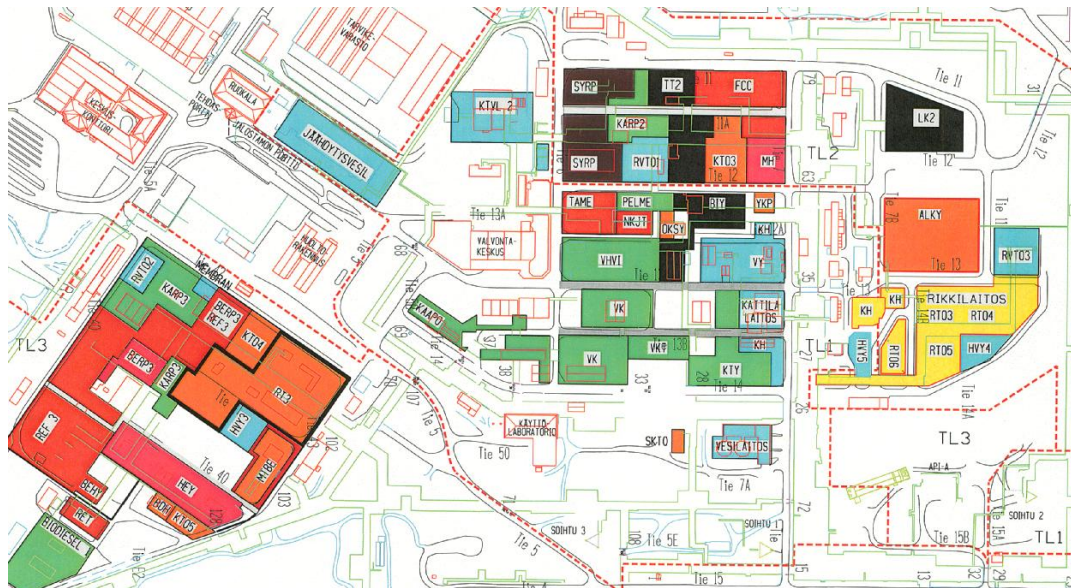
2-luokka, ei merkitystä



Selvityksen tuloksena TL1-3 alueella on 66 ns. 1-luokan pistorasiakeskusta, joiden ei haluta kuuluvan sähkökatkojen piiriin muuntamokoestuksien aikana.

## 5.2 Selvitys muuntamoittain

Tässä luvussa on selvitetty tuotantolinjojen 1-3 muuntamoiden 400 V:n keskuksia, selvitys sisältää keskuksia syöttävät muuntajat ja muuntajien syöttökentät. Tietoihin on lisätty, mistä dokumentista tiedot on kerätty. Selvityksessä on muuntamoittain kuvattu 400 V pääkaavio. Pääkaavion rakenteesta näkee, miten koestukset vaikuttavat FR-keskusten ja aluepistorasiakeskusten sähkönsyöttöön. Lisäksi selvitykseen on listattu, kuinka monta 1-luokitettua FR-keskusta on katkon alaisena (liite 1).



Kuva 13. Tuotantolinjojen TL1-3-prosessiyksikkökartta

Liitteessä kuvataan 400 V pääkaavio ja syöttösuunnat keskuksiin, joista 1-luokitetut aluepistorasiakeskukset saavat syöttönsä sekä luetellaan 1-luokitetut aluepistorasiakeskukset syöttöpisteineen.



### 5.3 Nykytilanteen arviointi

Nykyisellä 0.4 kV keskusrakenteella Porvoon kantajalostamolla, joka käsittää TL1-3 alueet, on vain 7 aluepistorasiakeskusta eli vain viidennes 1-luokan aluepistorasiakeskuksista, joihin nykyisellä rakenteella saadaan korvauskytkennällä katkotonta sähköä muuntamokoestuksien ajaksi. Lisäksi TL2-alueella oleva työmaamuuntamon TM11 ja tämän kuusi alakeskusta pystyvät jakamaan katkotonta sähköä TL2:lle koko suurseisokin ajan. Luettelo keskuksista ja sijainti alueella on seuraavassa

M002: 2W31 M002+306FR.A.F01. Sijainti alueella TL1\_TAME\_J/34

2W34 M002+306FR.D.F01. Sijainti alueella TL1\_TAME\_J31

2W50+W57 M002+302FR.D.F01, Sijainti alueella TL1\_VHVI\_B/23+E/24

M028: 28W3 M028+9205F.D.F01. Sijainti alueella TL2\_SYRP\_M/23

28W9 M028+9206F.B.F01. Sijainti alueella TL2\_TT2\_A/16

28W10 M028+9206F.C.F01. Sijainti alueella TL2\_TT2\_C/16

28W16 M028+9206F.I.F01. Sijainti alueella TL2\_MH\_A/7

M001TM11 TM11/1 Sijainti alueella TL2\_FCC\_N/9

TM11/2 Sijainti alueella TL2\_FCC\_M/9

TM11/3 Sijainti alueella TL2\_FCC\_M/9

TM11/4 Sijainti alueella TL2\_FCC\_N/6

TM11/5 Sijainti alueella TL2\_FCC\_P/4

TM11/6 Sijainti alueella TL2\_FCC\_putkilinja

#### 5.4 Naantalin jalostamo

Naantalin jalostamolla sähköverkon rakenne, suojaustapa ja jännitetasot eroavat Porvoon jalostamosta. Tuotantolaitoksen fyysinen koko ja laitemäärät ovat huomattavasti pienempiä kuin Porvoon jalostamolla. Tämän lisäksi Naantalin jalostamolla ei ole toteutettu hankkeita, joissa sähköjakeluun liittyviä laitteistoja tai jakeluverkkoa olisi uudistettu. Edellinen sähkölaitteiston osittainen revisiointi on ollut 2000-luvun alussa. Kojeistoustouusintoja ja kojeistojen lisäyksiä on tehty, mutta isompia kokonaisuuksia ei ole uudistettu. Naantalin sähköverkon rakennetta tulisi tarkastella laajemmin sekä tehdä verkosta kehityssuunnitelma tuleville vuosille. Verkkoyhteydet tulisi tutkia, onko kaikki yhteydet kahdennettuja ja miten syötönvaihtojen häiriönkesto toimii. Siirtojohtojen kapasiteetti ei vastaa päämuuntajien nimellistehoja ja prosessikeskuksien nimellisvirtojen kestoisuus vaatisi laajempaa tarkastelua.

Suurseisokeissa Naantalin jalostamon työmaasähkön tarve ja kohteet ovat samanlaisia kuin Porvoon jalostamolla. Suurimpana erona jalostamoiden välillä on aluepistorasiakeskuksia syöttävien muuntamoiden määrä. Porvoon jalostamolla pistorasiakeskuksia syöttävät lähes 20 muuntamoa, kun Naantalin jalostamolla tarve on hoidettu pääosin kahden muuntamon 400 V keskuksella. KL02.R20, KL02.R21 ja M002.R27. KL02.R20 ja M002.R27 syöttävät yhteensä 21 kpl aluepistorasiakeskusta. Naantalin 400V keskuskaaviot ovat NN-3802-19854 A0 ja NN-4690-34253 A0.

Toinen eroavaisuus on havaittavissa pienjänniteverkon rakenteessa (400V keskuksset), korvauskytkennän aikana 400 V keskuksset ovat aina jännitteisiä, pois lukien vakavat häiriötilanteet. Lisäksi Naantalin jalostamolla sähköverkon ja pienjännitekeskuksien koestusohje eroaa siten, että ennakkohuolloissa ja määräaikaiskoestuksissa ei tehdä primäärisiä koestuksia. Näin ollen primäärisen koestustilanteen todelliset vaikutukset eivät ole tiedossa.

## 5.5 KED Oy

Uusi sähkömarkkinalaki 588/2013 tuli voimaan 1.9.2013. Lakiuudistukset vaikuttivat myös Nesteen sähköntuotantoon ja jakeluun. Uudessa laissa todetaan, että yhtiö, joka on sähköntuottaja sekä sähkönkuluttaja tulee eriyttää joko kirjanpidollisesti tai lakiin perustuen tulos (yhtiöittäminen). Samoihin aikoihin Neste taisteli maailman tilanteista johtuvien selkkausten myötä halvan raakaöljyn ja pienien jalostusmarginaalien takia olemassaolostaan. Nesteen strategiset tavoitteet on olla Itämeren johtava polttoaineratkaisujen tarjoaja sekä kasvaa globaaleilla uusiutuvien raaka-aineisiin perustavilla markkinoilla. Jotta nämä tavoitteet on mahdollisia saavuttaa, yhtiö on nähnyt, että uudet investoinnit ovat välttämättömiä. Neste myi 7.10.2014 koko sähkönjakeluliiketoimintansa Kilpilahden sähkönsiirto Oy:lle, joka vaihtoi nimensä KED Oy:ksi (Kilpilahti Electricity Distribution). Näin Neste vapautti varoja tuleviin investointeihin.

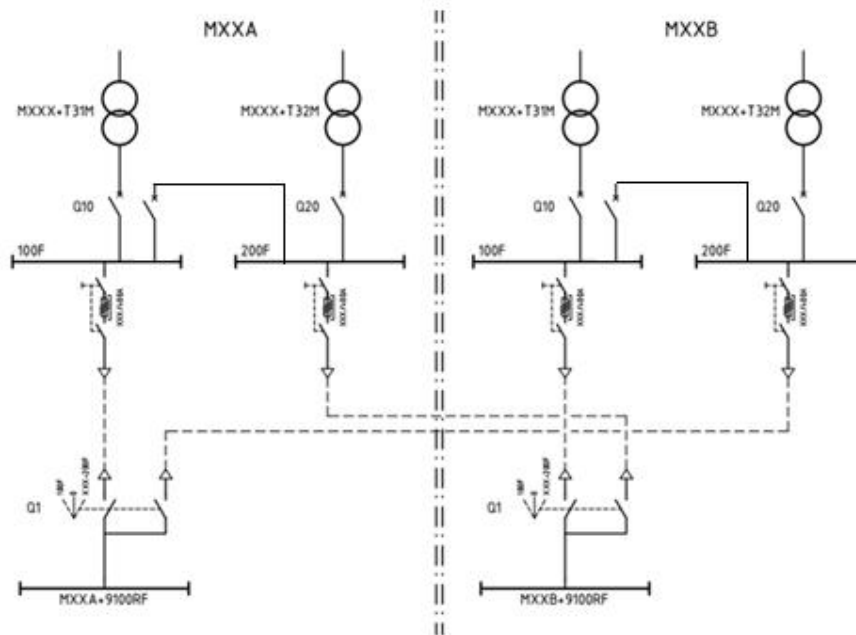
KED Oy omistaa ja vastaa nyt koko Kilpilahden teollisuusalueella suur- ja keskijännitejakelusta, lisäksi se omistaa lähes sata muuntamoita ja lähes kaiken niihin liittyvän tekniikan ml. työmaasähköverkon. Muuntamoissa KED Oy:n ja eri yhtiöiden omistusrajana ovat pienjännitekojeistojen kokoojakiskojen liittimet. Sähkömarkkinalain uudistuksessa lakiin on kirjattu myös uusi verkkotyyppi, suljettu verkko. KED Oy on hakenut ja saanut suljetun jakeluverkon luvan. Tausta suljetulle jakeluverkolle on EY:n kolmannessa sisämarkkinapakettissa, jonka seurauksena muodostui tällainen uusi verkkotyyppi. KED Oy on luonut oman kehitysohjelman, jolla se haluaa varmistaa käytettävyyden sähkönsiirrossa ja ennakoida tehonnostotarpeet Kilpilahden alueella, lisäksi suljetun verkon haltijana ja sähkönsiirtoyhtiönä KED Oy haluaa nykyaikaistaa sähkönjakelua. Näillä toimenpiteillä se varmistaa tariffin perusteet ja sijoitetulle pääomalle kohtuullisen hyödyn.

Tällä hetkellä KED Oy:llä ja Neste Oy:llä on O&M-sopimus aina 2016 lokakuun loppuun asti. Voimassa olevan O&M-sopimus velvoittamana Nesteen sähkökunnossapito operoi Kilpilahden 110 kV:n rengasta sekä sähkönjakelua Nesteen alueen muuntamoissa. O&M-sopimus sisältää huolto- ja kunnossapitotyöt sekä uusien projektien kommentoinnin. Tulevaisuudessa hankevastuut ja kustannuksien rajaukset sekä energiamittaukset ovat huomioitavia kohtia projekteissa.

## 6 Työmaasähköistyksen kehittäminen

## 6.1 Työmaasähköistyksen kehittäminen

Tässä työssä on tutkittu kolmea kehitysvaihtoehtoa, joiden tavoitteena on minimoida jännitekatkojen vaikutukset prosessialueella suurseisokkien aikana. Kehitysvaihtoehtojissa ei ole tutkittu olemassa olevien kojeistojen suojauksia, selektiivisyyttä, jännitteen alenemaa tai yleensä sähkönlaatua. Ensimmäisessä selvityksessä on pyritty hyödyntämään olemassa olevia työmaapistorasiakeskuksia, joissa pääpaino on kiinnitetty syöttäviin keskuksiin ja muuntamoiden välisiin etäisyyksiin. Kehitysvaihtoehdossa on keskitytty löytämään korvaavat syöttöpisteet olemassa olevista 400V keskuksista kantajalostamon muuntamoissa. Lisäksi on tutkittu 1-luokiteltujen työmaapistorasiakeskusten lähtöjen sijoittelua muuntamon keskusrakenteessa, sekä tehty laskelmia uusista kaapeliyhteyksistä. Erilliset laskelmat muuntamoittain on tehty liitteessä 2.



Kuva 14. Ratkaisumalli 1

Mikäli hyväksymme alue- ja keskuskohtaisesti 1-3 sekunnin jännitekatkot suurseisoikeissa, jännitteen laatuun liittyen jännitteen aleneman  $3\% > 5\%$ , joka 230 VAC:n

vaihejännitteellä tarkoittaisi 12 VAC sekä muuttaisimme alakeskusten syöttöjenpisteiden keskusperiaatetta. Pystytään nykyisellä muuntamoiden verkkorakenteella ja 400 V:n keskusrakenteella minimoimaan jännitekatkojen vaikutukset. Tässä tapauksessa ns. FR-keskusten korvaava syöttö tulisi fyysisesti lähimmän muuntamon 400 V prosessikeskuksesta, ja uusi syöttö vaatisi kaapeliyhteyden.

## 6.2 Syöttökenttämuutokset ja kaapelikäännöt muuntamoittain TL1-TL2

M002+300RF-keskuksessa, jossa on kaksi 1-luokitettua työmaasähkökeskuksen syöttöpistettä, syötetään kentistä M002+174F.04 tai M002+319FB. Suojaus on toteutettu gG-sulakkeilla 500/630A-kytkinvarokelähdöistä. M002+174F.04-syöttö voidaan korvata ja kääntää M004+108FF:n, jossa on 630 A kytkinvaroke. Muuntamoiden etäisyys on 120 metriä, jolloin kaapeli pitää olla 2x (AMCMK 4x300/88). Muita vapaita syöttöpisteitä voivat olla muuntamo M101+414FB, jossa vapaana 630 A:n kytkinvaroke, etäisyys M002 ja M101 välillä noin 550 metriä tai M028+223FF, jossa myös vapaana 630 A kytkinvaroke, etäisyys M002 ja M028 välillä 440 metriä. Kummatkin vaihtoehtoiset syötöt ovat huomattavasti pitempiä kuin M002 - M004 (laskentaliite 2.1).

M003+300F-keskuksessa, jossa on kaksi 1-luokitettua työmaasähkökeskuksen syöttöpistettä, syötetään kentistä M003+144FD tai M003+220FB. Suojaus on toteutettu gG-sulakkeilla 630/630A-kytkinvarokelähdöistä. M003+220FB-syöttö voidaan korvata ja kääntää M019+209FC:n, jossa on varalla 630A kytkinvaroke, muuntamoiden etäisyys 330 metriä, jolloin kaapelin tulee olla 4x (MCMK 4x240/120) (laskentaliite 2.2).

M004+9100F-keskukseen ei ole asennettu yhtään 1-luokitettua työmaasähkökeskuksen syöttöpistettä. M004+9100F syötetään kentistä M004+102FA tai M004+3005FA. Suojaus on toteutettu gG-sulakkeilla 500/630A-kytkinvarokelähdöistä. M004+3005FA-syöttö tulisi korvata ja kääntää M002+321FB:n, jossa on varalla 630 A:n kytkinvaroke, muuntamoiden etäisyys 120 metriä, jolloin kaapelin tulee olla 2x (AMCMK 4x300/88). Tulevaisuudessa tulee huomioida M004 400 V keskusrakenne, jolloin 9100F-keskukseen voidaan lisätä 1-luokitettuja työmaakeskusten syöttöjä (laskentaliite 2.3).

M019+300F-keskus, jossa on kaksi 1-luokitettua työmaasähkökeskuksen syöttöpistettä, syötetään kentistä M019+110FD tai M019+209FC. Suojaus on toteutettu gG-sulakkeilla 400/630A kytkinvarokelähdöistä. M019+209FC syöttö tulee korvata ja kääntää M003+220FB:n, jossa varalla on 630A kytkinvaroke, muuntamoiden etäisyys 330 metriä, jolloin kaapelin tulee olla 3x (AMCMK 4x300/88) (laskentaliite 2.4).

M033+200F-keskus, jossa on seitsemän 1-luokitettua työmaasähkökeskuksen syöttöpistettä, syötetään vain yhdestä syöttöpisteestä M033R1+102FE-kentästä. Suojaus on toteutettu gG-sulakkeilla 630/630A-kytkinvarokelähdössä. M033+200F-syöttökenttää tulee asentaa syötönvaihtokuormakytkin sekä asentaa uusi kaapeliyhteys muuntamoiden M033-M106 välille. Uusi korvaussyöttö tulee M106+208F.05-kentästä, jossa on varalla oleva 630A-kytkinvaroke. Muuntamoiden etäisyys on 450 metriä, jolloin kaapelin tulee olla 5x (MCMK 4x240/120) (laskentaliite 2.5).

M101+100FR1-keskus, jossa on kahdeksan 1-luokitettua työmaasähkökeskuksen syöttöpistettä, syötetään kentistä M101+110FD tai M101+208FB. Suojaus on toteutettu gG-sulakkeilla 400/400A kytkinvarokelähdöistä. M101+208FB syöttö tulee korvata ja kääntää M081+506.D.F01, jossa on 630A-kytkinvaroke, muuntamoiden etäisyys 120 metriä, jolloin kaapelin tulee olla 3x (MCMK 4x240/12). M101=W44-syöttökaapelin poikkipinta tulee vaihtaa suuremmaksi jännitteen aleneman vuoksi. Myös muille kaapelilähdöille tulee tehdä tarkempi suojaustarkastelu (laskentaliite 2.6).

M002:sta tulisi tehdä kuuden 10/0,4kV-jakelumuuntajan ja keskusrakenteen ansiosta TL1:lle ja TL2:lle työmaasähköistuksen solmupiste. Vuoden 2015 aikana puretun 3 kV keskuksen ansiosta muuntamosta löytyy vapaata tilaa ja jakelumuuntajista tehokapasiteettiä uudelle FR-keskuksen hankinnalle. Uuden FR-keskuksen korvauskytkentä pysyisi hoitamaan muuntamon sisäisesti ja täten tarjoamaan katkotonta sähköä koestuksien aikana. Keskuksen hankinta vaatii tarkempaa kustannustarkastelua.

### 6.3 Syöttökenttämootokset ja kaapelikäännöt muuntamoittain TL3

M037+2200F-keskus, jossa on viisi 1-luokiteltua työmaasähkökeskuksen syöttöpistettä, syötetään kentistä M037+124F.05 tai M037+205FC. Suojaus on toteutettu gG-sulakkeilla 630/630A-kytkinvarokelähdöistä. M037+205FC-syöttö tulee korvata ja kääntää M139+206FB:n, jossa 630A-kytkinvaroke. Muuntamoiden etäisyys on 150 metriä, jolloin kaapelin tulee olla 3x (AMCMK 3x300/88). (laskentaliite 2.7).

M083:lla sijaitsee seitsemän 1-luokitettua työmaasähkökeskuksen syöttöpistettä, mutta muuntamoon ei ole asennettu erillistä FR- keskusta, joten syötöt ovat 100/200F prosessikeskuksen kentistä. Lisäksi tulee huomioida, että M083 on riippuvainen M037 kytkennöistä, täten M083:lle tulee hankkia erillinen FR- keskus joka asennettaisiin 3-kerroksen LVI tilaan. Uuden keskuksen syötöt tulee M139+100F:stä tai M084+100F:stä. Laskenta on tehty uuteen hankittavaan FR- keskukseen, jolloin M83+200F syöttö korvattaisi M084+109FC.F01. Muuntamoiden etäisyys on 230 metriä, jolloin kaapelin tulee olla AMCMK 4x300/72 (laskentaliite 2.8).

M084:llä W-10/11- ja W-14/15-pistorasiakeskusten syöttökaapelit tulee kääntää M084+200FR:een, jota syötetään kentistä M084+106FC tai M084+208FE. Suojaus on toteutettu gG-sulakkeilla 250/250A-kytkinvarokelähdöistä. Lisäksi M084+208FE-syöttö tulee korvata ja kääntää M139+209FB:n, jossa varalla 630A-kytkinvaroke. Muuntamoiden etäisyys on 120 metriä, jolloin kaapelin tulee olla AMCMK 4x185/57 (laskentaliite 2.9).

M089+200RF-keskus, jossa sijaitsee neljä 1-luokitettua työmaasähkökeskuksen syöttöpistettä, syötetään kentistä M089+108FD tai M089+210FD. Suojaus on toteutettu gG-sulakkeilla 630/630A-kytkinvarokelähdöistä. M089+210FD-syöttö tulee korvata ja kääntää M084+209FD:n, jossa varalla 630A-kytkinvaroke. Muuntamoiden etäisyys 250 metriä, jolloin kaapelin tulee olla 4x (AMCMK 4x300/88) (laskentaliite 2.10).

M139+9100RF-keskuksessa sijaitsee kaksi 1-luokitettua työmaasähkökeskuksen syöttöpistettä. Keskusta syötetään kentistä M139+105FC tai M139+204FC. Suojaus on toteutettu gG-sulakkeilla 630/630A-kytkinvarokelähdöistä. M139+204FC-syöttö tulee korvata ja kääntää M084+210FC:n, jossa varalla 630 A kytkinvaroke. Muuntamoiden etäisyys on 120 metriä, jolloin kaapelin tulee olla 3x (AMCMK 4x300/88) (laskentaliite 2.11).

#### 6.4 Uusien kaapeliyhteyksien laskenta:

Uuden kaapeliyhteyden kaapelityypin valinnassa on käytetty Neste Jacobsin sähkösuunnittelun jännitehäviön ja suojauksen Excel-pohjasta toiminta-aikalaskentaohjelmaa. Taulukkoon on kirjattu syötön sulakekoko  $I_n$ , jonka perusteella taulukko laskee kuormantehon (kVA),  $\cos$  arvona on käytetty (1), koska FR-keskuksen kuorma on pääsääntöisesti resistiivistä kuormaa. Korvaavan muuntamon syöttävän keskuksen oikosulkuvirta on saatu Neste Jacobsin sähkösuunnittelun tietokannasta, lisäksi uusien kaapeliyhteyksien pituus on arvioitu laskentaohjelmaan nykyisien kaapelireittien pohjalta ja lämpötila-arvona on käytetty N-101 mukaisesti  $+80^{\circ}\text{C}$ . Suojauslaskentaan on huomioitu laskettavan keskuksen ja sen suurimman sulakelähdön piirin oikosulkuvirta sekä kokonaisjännitteen alenema. Lisäksi laskentaohjelma käyttää ohjeen N-101 mukaisesti automaattisesti rinnakkaiskaapeloinnissa korjauskerrointa. Suojauslaskennassa ei ole tarkasteltu nykyisiä syöttöpisteitä eikä niiden oikosulkuvirtoja.

Nimellisvirran määrittäminen seuraavasta kaavasta:

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos\varphi \quad (1)$$

$U =$  pääjännite

$I =$  nimellisvirta, sulakkeennimellisvirta

$P =$  pätöteho



Jännitteen alenema saadaan seuraavilla kaavoilla:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi} \quad (2)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * I (\cos\varphi * R + \sin\varphi * X) \quad (3)$$

R = johto-osuuden resistanssi

X = johto-osuuden induktanssi

Oikosulkuvirran määrittäminen:

$$I = \frac{c * U}{\sqrt{3} * Z} \quad (4)$$

I<sub>k</sub>= pienin oikosulkuvirta (A)

c= kerroin 0.95

U= pääjännite (V)

Z= virtapiirin kokonaisimpedanssi (muuntaja/keskus + johtimet)

Laskelmissa on verrattu laskettua oikosulkuarvoa gG-sulakkeiden edellyttämän pienimpään toimintavirtaan 5,0 sekunnissa, taulukko 3 (D1-2012).

Taulukko 3. gG

Taulukko 41.5. gG-sulakkeiden edellyttämät pienimmät oikosulkuvirrat.

Sulakkeen nimellisvirta [A]	Pienimmät toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot [A]			
	toiminta-aika 0,4 s		toiminta-aika 5,0 s	
	toimintavirta	mitattu arvo	toimintavirta	mitattu arvo
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	82	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35			165	206,5
40			190	237,5
50			250	312,5
63			320	400
80			425	531,3
100			580	725
125			715	893,8
160			950	1187,5
200			1250	1562,5
250			1650	2062,5
315			2200	2750
400			2840	3550
500			3800	4750
630			5100	6375

## 6.5 Suojauslaskentojen analysointi

Laskelmien perusteella ongelmaksi muodostuvat suuret tehot 400 V:n jännitteellä, tästä johtuen on laskentaliitteissä 2.5, 2.6, 2.7, 2.10 ja 2.11 jouduttu hyväksymään jännitteen alenemaksi 5 %. Korvauskaapeleiden pituudet ja rinnakkain kytkettävien kaapeleiden määrän sekä poikkipintojen kasvaessa suuriksi joudutaan kaapeleiden poikkipintaa pienentämään ja tekemään kaapeleiden vaihtojatkoja muuntamoiden ulkopuolelle. Lisäksi M101:llä ja M139:llä tulee FR-keskuksesta lähteville kaapeleille tehdä poikkipintaa koskeva tarkastuslaskenta liian suuren jännitteen aleneman vuoksi.

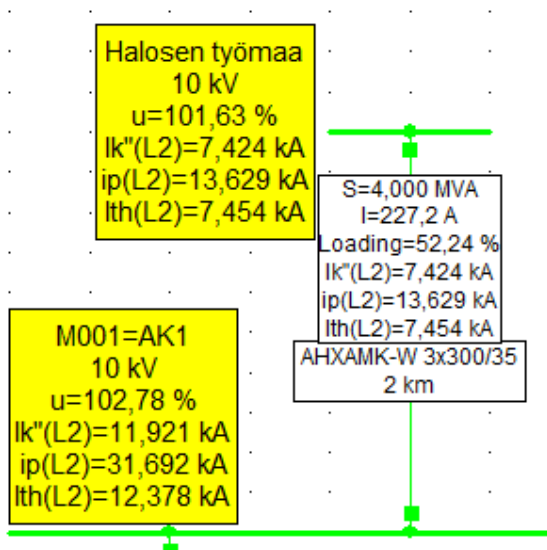
Huomioitavaa on, M039- ja M078-muuntamoissa on vain yksi 400 V prosessikeskus ja tätä syöttävä jakelumuuntaja. Näiden muuntamoiden jakelussa olevat aluepistorasiakeskukset tulee siirtää sellaiseen muuntamoon, jossa syöttö aluepistorasiakeskuksille on varmistettu myös korvaavasta syöttöpisteestä. Muuntamot, joiden 400 V keskusrakenteessa ei ole ns. FR-keskusta, tai pistorasiakeskusten lähdöt on sijoitettu prosessikeskuksiin, tulee hankkia uusi alakeskus ja aluepistorasiakeskusten syötöt tulee kääntää uuteen keskukseen. Muutoksien jälkeen teoriassa pystyisimme tekemään nopean vaihtokytkennän alakeskukseen ja aloittamaan muuntamokoestuksia häiritsemättä aluetyöskentelyä

## 6.6 Työmaasähköverkko

Toinen kehitysvaihtoehto työmaasähköistyksen kehittämiseen on erillisen 10 kV työmaasähköverkon rakentaminen. Tässä vaihtoehdossa syöttöpiste tulee M001 AK1:stä, jota joudutaan tässä ratkaisussa jatkamaan tai vastaavasti rakentamaan uusi AK2 (apukisko 2), koska nykyisessä AK1:ssä ei ole tällä hetkellä vapaita kenttiä. Syöttökenttiä tarvitaan kaksi, joista ensimmäinen syöttää TL1-TL2:sta ja toinen TL3:sta. Näin kaapelinpituudet pysyvät kohtuullisina. Kantajalostamon reunoille prosessialueen ulkopuolelle hankitaan yhteensä seitsemän "puistomuuntamo", jotka olisivat AHXCMK-WTC3x185/35-tyyppisellä kaapeliyhteydellä liitettynä toisiinsa, sijoituskuva liite 5. Nykyinen TM11 siirrettäisi TL1-TL2 kaapeliyhteyden viimeiseksi työmaamuuntamoksi pienemmän muuntajatehon johdosta. Uudet hankittavat puistomuuntamot tulee olla standardimallia, jolloin hankintahinta ei muodostuisi esteeksi. Lisäksi puistomuuntamot tulee varustaa RMU- sekä pienjännitekojeistolla, esimerkkinä erään toimittajan mallit (liitteet 6 ja 7). Työmaasähköverkko ja työmaakeskukset antavat mahdollisuuden asennuttaa prosessialueelle erilliset aluepistorasiakeskukset tai vastaavasti kaapelinvaihtokotelot. Työmaasähköverkko puistomuuntamoyhdistelmä työmaakeskukseen tai kaapeleidenvaihtokoteloihin on hyvä vaihtoehtoratkaisu, koska niiden sijoituspaikka on prosessialueen ulkopuolella ja näin ne pystyvät palvelemaan suurseisokkien aikaista infraa, vaaratilanteissa kuten tulipaloissa ne ovat turvassa ja säilyvät ehjinä. Kaapeloinnista ja TM-keskusten sijoituksesta ehdotelmakuva (liite 5) kaapelityyppi AHXCMK-WTC 3x185/35 ja yhteispituus 2x2000 metriä.

## 6.7 Työmaasähköverkkomallin suojaus

M001-AK1-suojaslaskentaan on käytetty Netplan-laskentaohjelmaa, jossa kaapelin päähän on mallinnettu 2-vaiheinen oikosulku. Kaapelina on mallissa käytetty AHXAMK-W3x300mm<sup>2</sup> ja pituus 2 km. Malliin on laskettu jännitteen alenema ja minimoioikosulkuvirta 4 MVA:n kokonaiskuormalla.

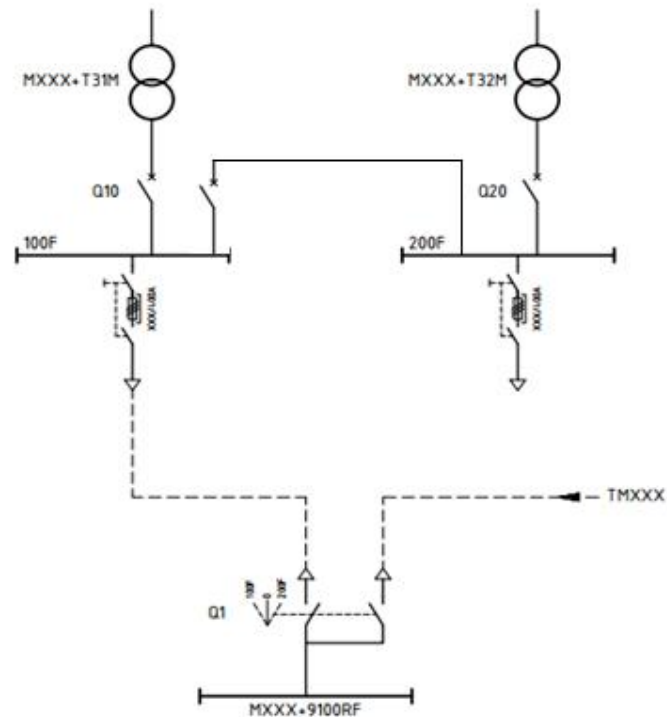


Kuva 15. Työmaasähköverkon suojausmalli

u	pääjännite 10kV
$I_k''$	alkutilan oikosulkuvirta
$i_p$	sysäys-oikosulkuvirta
$I_{th}$	terminen oikosulkuvirta

## 6.8 Työmaasähköverkon ja muuntamokääntöjen yhdistelmä

Kolmas kehitysvaihtoehto on edellisten ratkaisuehdotuksien yhdistelmä. Syöttökenttämuutokset ja kaapelikäännöt tehtäisiin kuten ratkaisussa 1, mutta korvauskytkennän kaapeliyhteys tulee uudesta työmaasähköverkon työmaamuuntajasta.



Kuva 16. Työmaamuuntajan ja muuntamokääntöjen yhdistelmä

Tässä vaihtoehtoratkaisussa työmaamuuntamot tulee sijoittaa siten, että ne palvelisivat ensisijaisesti muuntamorakennuksia ja niiden FR-keskuksia. Ne antavat käytettävyyden prosessialueella olemassa oleville työmaapistorasiakeskuksille. Työmaamuuntamoiden sijoittamisella pystytään minimoimaan suuria tehoja siirtävien kaapelien pituudet. Työmaamuuntamoihin voidaan kytkeä uusia aluopistorasiakeskuksia ja kaapeleiden vaihtokoteloyhteyksiä. Lisäksi työmaamuuntamon teho riittää palvelemaan myös suurseisokkien aikaista infraa, esimerkiksi ruokaloita ja hissejä.

## 7 Kehitysvaihtoehtojen kustannusarviot

Työmaasähköistyksen kehittämissvaihtoehtoista on tehty kustannusarvio, jota ei kuitenkaan julkaista tässä työssä sopimusteknisistä syistä. Kustannusarvioihin on kerätty kustannuksiltaan suurimmat ja tärkeimmät yksittäiset komponentit sekä tärkeimmät työvaiheet. Näin ollen kustannusarviot ovat suuntaa antavia. Laskenta on tehty Nesteen ja Neste Jacobsin yksikköhinnoilla, jotka ovat voimassa 2016 vuoden loppuun asti.

Ensimmäisessä kehitysvaihtoehdossa uudet kaapeliyhteydet ja kaapelityypit ovat suoraan laskentaliitteiden ratkaisusta (liite 2). Lisäksi uudet FR-keskuksien hinnat on arvioitu erään toteutuneen toimituksen kustannusten perusteella. Työmaasähköverkon kehitysvaihtoehdossa kaksi, kaapeleiden hankinnan ja asennuksien lisäksi kustannusarvioon on huomioitu seitsemän uutta työmaamuuntamoita. Tässä ehdotuksessa ajatuksena on hyödyntää olemassa olevaa TM11:sta siten, että TM11 siirrettäisiin tuotantolinjojen 1 ja 2 alueen uuden kaapeliyhteyden viimeiseksi työmaamuuntamoksi. Tässä sijoituspaikassa 500 kVA teho riittäisi palvelemaan tuotantolinja TL1 pohjoisia prosessialuetta sekä muuntamoita M003 ja M004. Työmaamuuntamoiden hankintojen ja kaapeliyhteyksien lisäksi jokaiseen työmaamuuntamoon on laskettu neljä erillistä syöttökaapelia kaapelienvaihtokoteloineen prosessialueelle. Arvioitu kaapeliyhteyksien yhteispituus on 500 metriä, jonka mukaan myös kustannukset ovat laskettu.

Viimeisessä kehitysvaihtoehdon kustannusarviossa on hyödynnetty edellisiä kustannusarvioita. Kustannusarviossa työmaamuuntamoiden hankinta ja kaapelointi ovat samanlaisia, mutta työmaamuuntamoiden ja muuntamoiden välisiä kaapelipituuksia ei ole uudelleen mitoitettu vaan laskennassa on käytetty suoraan ensimmäisen vaihtoehdon kustannusarviota. Todennäköisesti, jos tämä vaihtoehto päätyisi toteutukseen, ensin tulisi varmistaa ja saada hyväksyntä työmaamuuntamoiden sijoituksista ja vasta tämän jälkeen tulee miettiä kustannustehokas asennusratkaisu. Kokonaiskustannuksiltaan kehitysvaihtoehdot kaksi ja kolme ovat noin 2 kaksi miljoonaa euroa / ehdotus ja näin yli puolet kalliimpia kuin ensimmäinen ehdotelma. Huomioitavaa kaikissa kustannusarvioissa on avattavien ja suljettavien kaapelikanavien kustannuksien osuus, joka on lähes 40 %. Nykyiset kaapelikanavien täyttöaste ei ole tiedossa, kanaviin liittyvät kustannukset on tehty olettamuksella, että vedettävät uudet kaapelit mahtuvat nykyisiin kaapelikanaviin eikä uusia kanavia tarvitse rakentaa.

## 8 Ohjeisiin tarvittavat muutokset

Ohjeistusta tulee muuttaa OQD-mallin mukaisesti ainakin tapauksissa, joissa muutokset kohdistuvat syöttökenttämuutoksiin ja kaapelikääntöihin. Ohjeessa tulee olla maininta RF-keskuksen ensisijaisesta kytkentäsuunnasta, joka on muuntamon omasyöttö. Korvauskytkentä tulee aina palauttaa mahdollisimman nopeasti, kun se on turvallista ja luvallista tehdä. OQD-ohjeessa tulee olla maininta, että työmaamuuntamoon voi kytkeä vain yhden muuntamorakennuksen FR-keskuksen kerrallaan. Jotta syöttöjen palauttamisen tärkeyttä voidaan lisätä tai muistuttaa kytkennän tilasta, tulee korvauskytkennän ollessa päällä kaukokäyttöjärjestelmän (Sähe) hälytyslistaan ilmoitus tai varoitus valintakytkimen asentotiedosta. Lisäksi sähköistyksen menettelytapaohjeeseen tulee tehdä muutos, jonka perusteella aluepistorasiakeskukset tulisi luokitella.

### OQD-ohje M+-laitenimeäminen

Mikäli muutoksiin ryhdytään, tulee myös merkintöihin ja merkintäohjeisiin tehdä muutoksia. Aluepistorasiakeskusten merkinnän tulee kertoa, mihin luokitusluokkaan keskus kuuluu. Uusi merkintäkirjain tai numero kertoo jo alueella tuotannon henkilölle, mihin prioriteettiluokkaan keskus kuuluu. Lisäksi kunnossapitojärjestelmästä on mahdollisuus hakea kyseiset keskukset luokittain sekä muuntamoittain. Merkintämalli esimerkiksi 3W0-123, 3W1-123, jolloin 0 ja 1 kertoisivat luokitusluokan selkeästi.

## 9 Yhteenveto

Tämänhetkinen tilanne on haastava ja ongelmallinen Porvoon ja Naantalin jalostamoilla. Muuntamoiden sähkönjakelutekniikka ja sen suojaus on vuosikymmenten aikana kehittynyt, mutta aluepistorasiakeskusten lisäämisestä ja syöttöpisteiden sijoitteluista keskuksiin ei ole ollut ajattelumallia. Ongelmat ovat muodostuneet ja paljastuneet suurseisokkien laajentuessa, aikataulujen kiristyessä sekä työmäärän kasvaessa. Työn perusteella aluepistorasiakeskukset pitää tulevaisuudessa luokitella esimerkin mukaisesti kahteen tai kolmeen ryhmään. Luokittelu pitää tehdä yhteistyössä kunnossapidon, suunnittelun ja tuotannon kanssa. Lisäksi Nesteen sähköistyksen menettelytapaohje tulee päivittää. Muutokset koskevat ensisijaisesti luokittelua, nimeämisiä sekä aluepistorasiakeskusten lähtöjen sijoituksia muuntamoiden keskuksiin. Näin kehittyvä uusi ajattelumalli tulevaisuutta silmällä pitäen. Lisäksi tässä työssä esille tulleissa muuntamoissa, joissa on yksi 400 V prosessikeskus ja tätä syöttävä jakelumuuntaja, tulee näiden muuntamoiden jakelussa olevat aluepistorasiakeskusten syöttökaapelit siirtää sellaiseen muuntamon alakeskukseen, missä alakeskuksen syöttö on varmistettu myös korvaavasta syöttöpisteestä.

Tässä työssä etsittiin ratkaisua, joilla nykyisiä aluepistorasiakeskuksia hyödyntäen saadaan minimoitua sähkökatkojen häiriöt suurseisokeissa. Toinen ja kolmas kehitysvaihtoehto edellyttää muutoksia M001-apukiskossa tai jopa uuden apukiskon rakentamisessa. Koska nykyinen työmaaverkon omistus kuuluu KED Oy:lle, vaativat nämä muutostyöt erillisen liittymän ja työmaasähkötariffin. Ensimmäinen kehitysvaihto on tämän johdosta vastuumielessä selkein ja kustannusmielessä edullisin. Mutta sen laajentamismahdollisuudet ovat hyvin rajalliset liittyen suuriin tehoihin ja pitkiin välimatkoihin 400V:lla. Mikäli korvaus-syöttöjen kaapeleiden veto muuntamoiden väleillä päätetään toteuttaa, tulee kaikki alakeskukselta lähtevien lähtöjen suojaus tarkastaa laskemalla ja mittaamalla.



Kehitysvaihtoehto kaksi parantaa tilannetta infran ja yksittäisien aluepistorasiakeskusten suhteen, mutta tämä kehitysvaihtoehto ei vielä muuta nykyisten aluepistorasiakeskusten käytettävyyttä. Lisäksi tämän vaihtoehdon kustannukset kasvavat suuriksi verrattuna saatuun hyötyyn.

Teknisesti kehitysvaihtoehto kolme on tämän työn perusteella ratkaisu tuleviin haasteisiin. Työmaasähköverkko ja sen työmaamuuntamot palvelevat ensisijaisesti muuntamoiden FR-keskuksia, jolloin ne sijoitettaisiin prosessilaitoksien ja muuntamoiden läheisyyteen. Projektina tämä kehitysvaihtoehto on selkeä toteuttaa kahdessa eri vaiheessa, TL1 ja 2 omana sekä TL3 omana projektina. Työmaasähköverkossa muuntamoiden 1 MVA:n teho riittää korvaamaan aina yhden muuntamon FR-keskuksen tehon sekä prosessialueilla olevat kaapeleidenvaihtokoteloiden jälkeisten keskuksien tehontarpeen sekä antaa vielä mahdollisuuden suurseisokeissa infran sähköistykseen. Kolmas kehitysvaihtoehto antaa parhaimman vastikkeen niin teho- ja kustannusmielessä sekä sitä voidaan hyödyntää muuntamon häiriötilanteissa. Vaikka muutokset ovat mitavia ja kustannukset nousevat helposti satoihin tuhansiin euroihin, tulee muistaa, että hyöty ja käytettävyys kasvavat, ja investointi palvelee myös tulevaisuuden suurseisokeissa. Naantalin konfiguraatio muutoksen johdosta jalostamolle rakennetaan uusi muuntamo, jossa tulee huomioida tässä työssä esitetyt huomiot ja varautua tulevaisuuden haasteisiin. Lisäksi Naantalissa tulee ohjeiden ja yhtenäisten toimintatapojen myötä varautua Porvoon jalostamolla jo esiin tulleisiin ongelmiin seisokkien suunnitteluvaiheessa.

## Lähteet

- 1 Kilpilahden teollisuusalue kuva. Verkkodokumentti. Neste.  
<https://.neste.smarpshare.com#post/56779ec7d4dbac6677048cc4?utm>.  
Luettu 14.11.2015.
- 2 Kilpilahden teollisuusalue kuva. Verkkodokumentti. Neste  
G:\04\_Seisokit\2015\Suurseisokki\_2015\Yhteiset asiat\Valokuvat.  
Luettu 14.11.2015.
- 3 Kilpilahden suurseisokin Draft aikataulu kuva. Verkkodokumentti. Neste.  
G:\04\_Seisokit\2015\Suurseisokki\_2015\Yhteisetasiat\Aikataulut.  
Luettu 17.12.2015.
- 4 D1-2012 käsikirja. Rakennusten sähköasennuksista\_sähköinfo.  
Luettu 08.12.2015.
- 5 N-101 Nesteen sähköistyksen yleisspesifikaatio kenttäasennukset.  
Luettu 28.11.2015.
- 6 N-105 Nesteen sähköistyksen yleisspesifikaatio muuntamoasennukset.  
Luettu 28.11.2015.
- 7 Suomen standardisoimisliitto SFS 6000-5-5. Johtojärjestelmät.  
Luettu 9.4.2016.

## Muuntamokohtainen selvitys

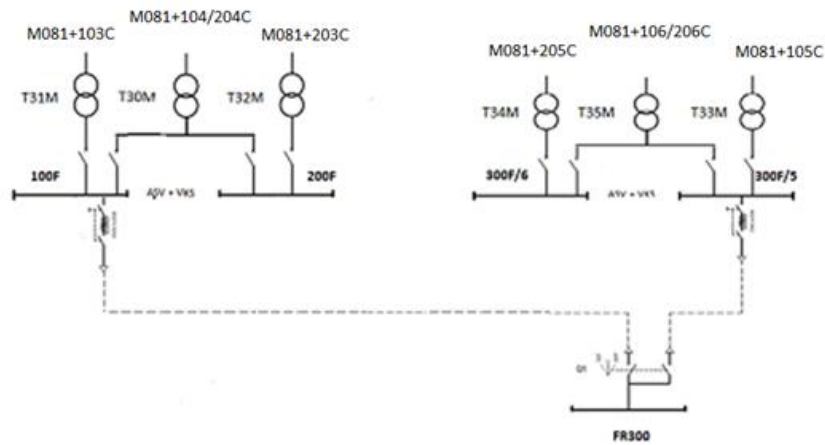
M001 on Porvoon jalostamon pääkytkinlaitos (PKL), joka on liitetty Kilpilahden 110kV renkaaseen (110kV yhteyskaavio NP0-16663\_1). M001:llä 110kV yhteydet on liitetty kaksikiskoiseen 110kV kytkinlaitokseen, jossa sijaitsee neljää päämuuntajaa



Kuva 13. Muuntamo 001 Apukisko AK1

M001+AK1 (apukisko1) on 10kV kojeisto jossa yhdeksän kenttää, kojeiston In 630A ja Icw 25kA. AK1:stä pystytään syöttämään Kisko1:n kentästä C5 tai kisko2:n kentästä C30, liittynät ovat kaapeliyhteyksillä (AHXCMK 2(3x300) tyyppisellä kaapelilla. M001 AK1 on aina jännitteinen myös suurseisokkien aikana ja täten tarjoaa katkeamatonta sähköä, pois lukien vakavat häiriötilanteet. TM11 on työmaamuuntamo, joka sijaitsee TL2\_FCC länsireunalla. Työmaamuuntamossa on 500kVA muuntaja, sekä 0.4kV kojeisto, josta yhteydet FCC alueella oleviin kuuteen työmaasähkökeskukseen. Näistä neljä sijaitsee FCC reaktorialueella eri tasoilla. TM-11 on liitetty kaapeliyhteydellä M001 AK1 kenttään C7:n, joka on suurseisokeissa aina jännitteinen. Normaalikäynnin aikana alakeskukset ovat kytketty jännitteettömiksi.

TL1-2 muuntamo M002, pääkaavio NP0-20095\_1.



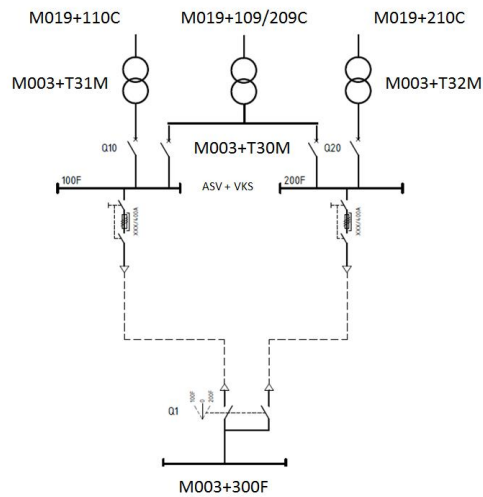
M002:esta on luokittelun mukaan kymmenen luokan 1 työmaakeskusta jotka sijaitsevat tuotantolinja 1 eri yksiköissä (VY1, TAME, VHVI, BIY, PELME, Kattilalaitos).

- 2W23 syöttökenttä M002+170F06.F01
- 2W24 syöttökenttä M002+171F02.F01
- 2W29 syöttökenttä M002+181F03.F01
- 2W30 syöttökenttä M002+273F03.F01
- 2W31 syöttökenttä M002+306FR.A.F01
- 2W34 syöttökenttä M002+306FR.D.F01
- 2W42 syöttökenttä M002+273F05.F01
- 2W43 syöttökenttä M002+273F06.F01

- 2W50 syöttökenttä M002+302FR.D.F01
- 2W54 syöttökenttä M002+342F.B.F01

M002:n alakeskus FR300 ja tästä syöttönsä saava FR3000 ovat keskuksia, joista pystytään syöttämään lähes katkotonta sähköä. Mutta luokan 1 työmaakeskuslähtöjä kyseisessä keskuksessa on vain kolme.

TL1 muuntamo M003, pääkaavio NP0-13800\_1,

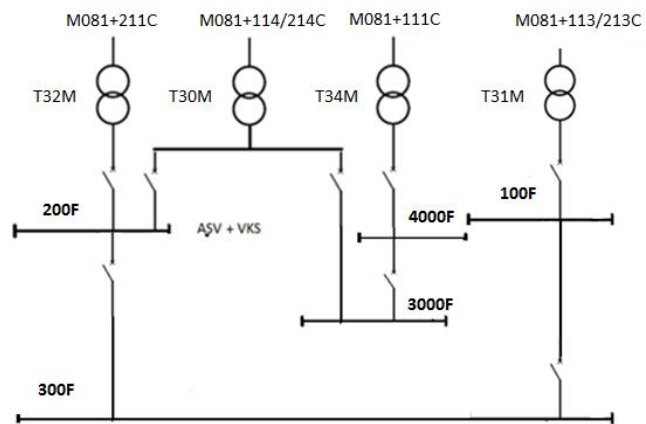


M003:esta on luokittelun mukaan kaksi luokan 1 työmaakeskusta jotka sijaitsevat Vetykrakkauksen reaktorin ja uunin läheisyydessä.

- 3W12 syöttökenttä M003+314F.G.F01
- 4W14 syöttökenttä M003+317F.E.F01

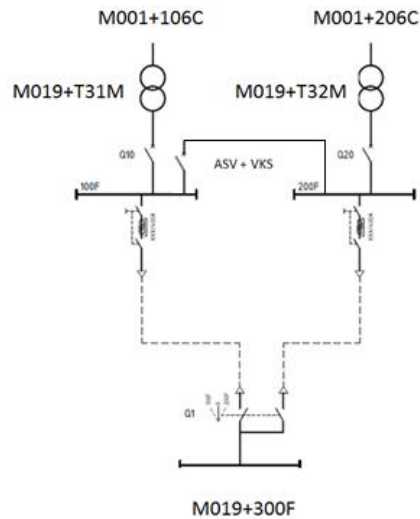
M003:lla ei ole nykyisellä rakenteella mahdollista syöttää katkotonta sähköä työmaakeskuksiin jännitekatkojen aikana, on myös huomioitava, että M003:n on täyteen rakennettu niin fyysisesti kuin tehon osalta.

TL1 muuntamo M004, pääkaavio NP0-13532\_1.



Muuntamo M004:stä ei lähde luokittelun yhtään luokan 1 työmaakeskusta.

TL1 muuntamo M019, pääkaavio NP0-10185\_2.



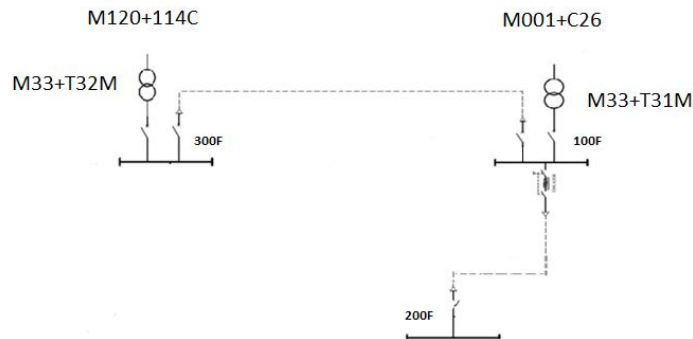
M019:sta on luokittelun mukaan kaksi luokan 1 työmaakeskusta, jotka sijaitsevat Kaapossa reaktoreiden läheisyydessä.

- 19W6 syöttökenttä M019+309F.B.F01
- 19W7 syöttökenttä M019+309F.C.F01.

M019:sta ei ole nykyisellä rakenteella mahdollista syöttää katkotonta sähköä työmaakeskuksiin jännitekatkojen aikana.



TL1 jäähdytysvesilaitos 1 muuntamo M033, pääkaavio NP1-25296\_1.

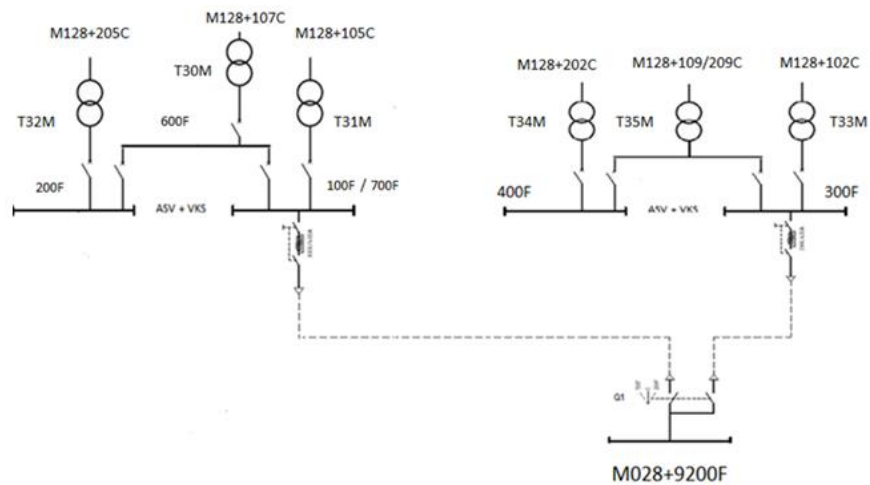


M033:esta on luokittelun mukaan yhdeksän luokan 1 työmaakeskusta, jotka sijaitsevat jäähdytysvesilaitoksen ylä- ja alatasoilla.

- 33W1.1 ja 1.2 syöttökenttä M033+204F.H.F01
- 33W2.1 ja 2.2 syöttökenttä M033+205F.D.F01
- 33W3.1 syöttökenttä M033+205F.E.F01
- 33W4.1 ja 4.2 syöttökenttä M033+205F.F.F01
- 33W5.1 syöttökenttä M033+205F.G.F01
- 33W6.1 syöttökenttä M033+207F.A.F01

M033:sta ei ole nykyisellä rakenteella mahdollista syöttää katkotonta sähköä työmaakeskuksiin jännitekatkojen aikana.

TL2 Muuntamo M028, pääkaavio NP0-21159\_1-2,

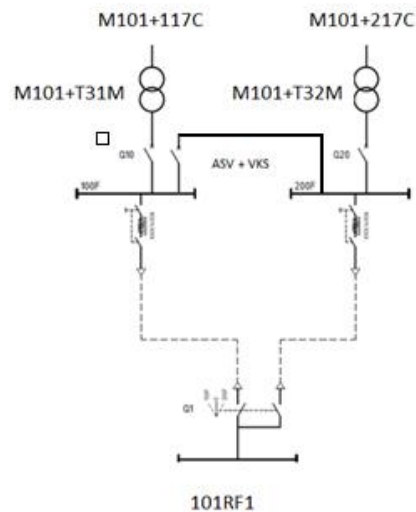


M028:sta on luokittelun mukaan neljä luokan 1 työmaakeskusta jotka sijaitsevat tuotantolinja 2 alueella eri yksiköissä (SYRP ja TT2 läheisyydessä).

- 28W3 syöttökenttä M028+9205F.D.F01
- 28W9 syöttökenttä M028+9206F.B.F01
- 28W10 syöttökenttä M028+9206F.C.F01
- 28W16 syöttökenttä M028+9206F.I.F01

Muuntamo M028 on vuoden 2015 suurseisokin pienjännite kojeistojen uusinnan / revisioidin jälkeen ainoa muuntamo, jossa pystytään tekemään korvauskytkentä, ettei siitä aiheudu haittaa aluetyöskentelylle.

TL2 muuntamo M101, pääkaavio NP0-9822\_1.

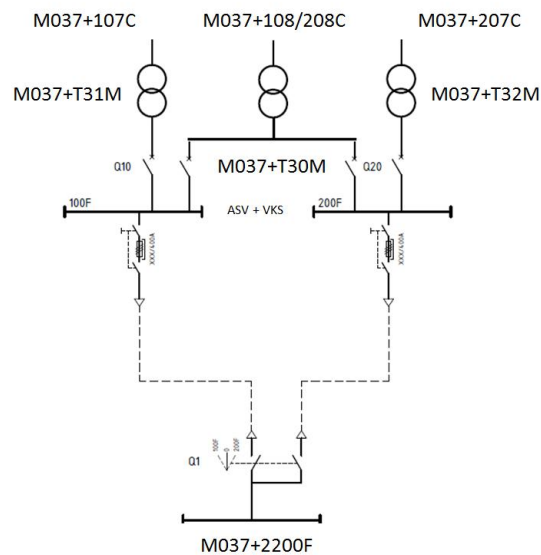


M101:stä on luokittelun mukaan kymmenen luokan 1 työmaakeskusta, jotka sijaitsevat Rikkilaitoksilla ja hapanvesiysiköissä.

- 101W12 ja W13 syöttökenttä M101+102FR1.C.F01
- 101W14 ja 15 syöttökenttä M101+102FR1.D.F01
- 101W16 syöttökenttä M101+102FR1.E.F01
- 101W17 syöttökenttä M101+103FR1.C.F01
- 101W45 syöttökenttä M101+104FR1.B.F01
- 101W46 syöttökenttä M101+104FR1.D.F01
- 101W47 syöttökenttä M101+104FR1.C.F01
- 101W50 syöttökenttä M101+112F.F.F01

M101:sta ei ole nykyisellä rakenteella mahdollista syöttää katkotonta sähköä työmaakeskuksiin jännitekatkojen aikana.

TL3 muuntamo M037, pääkaavio NP0-2800\_3.

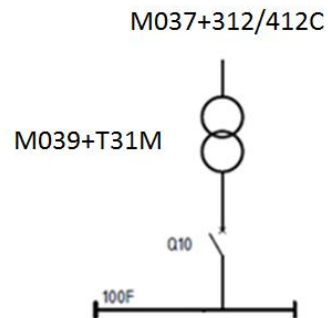


M037:esta on luokittelun mukaan viisi luokan 1 työmaakeskusta jotka sijaitsevat tuotantolinja 3 alueen eri yksiköissä (RT3, K ARP3 ja HEY).

- 37W4 syöttökenttä M037+2201F.BB.F01
- 37W13 syöttökenttä M037+2202F.EA.F01
- 37W14 syöttökenttä M037+2202.EB.F01
- 37W16 syöttökenttä M037+2202F.FB.F01
- 37W24 syöttökenttä M037+2203F.AA.F01

M037:lla ei ole nykyisellä rakenteella mahdollista syöttää katkotonta sähköä työmaakeskuksiin jännitekatkojen aikana.

TL3 muuntamo M039, pääkaavio NP0-11286\_1.

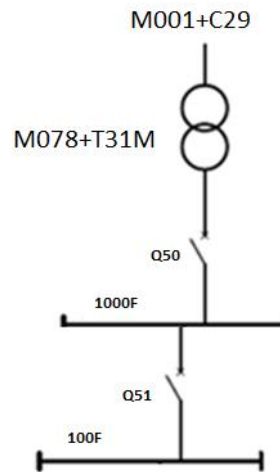


M039:sta on luokittelun mukaan kuusi luokan 1 työmaakeskusta jotka sijaitsevat Re-formeritornin läheisyydessä.

- 39W1 syöttökenttä M039+110F.04F01
- 39W2 syöttökenttä M039+110F.05F01
- 39W3.1 ja 3.2 syöttökenttä M039+110F.06F01
- 39W4 syöttökenttä M039+110F.07F01
- 39W17 syöttökenttä M039+117F.H.F01

M039:sta ei ole nykyisellä rakenteella mahdollista syöttää katkotonta sähköä työmaakeskuksiin jännitekatkojen aikana.

TL3 muuntamo M078, pääkaavio NP0-14435\_1.

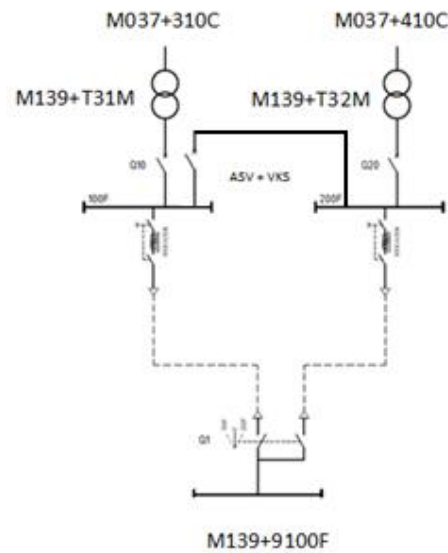


M078:sta on luokittelun mukaan yksi luokan 1 työmaakeskusta jotka sijaitsevat (RT3) raakaöljytislausyksikössä.

- 78TK/2 syöttökenttä M078+109F.F.F01

M078:sta ei ole nykyisellä rakenteella mahdollista syöttää katkotonta sähköä työmaakeskuksiin jännitekatkojen aikana.

TL3 muuntamo M139, pääkaavio NP0-21079\_2.

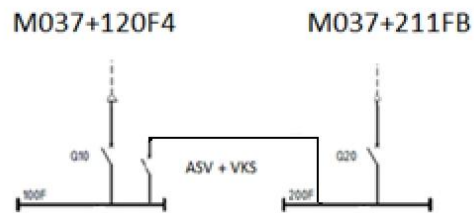


M139:sta on luokittelun mukaan kaksi luokan 1 työmaakeskusta jotka sijaitsevat RT3 uunien läheisyydessä.

- 139W101 syöttökenttä M139+9103F.B.F01
- 139W102 syöttökenttä M139+9103F.C.F01.

M139:sta ei ole nykyisellä rakenteella mahdollista syöttää katkotonta sähköä työmaakeskuksiin jännitekatkojen aikana.

TL3 muuntamo M083, pääkaavio NP1-29443\_1.



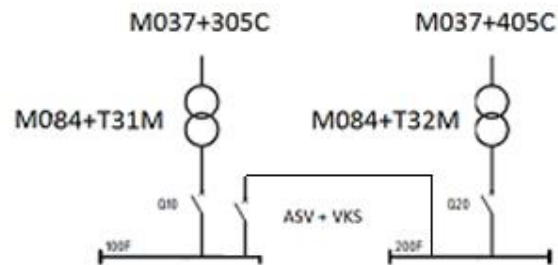
M083:sta on luokittelun mukaan seitsemän luokan 1 työmaakeskusta jotka sijaitsevat jäähdytysvesilaitos 2:lla.

- 83W1 syöttökenttä M083+104H.C.F01
- 83W5 syöttökenttä M083+106F.B.F01
- 83W6 syöttökenttä M083+205F.B.F01
- 83W7 syöttökenttä M083+106F.B.F01
- 83W8 syöttökenttä M083+106F.B.F01
- 83W9 syöttökenttä M083+106F.B.F01
- 83W10 syöttökenttä M083+205F.B.F01

M083:sta ei ole nykyisellä rakenteella mahdollista syöttää katkotonta sähköä työmaakeskuksiin jännitekatkojen aikana.



TL3 muuntamo M084, pääkaavio NP0-18006\_1.

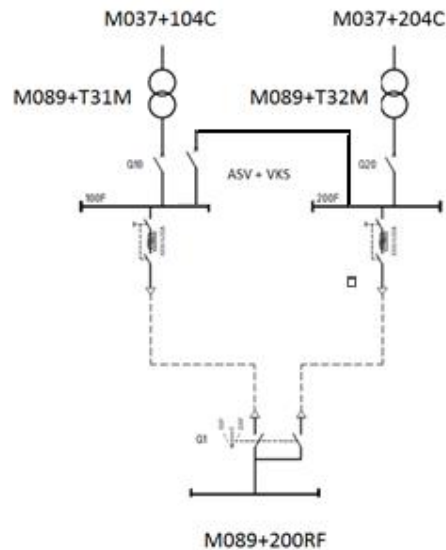


M084:sta on luokittelun mukaan neljä luokan 1 työmaakeskusta, jotka sijaitsevat NexBTL1/BIO diesel 1 laitoksella reaktorin läheisyydessä.

- 84W10 syöttökenttä M084+205F.B.F01
- 84W11 syöttökenttä M084+205F.B.F01
- 84W12 syöttökenttä M084+209F.A.F01
- 84W13 syöttökenttä M084+209F.A.F01

M084:sta ei ole nykyisellä rakenteella mahdollista syöttää katkotonta sähköä työmaakeskuksiin jännitekatkojen aikana.

TL3 muuntamo M089, pääkaavio NP0-18954\_3.



M089:sta on luokittelun mukaan neljä luokan 1 työmaakeskusta, jotka sijaitsevat NexBTL2/BIO diesel 2 laitoksella reaktorin läheisyydessä.

- 89W22 syöttökenttä M089+207RF.C.F01
- 89W23 syöttökenttä M089+207RF.D.F01
- 89W24 syöttökenttä M089+207RF.E.F01
- 89W25 syöttökenttä M089+207RF.F.F01

M089:sta ei ole nykyisellä rakenteella mahdollista syöttää katkotonta sähköä työmaakeskuksiin jännitekatkojen aikana.

## Jännitehäviö ja suojauksen toiminta-aikalaskelmat

Laskentaliite muuntamo M002

**NESTEJACOBS**

Muuntamo: M002  
Käyttö: 300F

Asiakas: Neste Oil Oyj  
Kohde: Pönnön Jalostamo

Dokumenttinumero: **Liite 1**  
Päiväntähti: 21.12.2015  
Revisio: 1

Suunnittelija: Mika Hänen  
Tarkastaja:  
Hyväksyjä:

Syöttöön oikosulkuvirta,  $I_{kmin}$   
Vaihejännite, U  
Taajuus, f  
Käyttölämpötila, T  
Sallittu jännitehäviö,  $U_h$   
cosφ

29500 A  
230 V  
50 Hz  
80°C  
6,9 V = 3 %  
1

**Kommentit:**  
Koneavaa syöttö M004+108FF.F01  
Käapelimatka 120m, vedettävä kaapeli 2xAMCMK 3x300/86  
M002+300RF:  
suurimman sulakelähdön 250A pois kytkentä toteutuu.

Kokonaisjännitehäviö:  
4,04 V  
1,76 %  
Jännitehäviön tarkastelu:  
OK

**HUOM! TÄMÄ TALLUKKO LASKEE OIKOSULKUVIRRAN SARJAAN ASENNETUILLE KAAPEILELLE**

Rinnakk. kaapelit	Kaapeli nro	Kaapeli pituus (m)	Kuorma teho (kW)	Kuorma vaihevirta (A)	Jännitehäviö (3-v-symmetrinen) (%)	Sulake/Johdosuoja tyyppi	max aika 1) (s)	In (A)	Oikosulkuvirta Ik pienin 2) (A)	Kosketus jännite	Kaapelityyppi	
2	82	120	340	492,8	1,59	gG	5,0	500	3800	6612	OK	2 x AMCMK 4x300 / 88
1	54	16	173	250,7	0,16	gG	5,0	250	1650	5887	OK	MCMK 4x240 / 120
1				0,0	0,00							
1				0,0	0,00							
1				0,0	0,00							
1				0,0	0,00							
1				0,0	0,00							
1				0,0	0,00							
1				0,0	0,00							
1				0,0	0,00							
1				0,0	0,00							

**KÄYTETYT LASKENTAKAAVAT**

$$I_k = \frac{0,95 \times U}{\sqrt{3} \times (Z_r + \sum_{i=1}^n Z_{vaihe_i} + Z_{suojat})} \rightarrow 1,73 \times (0,007 + 0,031) \times \frac{V}{ohm}$$

$$Z_{johdin} = \sqrt{(r \times ((T - 20) \times 0,004 + 1))^2 + (L \times 2 \times \pi \times f)^2} \times l + N$$

$r$  = johtimen resistanssi 20°C  
 $T$  = kaapelin lämpötila  
 $L$  = johtimen induktanssi  
 $f$  = taajuus  
 $l$  = kaapelin pituus  
 $N$  = rinnakkaiskaapeleiden lkm

$$U_h = I \times (\cos \phi \times R + \sin \phi \times X)$$

$R$  = johto-osuuden resistanssi  
 $X$  = johto-osuuden induktanssi

- 1) maksimi aika määritellään SFS 6000-4-41 mukaisesti  
 2) pienin oikosulkuvirta gG-, B- ja C-tyypit D1-2009 mukaisesti, K-tyyppi VDE 0660 mukaisesti sekä aM-tyyppi ABB:n käytöstä +10% mukaisesti

Asiakas: Neste Oil Oyj

Lähtö:

Päiväys: 21.12.2015

Revisio: 1

M003+300F

Ilmastointi

Sytön oikosulkuvirta,  $I_{k, min}$ 

Vaihejännite, U

Taajuus, f

Kaapelin lämpötila, T

Sallittu jännitehäviö,  $U_h$ cos $\phi$ Z<sub>0</sub> 0,0075 ohm

Korkeavaa syöttö M019+209FC.F01

Kaapelilimitta 330m, vedettävä kaapeli 3xMCMK 3x240/120

M003+300F:

suurimman sulakelähden 100A polskityöntä toteutuu.

Kokonaisjännitehäviö:

4,86 V

2,11 %

Jännitehäviön tarkastelu:

OK

Huom! Tämä taulukko laskee oikosulkuvirran sarjaan asennetuille kaapeleille

Rinnakk.

Kaapeli

Kuumia

vaihevirta

Jännitehäviö U<sub>h</sub>

(3-vsymmetrisen)

tyyppi max ala 1)

In

Oikosulkuvirta I<sub>k</sub>

Kosketus

jännite

Kaapelityyppi

4 x

MCMK 4x240 / 120

MCMK 3x120 / 70

Rinnakk.

Kaapeli

Kuumia

vaihevirta

Jännitehäviö U<sub>h</sub>

(3-vsymmetrisen)

tyyppi max ala 1)

In

Oikosulkuvirta I<sub>k</sub>

Kosketus

jännite

Kaapelityyppi

4 x

MCMK 4x240 / 120

MCMK 3x120 / 70

Rinnakk.

Kaapeli

Kuumia

vaihevirta

Jännitehäviö U<sub>h</sub>

(3-vsymmetrisen)

tyyppi max ala 1)

In

Oikosulkuvirta I<sub>k</sub>

Kosketus

jännite

Kaapelityyppi

4 x

MCMK 4x240 / 120

MCMK 3x120 / 70

Rinnakk.

Kaapeli

Kuumia

vaihevirta

Jännitehäviö U<sub>h</sub>

(3-vsymmetrisen)

tyyppi max ala 1)

In

Oikosulkuvirta I<sub>k</sub>

Kosketus

jännite

Kaapelityyppi

4 x

MCMK 4x240 / 120

MCMK 3x120 / 70

Rinnakk.

Kaapeli

Kuumia

vaihevirta

Jännitehäviö U<sub>h</sub>

(3-vsymmetrisen)

tyyppi max ala 1)

In

Oikosulkuvirta I<sub>k</sub>

Kosketus

jännite

Kaapelityyppi

4 x

MCMK 4x240 / 120

MCMK 3x120 / 70

Rinnakk.

Kaapeli

Kuumia

vaihevirta

Jännitehäviö U<sub>h</sub>

(3-vsymmetrisen)

tyyppi max ala 1)

In

Oikosulkuvirta I<sub>k</sub>

Kosketus

jännite

Kaapelityyppi

4 x

MCMK 4x240 / 120

MCMK 3x120 / 70

Rinnakk.

Kaapeli

Kuumia

vaihevirta

Jännitehäviö U<sub>h</sub>

(3-vsymmetrisen)

tyyppi max ala 1)

In

Oikosulkuvirta I<sub>k</sub>

Kosketus

jännite

Kaapelityyppi

4 x

MCMK 4x240 / 120

MCMK 3x120 / 70

Rinnakk.

Kaapeli

Kuumia

vaihevirta

Jännitehäviö U<sub>h</sub>

(3-vsymmetrisen)

tyyppi max ala 1)

In

Oikosulkuvirta I<sub>k</sub>

Kosketus

jännite

Kaapelityyppi

4 x

MCMK 4x240 / 120

MCMK 3x120 / 70

Rinnakk.

Kaapeli

Kuumia

vaihevirta

Jännitehäviö U<sub>h</sub>

(3-vsymmetrisen)

tyyppi max ala 1)

In

Oikosulkuvirta I<sub>k</sub>

Kosketus

jännite

Kaapelityyppi

4 x

MCMK 4x240 / 120

MCMK 3x120 / 70

Rinnakk.

Kaapeli

Kuumia

vaihevirta

Jännitehäviö U<sub>h</sub>

(3-vsymmetrisen)

tyyppi max ala 1)

In

Oikosulkuvirta I<sub>k</sub>

Kosketus

jännite

Kaapelityyppi

4 x

MCMK 4x240 / 120

MCMK 3x120 / 70

Rinnakk.

Kaapeli

Kuumia

vaihevirta

Jännitehäviö U<sub>h</sub>

(3-vsymmetrisen)

tyyppi max ala 1)

In

Oikosulkuvirta I<sub>k</sub>

Kosketus

jännite

Kaapelityyppi

4 x

MCMK 4x240 / 120

MCMK 3x120 / 70

Rinnakk.

Kaapeli

Kuumia

vaihevirta

Jännitehäviö U<sub>h</sub>

(3-vsymmetrisen)

tyyppi max ala 1)

In

Oikosulkuvirta I<sub>k</sub>

Kosketus

jännite

Kaapelityyppi

4 x

MCMK 4x240 / 120

MCMK 3x120 / 70

Rinnakk.

Kaapeli

Kuumia

vaihevirta

Jännitehäviö U<sub>h</sub>

(3-vsymmetrisen)

tyyppi max ala 1)

In

Oikosulkuvirta I<sub>k</sub>

Kosketus

jännite

Kaapelityyppi

4 x

MCMK 4x240 / 120

MCMK 3x120 / 70

Rinnakk.

Kaapeli

Kuumia

vaihevirta

Jännitehäviö U<sub>h</sub>

(3-vsymmetrisen)

tyyppi max ala 1)

In

Oikosulkuvirta I<sub>k</sub>

Kosketus

jännite

Kaapelityyppi

4 x

MCMK 4x240 / 120

MCMK 3x120 / 70

Rinnakk.

Kaapeli

Kuumia

vaihevirta

Jännitehäviö U<sub>h</sub>

(3-vsymmetrisen)

tyyppi max ala 1)

In

Oikosulkuvirta I<sub>k</sub>

Kosketus

jännite

Kaapelityyppi

4 x

MCMK 4x240 / 120

MCMK 3x120 / 70

Rinnakk.

Kaapeli

Kuumia

vaihevirta

Jännitehäviö U<sub>h</sub>

(3-vsymmetrisen)

tyyppi max ala 1)

In

Oikosulkuvirta I<sub>k</sub>

Kosketus

jännite

Kaapelityyppi

4 x

MCMK 4x240 / 120

MCMK 3x120 / 70

Rinnakk.

Kaapeli

Kuumia

vaihevirta

Jännitehäviö U<sub>h</sub>

(3-vsymmetrisen)

tyyppi max ala 1)

In

Oikosulkuvirta I<sub>k</sub>

Kosketus

jännite

Kaapelityyppi

4 x

MCMK 4x240 / 120

MCMK 3x120 / 70

Rinnakk.

Kaapeli

Kuumia

vaihevirta

Jännitehäviö U<sub>h</sub>

(3-vsymmetrisen)

tyyppi max ala 1)

In

Oikosulkuvirta I<sub>k</sub>

Kosketus

jännite

Kaapelityyppi

4 x

MCMK 4x240 / 120

MCMK 3x120 / 70

Rinnakk.

Kaapeli

Kuumia

vaihevirta

Jännitehäviö U<sub>h</sub>

(3-vsymmetrisen)

tyyppi max ala 1)

In

Oikosulkuvirta I<sub>k</sub>

Kosketus

jännite

Kaapelityyppi

4 x

MCMK 4x240 / 120

MCMK 3x120 / 70

Rinnakk.

Kaapeli

Kuumia

vaihevirta

Jännitehäviö U<sub>h</sub>

(3-vsymmetrisen)

tyyppi max ala 1)

In

Oikosulkuvirta I<sub>k</sub>

Kosketus

jännite

Kaapelityyppi

4 x

MCMK 4x240 / 120

MCMK 3x120 / 70

Rinnakk.

Kaapeli

Kuumia

vaihevirta

Jännitehäviö U<sub>h</sub>

(3-vsymmetrisen)

tyyppi max ala 1)

In

Oikosulkuvirta I<sub>k</sub>

Kosketus

jännite

Kaapelityyppi

4 x

MCMK 4x240 / 120

MCMK 3x120 / 70

Rinnakk.

Kaapeli

Kuumia

vaihevirta

Jännitehäviö U<sub>h</sub>

(3-vsymmetrisen)

Laskentaliite muuntamo M004

NESTEJACOBS

Muuntamo: M004  
Kojeisto: 9100F  
Lähtö: M004+9100F (etukolje valaistuu)  
Ryhmiä: 2

Asiakas: Neste Oil Oyj  
Korke: Porvoon Jalostamo

Liite 3

Documentinumero: 21.12.2015  
Päivämäärä: 2

Summittaja: Mika Hänen  
Tarkastaja: Hyväksyjä:

Syötön oikosulkuvirta, I<sub>sc min</sub>  
Vaihejännite, U  
Taajuus, f  
Kaapelin lämpötila, T  
Sallittu jännitehäviö, U<sub>h</sub>  
cosφ

29500 A  
230 V  
50 Hz  
80 °C  
6,9 V = 3 %  
1

Kommentit:

Koneava syytti M002+321FB.F01  
Kaapelimatka 120m, vedettävä kaapeli AMCMK 3x300/88  
M004+9100F  
suurimman sulakelähdon 80A polskykentä toteutuu.

Kokonaisjännitehäviö:  
3,71 V  
1,61 %  
Jännitehäviön tarkastelu:  
OK

HUOM! TÄMÄ TAILUKKO LASKEE OIKOSULKUVIRRAN SARJAAN ASENETUILLE KAAPELILE

Rinnakk. kaapelit	Kaapeli nro	Kaapeli pituus (m)	Kuorma teho (kVA)	Kuorma vaihevirta (A)	Jännitehäviö U <sub>h</sub> (3-v-symmetrisen) (%)	Sulake/ohduslaji	Sulake/ohduslaji tyyppi	max aika t <sub>1</sub> (s)	In (A)	Oikosulkuvirta I <sub>k</sub> (A)	Korkeus jännite (A)	Kaapelityyppi
2	82	120	340	492,8	1,59	3,67	gG	5,0	500	3800	6612	2 x AMCMK 4x300 / 88
1	47	3	56	81,2	0,02	0,05	gG	5,0	80	425	6300	MCMK 3x120 / 70
1				0,0	0,00	0,00						
1				0,0	0,00	0,00						
1				0,0	0,00	0,00						
1				0,0	0,00	0,00						
1				0,0	0,00	0,00						
1				0,0	0,00	0,00						
1				0,0	0,00	0,00						
1				0,0	0,00	0,00						
1				0,0	0,00	0,00						

KÄYTETYT LASKENTAKAAVAT

$$I_k = \frac{0,95 \times U}{\sqrt{3} \times (Z_v + \sum_{j=1}^n Z_{valke_j} + Z_{suoj_gj})}$$
$$Z_{johtolin} = \sqrt{(r \times ((T - 20) \times 0,004 + 1))^2 + (L \times 2 \times \pi \times f)^2} \times l + N$$

r = johtimen resistanssi 20 °C  
T = kaapelin lämpötila  
L = johtimen induktanssi

f = taajuus  
l = kaapelin pituus  
N = rinnakkaiskaapeleiden lkm

$$U_h = I \times (\cos \phi \times R + \sin \phi \times X)$$

R = johto-osuuden resistanssi  
X = johto-osuuden induktanssi

1) maksimi aika määritellään SFS 6000-4-41 mukaisesti  
2) pienin oikosulkuvirta gG-, B- ja C-tyyppi D1-2009 mukaisesti, K-tyyppi VDE 0660 mukaisesti sekä aM-tyyppi ABB:n käytöstä +10% mukaisesti



Laskentaliite muuntamo M033

**NESTEJACOBS**

Muuntamo: M033  
Köljälä: 200F

Dokumentinnumero: **Liite 5**

Suunnittelija: Mika Halonen

Asiakas: Neste Oil Oyj

Lähtö:

Päivämäärä: 21.12.2015

Tarkastaja:

Kohde: Ponoon Jalostamo

Ryhmä:

M033=200F (GAM-8652)

Revisio: 1

Hyväksyjä:

**Z<sub>r</sub> 0,0125 ohm**

Kommentti:

Konveaava syöttö M106+208F.05.F01  
Kaapelimatka 450m, vedettävä kaapeli MCMK 4x240/120  
M033+200F:  
suurimman sulakelähdon 125aM polskyykentä toteutuu.

Kokonaisjännitehäviö:

**7,29 V**

**3,17 %**

Jännitehäviön tarkastelu:

**OK**

Syötön oikosulkuvirta, I<sub>kmin</sub>

17500 A

230 V

50 Hz

80 °C

12 V = 5 %

1

Vaihejännite, U

50 Hz

Kaapelin lämpötila, T

Sallittu jännitehäviö, U<sub>h</sub>

cosφ

1

Jos ei annettua arvoa, laskee huomioimalla arvolla

**HUOM! TÄMÄ TAULUKKO LASKEE OIKOSULKUVIRRAN SARJAAN ASENNETUILLE KAAPEILELLE**

Rinnakk. kaapelit	Kaapeli nro	Kaapeli pituus (m)	Kuorma teho (kVA)	Kuorma valhevirta (A)	Jännitehäviö U <sub>h</sub> (3-v symmetrisen) (%)	V	Sulake/Johdosuola tyyppi	max alk. 1) K <sub>0,4</sub> tai 5 sek	In (A)	Oikosulkuvirta I <sub>k</sub> pienin 2) (A)	Kosketus jännite (A)	Kaapelityyppi	
5	54	450	430	623,2	2,28	5,24	gG	5,0	630	5100	5114	OK	MCMK 4x240 / 120
1	69	45	57	82,6	0,89	2,04	aM	5,0	125	1035	1851	OK	AMCMK 3x70 / 21
1				0,0	0,00	0,00							
1				0,0	0,00	0,00							
1				0,0	0,00	0,00							
1				0,0	0,00	0,00							
1				0,0	0,00	0,00							
1				0,0	0,00	0,00							
1				0,0	0,00	0,00							
1				0,0	0,00	0,00							
1				0,0	0,00	0,00							
1				0,0	0,00	0,00							

**KÄYTETYT LASKENTAKAAVAT**

$$I_k = \frac{0,95 \times U}{\sqrt{3} \times (Z_y + \sum_{i=1}^n Z_{vaihe_i} + Z_{suoq_i})} \rightarrow 1,73 \times (0,012 + 0,106) \times \frac{V}{ohm}$$

$$Z_{johd_m} = \sqrt{(r \times ((T - 20) \times 0,004 + 1))^2 + (L \times 2 \times \pi \times f)^2} \times l + N$$

$r$  = johtimen resistanssi 20 °C  
 $T$  = kaapelin lämpötila  
 $L$  = johtimen induktanssi  
 $f$  = taajuus  
 $l$  = kaapelin pituus  
 $N$  = rinnakkaiskaapeleiden lkm

$$U_h = I \times (\cos \phi \times R + \sin \phi \times X)$$

$R$  = johto-osuuden resistanssi  
 $X$  = johto-osuuden induktanssi

- 1) maksimi aika määritellään SFS 6000-4-41 mukaisesti
- 2) pienin oikosulkuvirta gG-, B- ja C-tyyppi D1-2009 mukaisesti, K-tyyppi VDE 0660 mukaisesti sekä aM-tyyppi ABB:n käytäntö +10% mukaisesti

Laskentaliite muuntamo M101

**NESTEJACOBS**

Muuntamo: M101  
Kojelasto: 100FR1

Dokumentinnumero: **Liite 6**

Suunnittelija:  
Tarkastaja: Mika Halonen

Asiakas: Neste Oil Oyj

Lähtö:

Päivämäärä: 21.12.2015

Hyväksyjä:

Kohde: Porvoon Jalostamo

Ryhmiä:

Revisio: 1

M101=W44

Syötön oikosulkuvirta,  $I_{kmin}$

Vaihejännite, U

Taajuus, f

Kaapelin lämpötila, T

Sallittu jännitehäviö,  $U_h$

cos $\phi$

1

17900 A

230 V

50 Hz

80 °C

12 V = 5 %

0,0122 ohm

Kommentit:

Koneava syöttö M081+506 D.F01

Kaapelimätkä 120m, vedettävä kaapeli MCMK 4x240/120

M101+100RF1: maksusilakäländön 100A polskytentä toteutuu.

M101=W44 kaapelin polkipiintä muutetava AVMCMK 4x150/41

Kokonaisjännitehäviö:

9,13 V

3,97 %

Jännitehäviön tarkastelu:

OK

Käytetty laskentakaavat

$I_k = \frac{0,95 \times U}{\sqrt{3 \times (Z_y + \sum_{i=1}^n Z_{vaihe_i} + Z_{suojaj})}}$

$Z_{johtoin} = \sqrt{(r \times ((T - 20) \times 0,004 + 1))^2 + (L \times 2 \times \pi \times f)^2} \times l + N$

r = johtimen resistanssi 20 °C

T = kaapelin lämpötila

L = johtimen induktanssi

f = taajuus

l = kaapelin pituus

N = rinnakkaiskaapeleiden lukumäärä

$U_h = I \times (\cos \phi \times R + \sin \phi \times X)$

R = johto-osuuden resistanssi

X = johto-osuuden induktanssi

1) maksimi aika määritellään SFS 6000-4:41 mukaisesti

2) pienin oikosulkuvirta gG-, B- ja C-tyyppi D1-2009 mukaisesti, K-tyyppi VDE 0660 mukaisesti sekä aM-tyyppi ABB:n käytöstä +10% mukaisesti











Syötön oikosulkuvirta,  $I_{kmin}$   
Vaihejännite, U  
Taajuus, f  
Kaapelin lämpötila, T  
Sallittu jännitehäviö,  $U_h$   
cosφ

28800 A  
230 V  
50 Hz  
80 °C  
12 V = 5 %  
1

Kommentit:

Korvaava syöttö M084+210FC.F01  
Kaapelimatka 120m, vedettävä kaapeli ANCMK 4x300/88  
139+9100RF:  
suurimman sulakelähdon 100A polskyykenta toteutuu.

Kokonaisjännitehäviö:  
10,34 V  
4,50 %  
Jännitehäviön tarkastelu:  
OK

Jos ei annettua arvoa, laskee huolimattomalla arvolla

## HUOM! TÄMÄ TAULUKKO LASKEE OIKOSULKUVRIRAN SARJAAN ASENETUILLE KAAPELLE

Rinnakk. kaapelit	Kaapeli nro	Kaapeli pituus (m)	Kuumia teho (kW)	Vaihevirta (A)	Jännitehäviö $U_h$		Sulake/ohdusuoja tyyppi	max aika t) gG, aMB, C, K, O, t tai 5 sek	In (A)	Oikosulkuvirta Ik		Korvaus jännite	Kaapelityyppi
					(%)	(V)				plenin 2)	teollinen (A)		
3	82	120	430	623,2	1,34	3,09	gG	5,0	630	5100	8853	OK	3 x ANCMK 4x300/88
1	46	303	69	100,0	3,15	7,25	gG	5,0	100	580	890	OK	MCMK 4x95/50
1				0,0	0,00	0,00							
1				0,0	0,00	0,00							
1				0,0	0,00	0,00							
1				0,0	0,00	0,00							
1				0,0	0,00	0,00							
1				0,0	0,00	0,00							
1				0,0	0,00	0,00							
1				0,0	0,00	0,00							
1				0,0	0,00	0,00							
1				0,0	0,00	0,00							

## KÄYTTÖT LASKENTAKAAVAT

$$I_K = \frac{0,95 \times U}{\sqrt{3} \times (Z_Y + \sum_{i=1}^n Z_{vaihej} + Z_{saaj})} \rightarrow 1,73 \times (0,95 \times 398 + 0,008 \times 0,238) \text{ ohm}$$
$$Z_{johdin} = \sqrt{(r \times ((T - 20) \times 0,004 + 1))^2 + (L \times 2 \times \pi \times f^2 \times l + N}$$

r = johtimen resistanssi 20 °C  
T = kaapelin lämpötila  
L = johtimen induktanssi  
f = taajuus  
l = kaapelin pituus  
N = rinnakkaisien kaapeleiden lkm

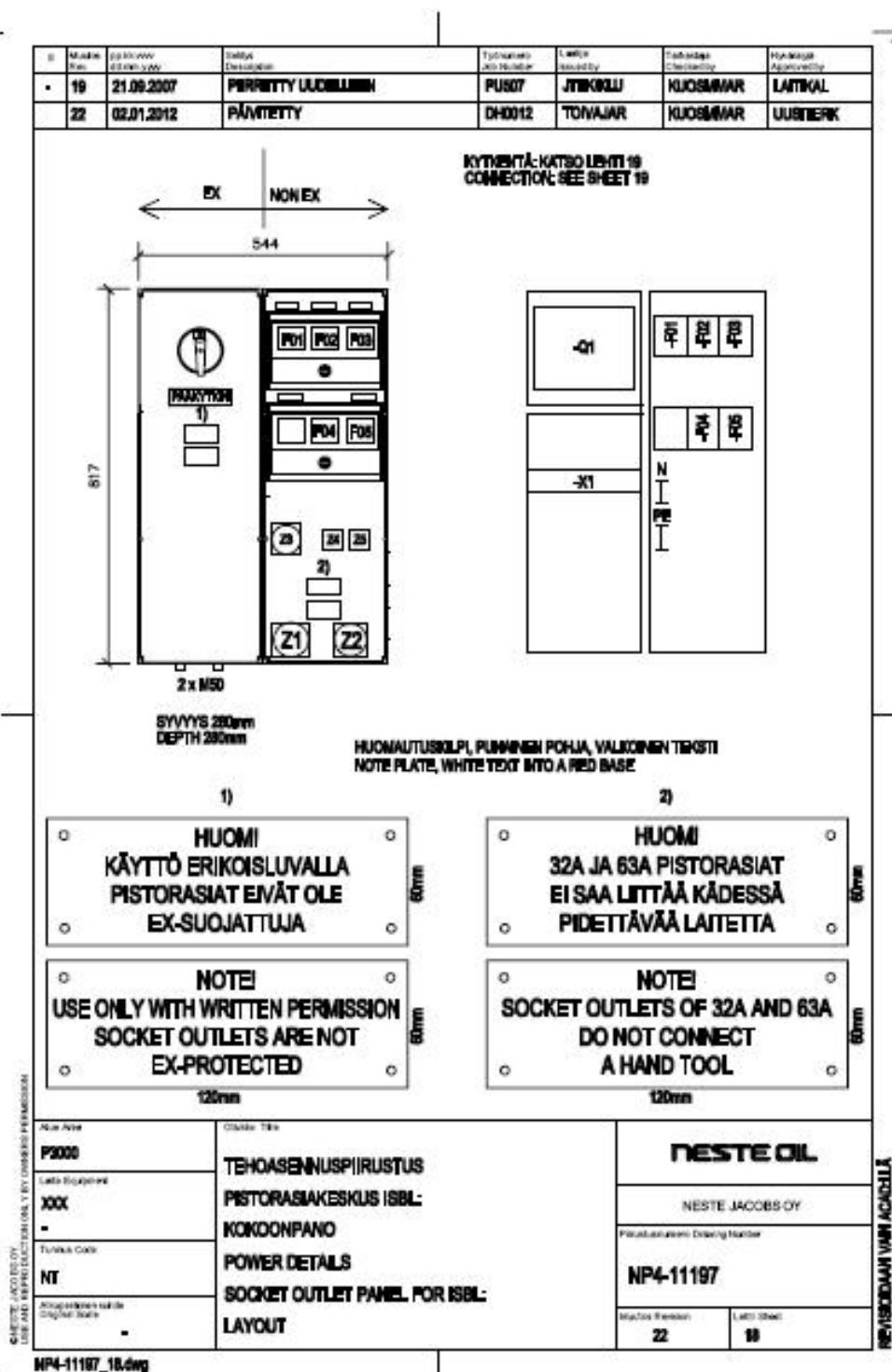
$$U_h = I \times (\cos \phi \times R + \sin \phi \times X)$$

R = johto-osuuden resistanssi  
X = johto-osuuden induktanssi

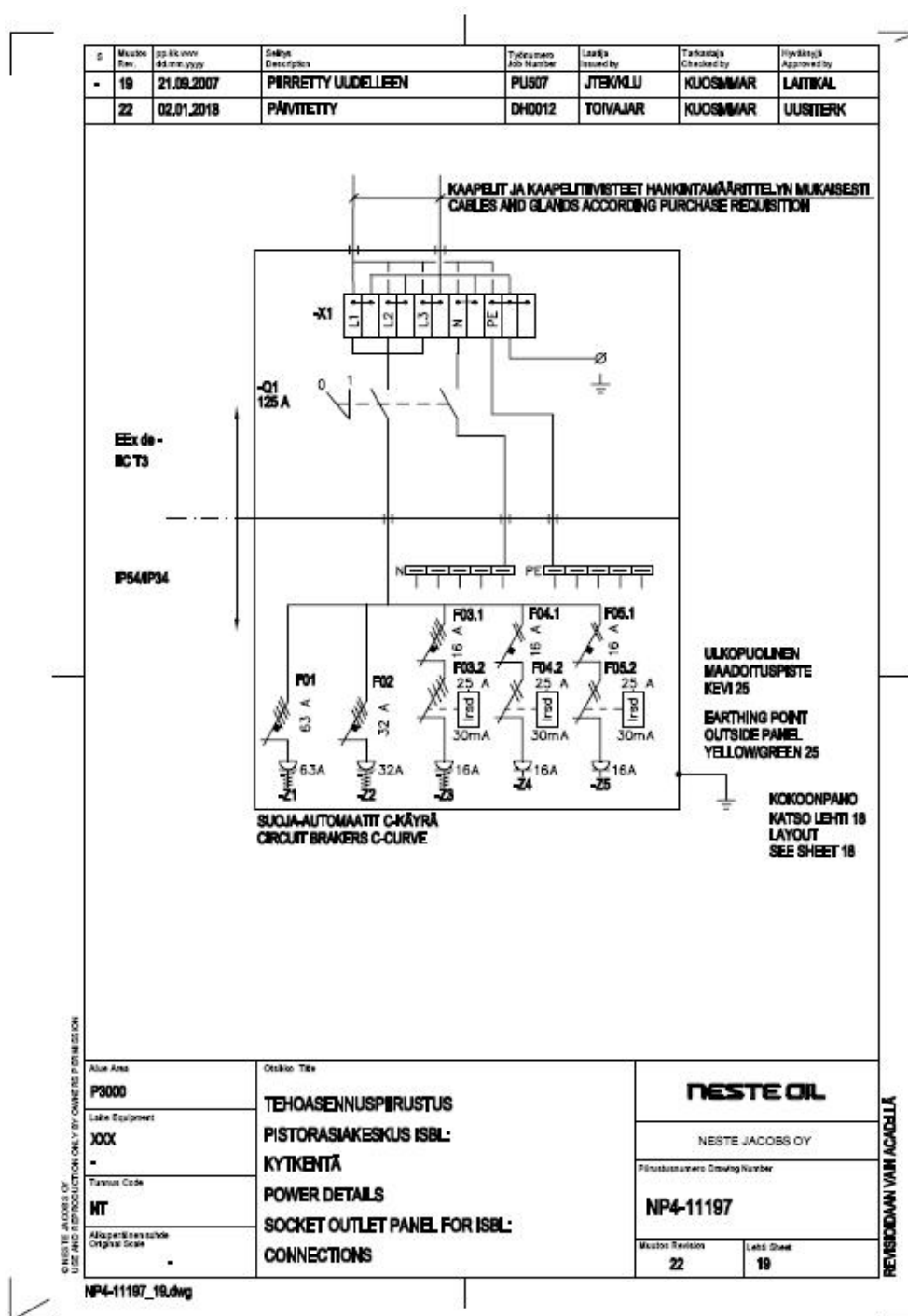
1) maksimiaika määritellään SFS 6000-4-41 mukaisesti

2) pienin oikosulkuvirta gG-, B- ja C-tyyppi D1-2009 mukaisesti, K-tyyppi VDE 0680 mukaisesti sekä aM-tyyppi ABB:n käytöstä +10% mukaisesti

## Tehoasennus- / kokoonpanokuva pistorasiakeskuksesta



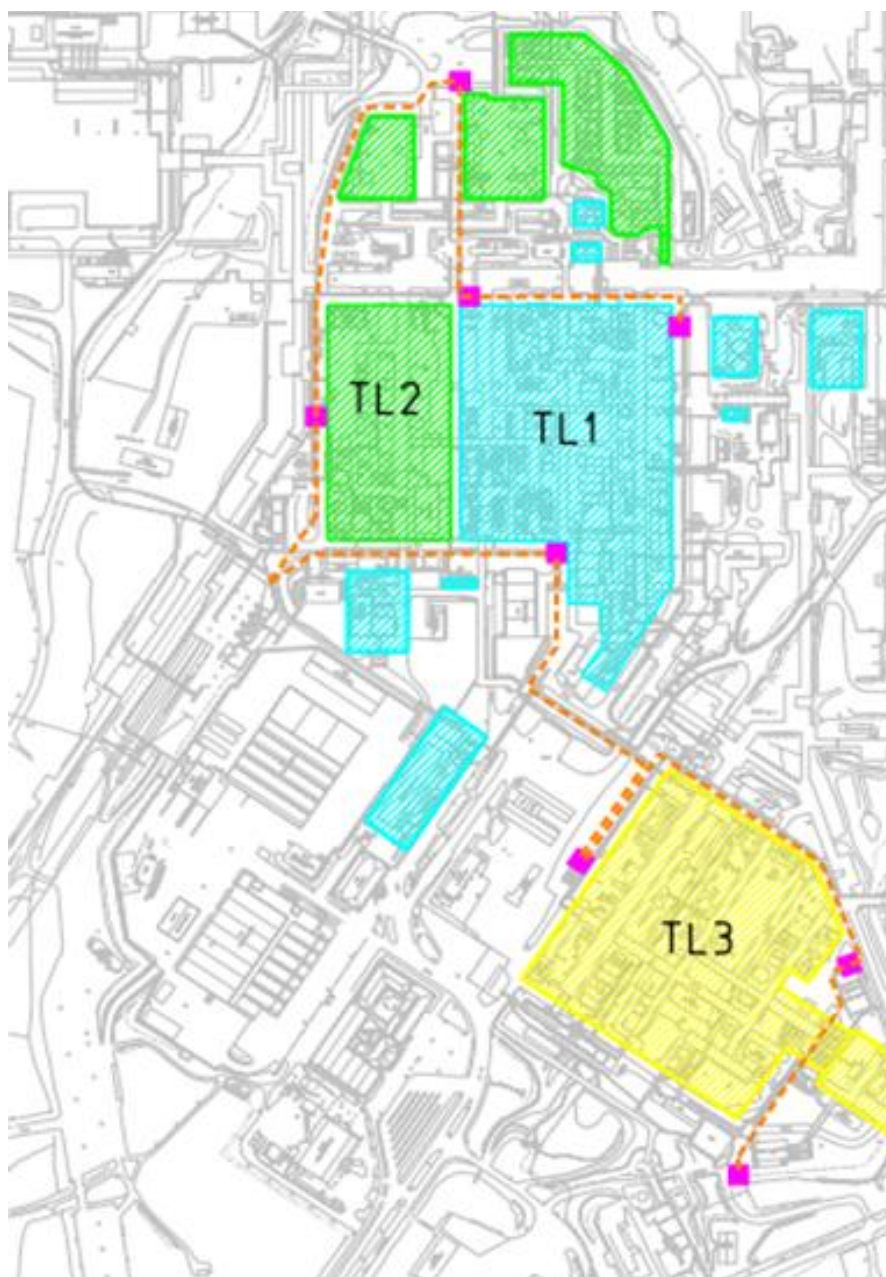
## Tehoasennus- / kytkentäkuva pistorasiakeskuksesta





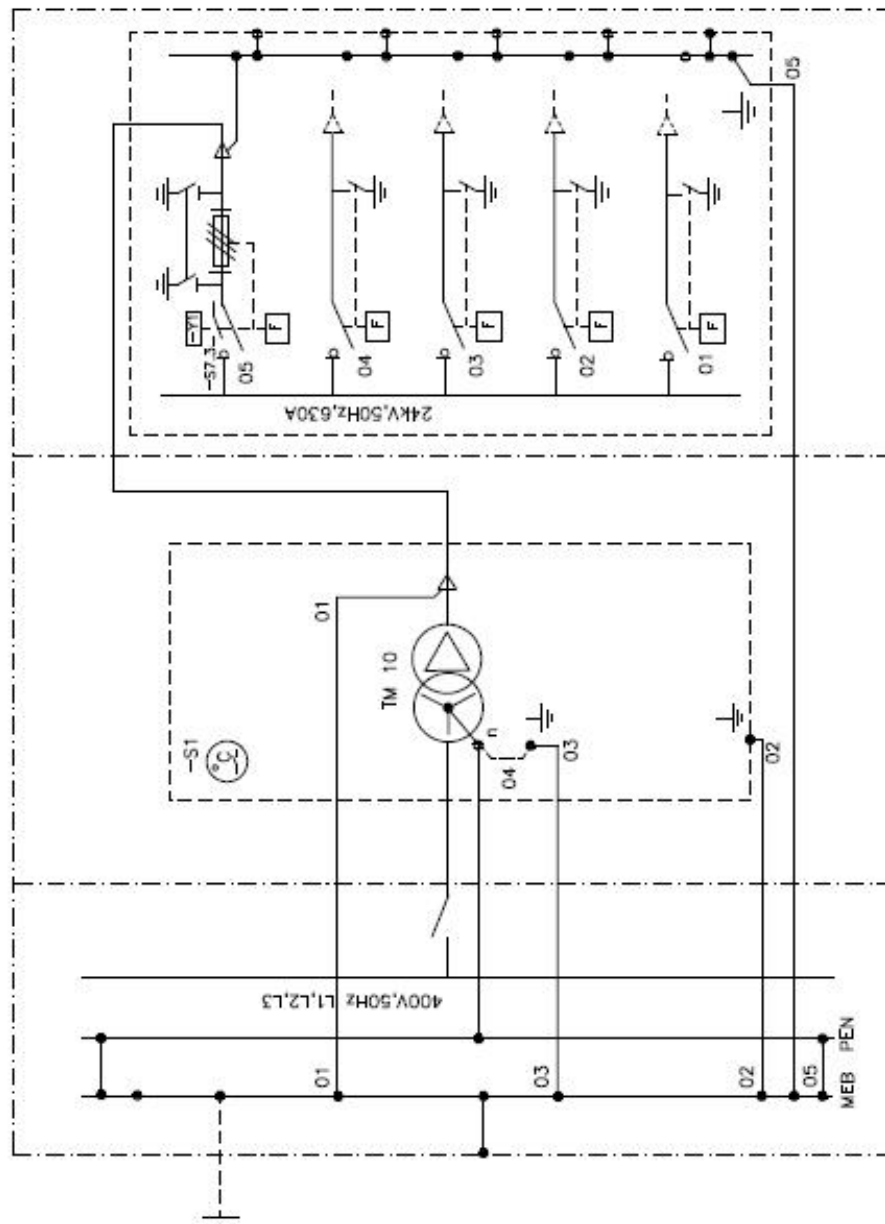
**Työmaasähköverkko ja työmaamuuntamot Porvoon jalostamolla TL1-3**

Kuvassa on esitetty Porvoon jalostamon tuotantolinjat 1-3. Kyseisiin tuotantolinjoihin on sijoitettu uudet kaapeliyhteydet (oranssi) ja uudet työmaamuuntamot (punainen väri).





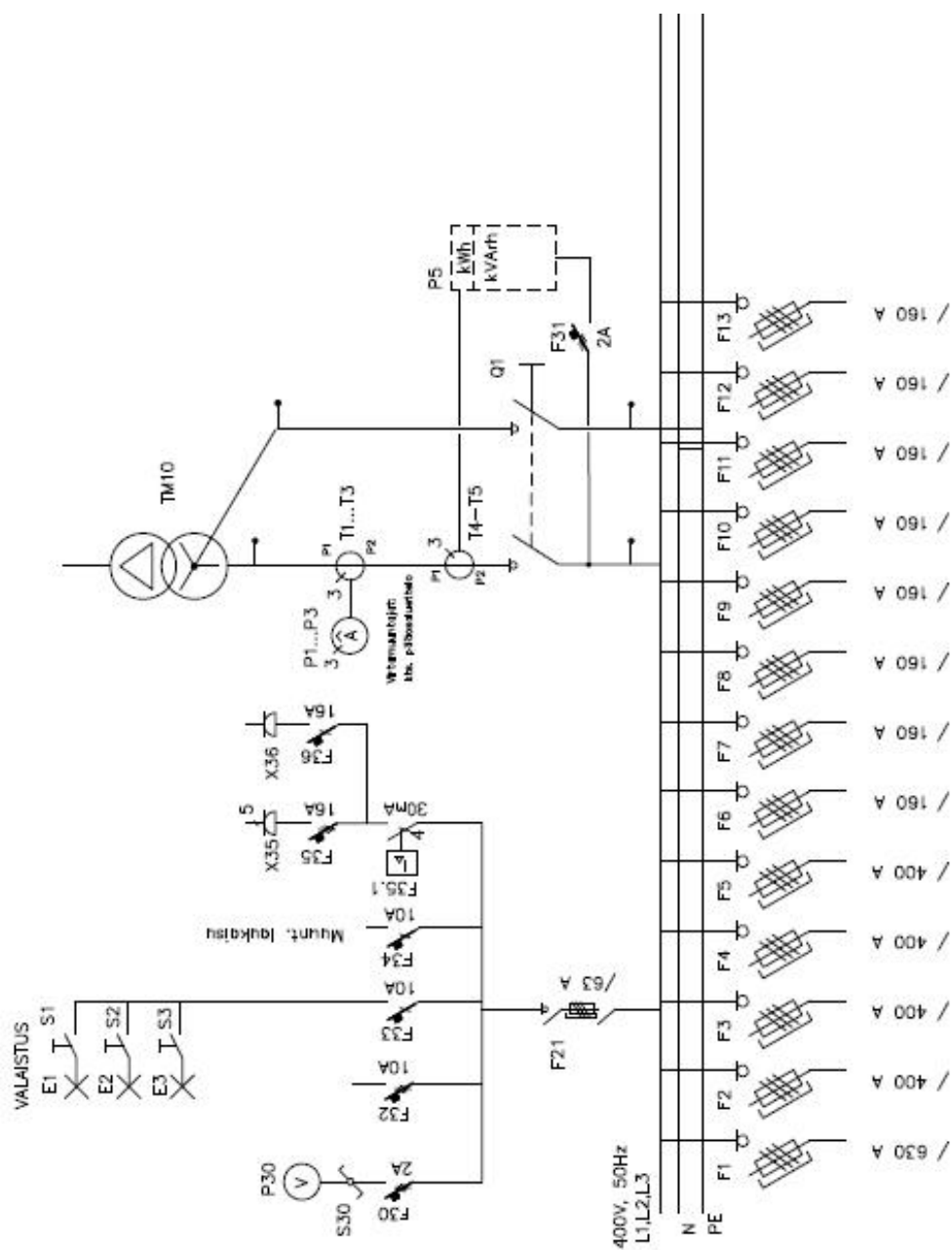
## Työmaamuuntamon suurjännitekaavio



MAADOITUSJOHTIMIEN MERKKAUS:

01 = Muuntajakaapelin maadoitus, Cu 50 mm<sup>2</sup>02 = Muuntajan rungon maadoitus, Cu 50 mm<sup>2</sup>03 = Muuntajan kanteen maadoitus, Cu 50 mm<sup>2</sup>04 = Käyttö ilmajohdoverkoissa HeadPower suositusten mukaisesti, Cu 50 mm<sup>2</sup>05 = Kojelaiton maadoitus, Cu 50 mm<sup>2</sup>

## Työmaamuuntamon pienjännitekaavio



Työmaamuuntamon julkisivukuvat betonijalustalla

