



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Juho-Santeri Korpinen

Ohjelmoitavan logiikan käyttöliittymän integrointi ja kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

7.5.2020

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Juho-Santeri Korpinen Ohjelmoitavan logiikan käyttöliittymän integrointi ja kehittäminen 28 sivua + 3 liitettä 7.5.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	turvalaiteasiantuntija Heli Tuominen lehtori Jukka Karppinen
<p>Insinööriyön tavoitteena oli integroida tasoristeyksessä toiminnassa olevan varoituslaitoksen ABB Pluto-turvalogiikkayksiköt yhteen HMI-paneeliin siten, että kun käytössä on kaksi tai useampi turvalogiikkayksikkö, voidaan kaikkien turvalogiikoiden vika- hälytys- ja tapah- tumatiedot lukea samasta kosketusnäytöstä. Työ tehtiin NRC Group Finland Oy:lle.</p> <p>Työn toteutuksessa käytettiin NRC Group Finlandin rakentamaa varoituslaitossimulaatto- ria. Työtä lähdettiin toteuttamaan kahdessa osassa. Ensimmäinen osassa tehtiin kolme erillistä HMI-ohjelmaa turvalogiikoiden osoitetiedoista, mitkä ladattiin kolmeen HMI-paneeliin. Nämä paneelit kytkettiin kiinni varoituslaitossimulaattorin turvalogiikoihin. Tämän jäl- keen tarkastettiin, että HMI-ohjelmat ja varoituslaitossimulaattori toimii tarkoituksen mukai- sesti.</p> <p>Työn seuraavassa vaiheessa lähdettiin kolmesta tehdystä HMI-ohjelmasta rakentamaan yhtä ohjelmaa. Tässä vaiheessa työssä törmättiin ongelmaan turvalogiikoiden sisäisen oh- jelmoinnin kanssa. Kaikkia tarvittavia tietoja ei saatu välitettyä HMI-paneelille.</p> <p>Työn lopputuloksena todettiin, että tavoitteen mukaista HMI-ohjelmaa ei voida tehdä ilman muutosta turvalogiikoiden sisäiseen ohjelmaan. Työstä kuitenkin syntyi käyttökelpoinen HMI-ohjelman pohja, jota NRC Group voi hyödyntää tulevaisuudessa.</p>	
Avainsanat	PLC, HMI, tasoristeys, varoituslaitos

Author Title	Juho-Santeri Korpinen Integration and Development of HMI Software for PLC
Number of Pages Date	28 pages + 3 appendices 7 May 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Electrical Power Engineering
Instructors	Heli Tuominen, Safety Device Specialist Jukka Karppinen, Senior Lecturer
<p>The goal of this thesis work was to integrate ABB Pluto safety PLC units working in a level crossing warning system into one HMI panel, so that when two or more safety logic units are used, the fault alarm and event information of all safety logics can be read from the same HMI panel. This work was done for NRC Group Finland Oy.</p> <p>To accomplish the goal that was set, a warning system simulator build by NRC Group was used. This work was done in two parts. First, three separate HMI programs were made using the address information from three PLC units. These programs were downloaded into three HMI panels, which were connected into three PLC units. When everything was set, the HMI programs and the warning system simulator were checked, so that they worked as planned.</p> <p>The next part of the work started to build one HMI software from the three HMI software that were made. At this point of the work, a problem with the internal programming of the security PLCs was encountered. All required information from the PLCs to the HMI panel could not be transmitted.</p> <p>As the result of the thesis work, it was established that the HMI software that was set as the goal cannot be made without a change to the internal program of the security PLC. However, the work done in this thesis project provides a useful basis for the HMI software that NRC Group can use in the future.</p>	
Keywords	PLC, HMI, level crossing, warning system

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Varoituslaitos	2
2.1	Yleistä varoituslaitoksesta	2
2.2	Varoituslaitoksen rakenne	3
2.3	Varoituslaitoksen toiminta	8
2.4	Varoituslaitoksen viat ja vikailmaisut	10
2.5	Standardit ja ohjeet	12
3	Ohjelmoitavat logiikat	14
3.1	Yleistä ohjelmoitavista logiikoista	14
3.2	Väylä	15
3.3	Modbus	16
4	Käyttöliittymä	17
5	Työn toteutus	18
5.1	Lähtötilanne	18
5.2	Varoituslaitossimulaattorin testaus	19
5.3	HMI-ohjelma	20
5.4	Ohjelmien yhdistäminen	25
6	Yhteenveto	27
	Lähteet	28
	Liitteet	
	Liite 1. Varoituslaitoksen logiikoiden vikakoodit	

Lyhenteet

CSV	Tiedostomuoto, jolla tallennetaan yksinkertaista taulukkomuotoista tietoa tekstitiedostoon.
HMI	<i>Human-Machine Interface</i> . Käyttöliittymä laitteen ja käyttäjän välille.
KK	KK-kytkin on kytkin, jolla varoituslaitos voidaan poistaa kokonaan käytöstä.
PAL	Palautuspainike palauttaa varoituslaitoksen normaaliin toimintaan poistotoiminasta
PLC	<i>programmable logic controller</i> . Ohjelmoitava logiikka, joita käytetään automaatioprosessien ohjauksessa.
RATO	<i>Ratatekniset ohjeet</i> . Väyläviraston 21-osainen ohjeistus rautateiden laitteiden ja järjestelmien rakentamiselle.
RTU	Modbus-protokollan versio, joka käyttää sarjaliikennettä
TCP	Modbus-protokollan versio, joka käyttää ethernet liikennettä
TK	TK-kytkin on varoituskytkin, jolla voidaan käsikäyttöisesti käynnistää varoituslaitoksen hälytys.
USB	<i>Universal Serial Bus</i> . Liitintyyppi oheislaitteiden liittämiseksi tietokoneeseen.

1 Johdanto

Rautateiden tasoristeyksissä olevien varoituslaitosten turvalaitteita ohjataan ohjelmoitavalla turvalogiikalla. Varoituslaitoksen toiminnan ja huollon kannalta on tärkeää, että turvalogiikoista saadaan kirjattua niiden vika- ja hälytystiedot. Tämän takia varoituslaitosten turvalogiikkaan on yhdistetty HMI-paneeli (Human Machine Interface), josta nämä tiedot voidaan lukea.

Työn tavoitteena on integroida tasoristeyksessä toiminnassa olevan varoituslaitoksen ABB Pluto-turvalogiikkayksiköt yhteen HMI-paneeliin siten, että kun käytössä on kaksi tai useampi turvalogiikkayksikkö, voidaan kaikkien turvalogiikoiden vika-, hälytys- ja tapahtumatiedot lukea samasta kosketusnäytöstä. Lisäksi tässä opinnäytetyössä selvitetään mitkä varoituslaitoksen turvalogiikoiden tiedoista on tarpeen välittää HMI-kosketusnäytölle turvalaitoksen kunnossapidon ja toiminnan tutkimisen kannalta.

Työssä perehdytään ensin yleisesti varoituslaitoksen toimintaan ohjelmitaviin logiikoihin HMI tekniikkaan ja rautateiden turvalaitteiden standardeihin. Tämän jälkeen siirrytään itse opinnäytetyöhön, jossa ensin tarkastellaan työhön asetettuja tavoitteita sen lähtötilannetta ja sen jälkeen siirrytään kuvaamaan ratkaisua.

Idea tämän työn toteuttamiseen tuli NRC Group Finlandilta yrityksen tarpeesta saada käyttöön järjestelmä, joka helpottaa kunnossapitäjän työtä.

2 Varoituslaitos

2.1 Yleistä varoituslaitoksesta

Varoituslaitos on tasoristeyksessä tai laituripoluilla sijaitseva varoitusjärjestelmä. Varoituslaitoksen tarkoituksena on varoittaa valo- ja soitto-opastein sekä ajoväylälle laskeutuvien puomien avulla tasoristeyksessä liikkuvaa muuta liikennettä risteystä lähestyvistä tai sen ohi ajavasta raitteilla liikkuvasta yksiköstä. Tästä eteenpäin tässä työssä raitteilla liikkuvaa yksikköä kuvataan junaksi. [1.]



Kuva 1. Puolipuomilaitos rataosuudella 321 Toijala-Turku [2.]

Varoituslaitoksen eri tyypit ovat

- puomilaitos (kuva 1.), joka on varustettu puomeilla, tieopastimilla ja varoituskelloilla. puomit voivat olla joko puoli-, koko- tai paripuomit.
- valo- ja äänivaroituslaitos, joka on varustettu tieopastimilla ja varoituskelloilla
- varoitusvalolaitos, joka on varustettu tieopastimilla

- Laituripolun varoituslaitos, joka on varustettu tieopastimilla ja varoituskelloilla

Se, millainen varoituslaitos tasoristeyksessä on, riippuu ylitettävien raiteiden määrästä ja tiejärjestelyistä. [1.]

2.2 Varoituslaitoksen rakenne

Valovaroituslaitteet

Valovaroituslaitteet ovat opastinyksiköitä, joissa käytetään valoina punaista ja valkoista valoa. Yleisemmät valoyksiköt ovat kolmiaukkoiset valoyksiköt, jotka ovat kolmion mallisia. Näissä valoyksiköissä valot on sijoitettu kolmioon muotoon niin, että ylhäällä on kaksi punaista valoa ja alhaalla yksi valkoinen valo. [3. s. 164]

Puomilaitteet

Puomilaitteet ovat sähkömoottorilla ohjattuja puominkääntölaitteita (Kuva 2), joihin on kiinnitetty keltapunainen raidallinen puomi. Puomi on kiinnitetty laitteeseen murtopulteilla, joiden tarkoituksena on tilanteessa, jossa ajoneuvo törmää puomiin, murtua niin, että puomi putoaa maahan eikä hajoa törmäyksen voimasta. Ratateknisten ohjeiden osassa 6 on määritetty, että puomin kiinnityksen täytyy irrota 50 N törmäysvoimasta. [3. s. 167]



Kuva 2. Puominkääntölaite testauspenkissä.

Puomilaitteilla on kolme asentoa:

- yläasento, jossa puomi osoittaa suoraan ylöspäin
- ala-asento, jossa puomi on laskeutunut alas ja muodostaa 90 asteen kulman laitteen kanssa.
- keskiasento, jossa puomi on 60 asteen kulmassa. Puomi siirtyy tähän asentoon, jos puominkääntölaite menee virrattomaksi.

Äänivaroituslaitteet

Äänivaroituslaitteet ovat varoituskello (Kuva 3) tai elektronin äänilähde, jotka antavat hälytyksen ollessa käynnissä kovaäänistä hälytysääntä. Äänivaroituslaitteet on suunniteltu niin, että ne lopettavat äänihälytyksen junan tullessa varoituskello tieosuuden kohdalle. Tällä pyritään vähentämään äänilähteistä syntyvää meluhaittaa junassa oleville matkustajille ja ympäristölle. Äänivaroituslaitteiden hälytysäänen täytyy kuulua kaikille tasoristeyksessä raidetta risteävillä väylillä. [3. s. 168]

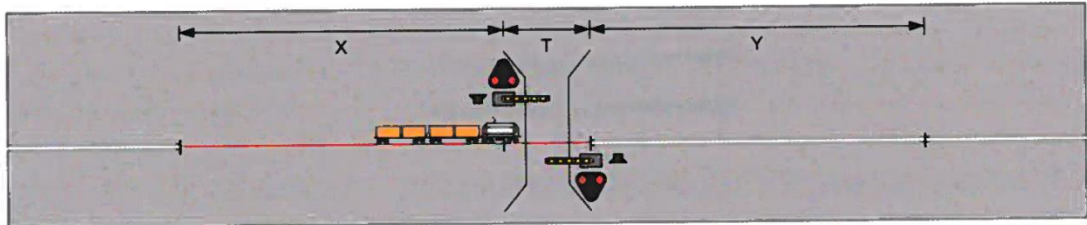


Kuva 3. Varoituskello tasoristeyksessä.

Raideosuudet

Varoituskelloon kuuluu myös raideosuudet, joihin kuuluu hälytysosuus ja tieosuus. Osuudet ovat mitoitettu raiteen nopeuden ja varoituskelloon geometrisen sijainnin mukaan. [1.] Hälytysosuus on tieosuuden molemmilla puolilla sijaitseva osuus raidetta (Kuva 4.). Hälytysosuudelle tullessaan juna aktivoi hälytyksen

varoituskäytöksellä. Hälytysosuuden pituuden tulee olla sellainen, että varoituskäyttö hälyttää 30 sekuntia ennen kuin suurinta sallittua nopeutta kulkeva juna saapuu varoituskäytöksen tieosuudelle. Tieosuus on vähintään 30 metriä pitkä osuus raideosuudesta, joka sijaitsee tasoristeyksen kohdalla.



Kuva 4. Varoituskäytöksen raideosuudet. Hälytysosuudet ovat X ja Y ja tieosuus on T. [4. s. 154]

Laitetila

Varoituskäytöksen laitetila (kuva 5) on rataosuudella sijaitseva tila, jossa sijaitsee varoituskäytöksen turvalaitteet, akusto, virransyöttö ja dokumentit (piirustukset, huoltopäiväkirja). Laitetila on joko kaappi tai koju.



Kuva 5. Varoituskäytöksen laitetilakaappi. [1.]

Kytkimet ja napit

Varoituslaitos sisältää erilaisia kytkimiä ja nappeja, joilla voidaan käsikäyttöisesti ohjata varoituslaitoksen toimintaa. Ratateknisten ohjeiden osassa kuusi määritellyt kytkimet ja napit ovat

- TK-kytkin
- KK-kytkin
- TR on- nappi
- TR ei- nappi
- PAL-nappi
- PP-nappi.

TK-kytkin on varoituskytkin ja sillä voidaan aloittaa varoituslaitoksen hälytys käsikäyttöisesti. TK-kytkintä tarvitaan huoltotöiden yhteydessä tai erikoistilanteessa, jossa hälytys joudutaan käynnistämään käsin. Varoituslaitos on varustettava kahdella TK-kytkimellä, joista toisen on sijaittava laitetilassa ja toisen laitetilän ulkoseinällä olevassa kotelossa. [3. s. 171]

KK-kytkimellä eli käyttökytkimellä varoituslaitos voidaan ottaa kokonaan pois käytöstä. KK-kytkimen käyttäminen estää tai lopettaa hälytykset. KK-kytkin sijoitetaan samaan laitetilän ulkoseinällä olevaan koteloon TK-kytkimen kanssa. [3. s.171]

TR on- nappi eli raidekohtainen varoituspainike on painike, jolla voidaan käsikäyttöisesti ohjata varoituslaitos hälyttämään niin, että hälytys päättyy, kun junayksikkö ohittaa tasoristeyksen. TR on- napin kanssa samassa kotelossa sijaitsee TR ei- nappi, jolla voidaan päättää raidekohtainen hälytys.

PAL-nappi eli palautuspainike asennetaan varoituslaitoksiin, jotka ovat varustettu tasoristeysoastimilla. Palautuspainike sijoitetaan tasoristeysoastimen läheisyyteen ja sen käyttäminen palauttaa tasoristeyksen normaaliin toimintaan.

PP-napilla eli poistopainikkeella voidaan tietty raide poistaa toiminnasta poistamatta koko varoituslaitosta toiminnasta. PP-napin kanssa samassa kotelossa sijaitsee PP ei - nappi.

2.3 Varoituslaitoksen toiminta

Varoituslaitoksen hälytys voi tulla usean eri ehdon ohjaamana. Minkä tahansa hälytys-ehdon ollessa voimassa hälytys ei saa päättyä. Jos varoituslaitos sijaitsee raideosuudella, jolla on useita raiteita, ei hälytys saa päättyä, jos yksikin hälytysehto on olemassa millä tahansa raiteella. Varoituslaitoksella on viisi toimintotilaa perustila, hälytystila, automaattinen- ja käsikäyttöinentoiminto sekä poistotoiminto.

Perustila

Varoituslaitoksen katsotaan olevan perustilassaan, kun laitos on käynnissä, vikatiedoissa ei ole kriittisiä tai ei kriittisiä vikoja, tasoristeyksessä olevat puomit ovat ylhäällä, opastinvalot näyttävät hitaasti vilkkuvaa valkoista valoa ja hälytyskellot eivät soi.

Hälytystila

Perustilassa oleva varoituslaitos siirtyy hälytystilaan heti, kun raiteilla liikkuva juna varaa hälytysalueen. Raideosuuden varautuminen käynnistää hälytyksen välittömästi, jolloin varoituslaitoksen varoitusvalot alkavat näyttämään nopeasti vilkkuvaa punaista valoa ja hälytyskellot alkavat soida. Tätä ensimmäistä osuutta hälytyksestä kutsutaan etusoittoajaksi ja se kestää vähintään 10 sekuntia. (taulukko 1) Etusoittoajan tarkoituksena on antaa tasoristeystä ylittämässä olevien autojen tai ihmisten ylittää tasoristeys ennen kuin puomit laskeutuvat. Etusoittoajan jälkeen puominkäntölaitteet aloittavat puomien kääntämisen ala-asentoon. Samalla puomivarren varoitusvalot alkavat vilkkua. Puomien laskeutumisessa kestää noin 10 sekuntia. Tämän jälkeen juna saapuu tasoristeykseen. Junan ohittaessa tasoristeystä hälytyskellot lakkaavat soimasta vähentäen soimisesta johdettavaa meluhaittaa. Lopulta junan poistuttua tasoristeyksestä hälytys päättyy puomit nousevat ylös ja varoitusvalo siirtyy näyttämään valkoista hitaasti vilkkuvaa valoa.

Taulukko 1. Puomilaitoksen hälytyksen pituus ja sen toiminnot ennen junan saapumista tasoristeykseen.

	Toiminto	Vaadittu aika	Huomautus
1	Etusoittoaika	≥ 10 s	Huomioitava puomien keskeinen etäisyys
2	Puomien laskeutumiselle varattu aika	10 s	
3	Tasoristeyksestä pois johtavan kaistan sulkevan puomin laskeutumiselle varattu aika	8 s	Vain paripuomeilla varustetulla varoitulaitoksella.
4	Varoaika	10 s	

Automaattinen toiminta

Jotta varoitulaitos toimii automaattisesti, täytyy käyttökytkimen olla ”käytössä” asennossa. Hälytys alkaa heti, kun juna saapuu hälytysosuudelle ja hälytys loppuu automaattisesti, kun junan viimeinen pyöräpari ohittaa tasoristeyksen kohdalla olevan eristetyn raideosuuden, akselilaskurin tai kiskosilmukan [5, s. 14].

Kun varoitulaitos on automaattisen toiminnan tilassa, täytyy hälytyksen alkaa, jos joku hälytyksen aloittamisen ehdoista täyttyy [5, s. 14].

Käsi­käyttöinen toiminta

Käsi­käyttöisen toiminnan tarkoituksena on saada varoitulaitos hälyttämään käsi­käyttöisesti. Tätä toimintoa tarvitaan esimerkiksi tehtäessä vaihtotöitä. Kun varoitulaitos on käsi­käytöllä, varoitulaitoksen raideosuudella oleva juna ei aloita hälytystä. Käsi­käyttöä käytetään esimerkiksi ratapihoilla ja rautatieliikennepaikoilla [5, s. 16].

Käsi­käyttöä varten varoitulaitokseen on asennettu käyttökytkimen ja varoituskyskimen lisäksi raidekohtaisia TR on- ja TR ei- varoituspainikkeita.

Poistotoiminto

Poistotoiminnolla tarkoitetaan sitä, että varoituslaitoksen raideosuuden tai raideosuuk-
sien varautumisen aiheuttama hälytys voidaan lopettaa tai estää kokonaan poistopaini-
kettä (PP-painike) käyttämällä. Poistotoiminto ei kuitenkaan poista muita hälytyksen
aloittamisen tai jatkamisen ehtoja. [4, s.158]

Poistotoimintoa tarvitaan sellaisilla raideosuuksilla, joilla on tarve pysäköidä kalustoa tai
tehdä vaihtotyötä. Poistotoiminto tarvitaan myös sellaiselle raideosuudelle, jolle juna jou-
tuu pysähtymään yli viideksi minuutiksi aloittamatta hälytystä uudestaan. Tällainen ti-
llanne voi syntyä esimerkiksi silloin, jos tasoristeyksen jälkeen raideosuudella sijaitsee
matkustajalaituri, johon junan täytyy pysähtyä. [4, s.159]

Poistotoiminnon on päätyttävä, jos

- PP EI -painiketta käytetään
- kulkutie varmistetaan tasoristeyksessä ja poistotoiminto on päällä raideosuudella
- poistotoiminnollinen raideosuus vapautuu
- poistotoiminnollinen raideosuus, joka oli vapaa poistotoiminnan alkaessa ei va-
raudu 5 minuutin kuluttua poistotoiminnan aloittamisesta

[4. s.159]

Jos tasoristeyksessä on useita raiteita, voidaan jokaiselle raiteelle asentaa raidekohtai-
nen poistopainike. Tällöin poistopainike poistaa vain painikkeelle määrätyn raiteen ja hä-
lytysosuuden ja tieosuuden toiminnan varoituslaitoksesta. [4, s.159]

2.4 Varoituslaitoksen viat ja vikailmaisut

Varoituslaitosten viat jaetaan kriittisiin ja ei kriittisiin vikoihin. Kriittisen vian syntyessä
varoituslaitosta suojaavan opastimen tulee näyttää seis-opastetta. Kriittisen vian synty-
misen tulee estää hälytysajan toteutuminen eli varoituslaitoksen hälytys ei saa loppua
kriittisen vian ollessa päällä. Kun kriittinen vika poistuu, hälytysajan laskeminen on aloi-
tettava alusta, jos varoituslaitos hälyttää. [4, s.160]

Jos varoituslaitos on kytketty asetinlaitteeseen, täytyy asetinlaitteelle tuleva tieto varoituslaitoksen vioista välittää liikenteenohjaukseen. Jos kyseessä on linjalaitos vikatiedot, täytyy välittää linjaa ohjaavaan liikenteenohjauspaikkaan tai Väyläviraston määräämään paikkaan. [4, s.160]

Kriittiset viat ovat:

Varmuusvika syntyy, jos varoituslaitos ei hälytä tai puomit eivät laskeudu, kun hälytyksen ja puomien laskeutumisen ehdot toteutuvat. [4, s.160]

Järjestelmävika syntyy, jos varoituslaitoksen viallinen ohjausjärjestelmä estää varoituslaitoksen toiminnan. [4, s.160]

Puomivika syntyy, jos puomin paikallaan olon valvonta ei toteudu puomin valvontapiirin ilmaiseman vian vuoksi. [4, s.160]

Puomin asennon valvontavika syntyy, jos puomi ei siirry ala-asentoon määrätyn ajan kuluessa, kun puomi on ohjattu laskeutumaan.

Tieopastinvika syntyy, jos tieopastin ei voi näyttää punaista valoa.

Maavika syntyy, jos virtapiirin osa, joka on erotettu maapotentiaalista, yhdistyy maapotentiaaliin.

Pitkän hälytyksen vika syntyy, jos varoituslaitos hälyttää automaattisen toiminnan tilassa yli 10 minuuttia niin, että tieosuus ei ole varautunut hälyttämisen aloittamisen jälkeen tai tieosuus on varattu hälytysosuuksien ollessa vapaat. Pitkän hälytyksen aikavalvonta alkaa alusta, jos hälytysosuudelle saapuva yksikkö aiheuttaa uuden hälytyksen. Pitkän hälytyksen vikaa ei valvota, jos varoituslaitos on ohjattu hälyttämään käsikäytön ollessa päällä. [4, s.161]

Ei kriittiset viat ovat:

Alijännitehälytys syntyy, jos varoituslaitoksen akkujen jännite on alhainen

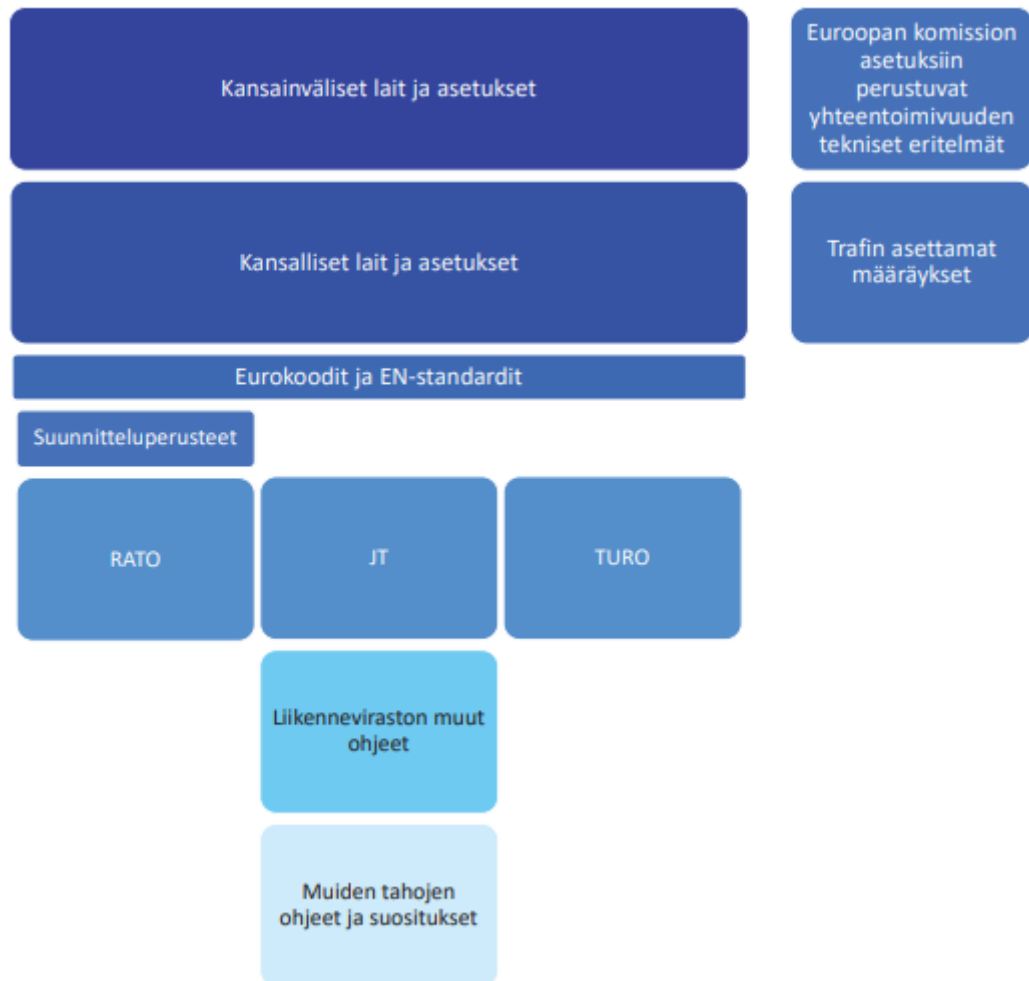
Lamppuvika syntyy, jos tieopastimen pää- tai varalangassa on vikatieopastimessa oleva vika estää valkoisen valon, näyttämisentieopastimessa oleva vika estää punaisen valon näyttämisen yhdellä punaisella valolla mutta punaista valoa voidaan näyttää tieopastimen toisella punaisella valolla tai tasoristeysopastimen pää- tai varalangassa on vika.

Käyttövika syntyy, jos varoituslaitos hälyttää niin, että mikään hälytyksen ehto ei ole toteutunut. [4, s.161]

2.5 Standardit ja ohjeet

Suomen rautatiejärjestelmää ohjaavien ja määrävien asiakirjojen hierarkiassa (Kuva 6) ylimpänä ovat kansainväliset ja kansalliset lait ja asetukset, joihin kuuluvat Euroopan komission asetuksiin perustuvat yhteentoimivuuden tekniset järjestelmät. Nämä lait ja asetukset implementoidaan Suomen lainsäädäntöön. Suunnittelun ja rakentamisen osa säädetään ratalaissa ja valtion rataverkolle pääsyn edellytykset kuvataan rautatielaissa. Väyläviraston suunnitteluperusteissa esitetyt vaatimukset nojaavat edelle mainittuihin lakeihin, asetuksiin ja määräyksiin. [6, s. 11]

Väyläviraston sisäisessä hierarkiassa ylimpänä ovat junaliikenteen ja vaihtotyön turvallisuussäännöt eli Jt, radanpidon turvallisuus ohjeet TURO sekä ratatekniset ohjeet eli RATO. Näiden kolmen jälkeen hierarkiassa seuraavana on muut väyläviraston ohjeet ja niiden alapuolella muiden tahojen ohjeet ja suositukset. [6, s.11]



Kuva 6. Suomen rautatiejärjestelmän säännöksiä ja ohjeiden hierarkia. [6, s.12]

Väylävirasto eli entinen liikennevirasto on määrittänyt ohjeet valtion rataverkkoon kuuluvan radan ja ratalaitteiden suunnittelua, rakentamista, tarkastusta ja kunnossapitoa varten. Näitä ratateknisiä ohjeita on 21 kappaletta. Kaikki valtion rataverkossa olevat laitteet ja rakenteet täytyy rakentaa RATO:n mukaan. RATO:sta saa poiketa vain Väyläviraston hyväksynnällä. [6, s.6]

RATO:n osa 6 koskee turvalaitteiden suunnittelua, rakentamista ja kunnossapitoa. Se määrittää esimerkiksi mitä laitteita ja järjestelmiä varoituslaitoksen tulee sisältää sekä miten varoituslaitoksen tulee toimia. RATO 6 sisältää myös piirrossymboleita radan turvalaitteille sekä ohjeita turvalaitteiden sijoittamisesta radalle.

3 Ohjelmoitavat logiikat

3.1 Yleistä ohjelmoitavista logiikoista

Ohjelmoitava logiikka (PLC) on tietokone, jota käytetään erilaisten automaatioprosessien ohjaukseen. PLC sisältää I/O eli tulo- ja lähtöpisteitä. Tulopisteisiin tuleva tieto prosessoidaan logiikkaan ohjelmoidun ohjelman kautta ja tämä tieto lähetetään lähtöpisteiden kautta eteenpäin laitteisiin, jotka on kytketty PLC:hen.

Ohjelmoitavien logiikoiden hyöty on se, että niillä voidaan ohjata todella monimutkaisia tai yksinkertaisia järjestelmiä. Lisäksi mahdolliset muutokset laitteiston toiminnassa voidaan tehdä muuttamalla logiikan sisälle ohjelmoitua ohjelmaa. Näin säästytään siltä, että laitteiston fyysisiä kytkentöjä jouduttaisiin muuttamaan.

ABB Pluto on ohjelmoitava turvalogiikka, joka on tarkoitettu käytettäväksi sovelluksissa, joissa ei sallita turvalogiikan sisäisen vian aiheuttamaa turvatietojen häviämistä. ABB Plutossa turvatietojen häviäminen on estetty kahdennusperiaatteella ja itse diagnostiikalla. [8. s. 3]

ABB Pluto (kuva 7) sisältää kaksi mikroprosessoria, jotka valvovat jokaista turvatoimintoa. Logiikan kaikki tulot ja lähdöt on kytketty molempiin prosessoreihin, joiden muistit suorittavat omaa ohjelmaansa. Prosessorit vertailevat näitä tulojen tuloksia varmistaakseen tietojen todellisen tilan. Lähtöjä voi ohjata vasta, kun prosessorien tiedot täsmäyvät. [8. s. 3]

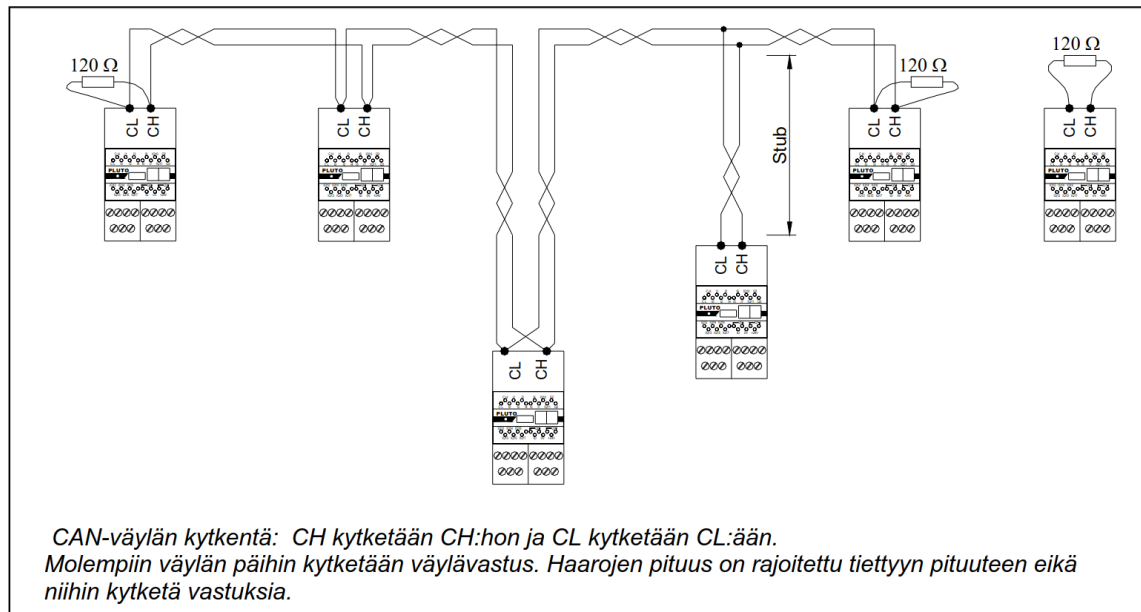
Pluto on suunniteltu täyttämään EU:n konedirektiivin (98/37/EEC) koskien turvajärjestelmiä ja turvaluokituksen 4 harmonisoidun standardin EN 954-1 mukaisesti. Plutoa voi myös käyttää muissa sovelluksissa, joissa on samantyyppiset vaatimukset. Esimerkiksi rautateillä, prosessiteollisuudessa jne. [8. s. 3]



Kuva 7. ABB Pluto B46 v2 [9.]

3.2 Väylä

Väylällä (kuva 8) tarkoitetaan tiedonsiirtoväylää, jossa useita ohjelmoitavia logiikoita on kytketty toisiinsa parikaapelilla. Väylän avulla tiedonsiirto väylään kytkettyjen laitteiden välillä on mahdollista.



Kuva 8. ABB Pluto yksiköiden välinen CAN-väylä [8. s. 26]

Kenttäväylän etuihin kuuluu kaapeloinnin ja ristikytkentöjen väheneminen, kaksisuuntainen tiedonsiirto ja laitteiden keskinäinen käytettävyys.

3.3 Modbus

Modbus on Modicon vuonna 1979 kehittämä ohjelmoitavien logiikoiden sarjakommunikointi protokolla. Siitä on tullut hallitseva tiedonsiirtoprotokolla teollisuudesta. Osa syy tähän on sen helppokäyttöisyys ja se, että Modbusin käyttö ei vaadi lisenssiä ja se on yhteensopiva eri valmistajien laitteiden kanssa. [10.]

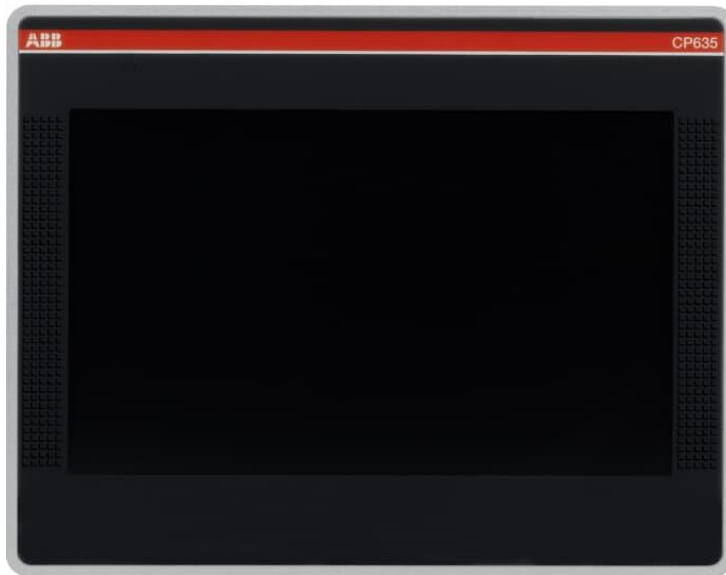
Modbus-protokolla perustuu slave/master toimintaan eli modbus järjestelmässä yksi laite määritetään masteriksi ja loput laitteet slaveiksi. Master-laite toimii ohjaavana laitteena ja se kysyy slave-laitteilta tarvitsemiaan tietoja. Tämä tarkoittaa, että slave-laite ei pysty

vapaaehtoisesti lähettämään tietoja vaan sen pitää odottaa master-laitteen kysymystä. [10.]

Modbus-protokollasta on olemassa sarjaporttiversio RTU ja ethernet versio TCP. RTU-versiossa jokaisella slave-laitteella on oma uniikki 8-bittinen osoite ja yksikön numero. RTU-versiossa master-laite lähettää kyselypaketin slave-laitteille, mikä sisältää yhden slave-laitteen osoitteen ja yksikön numeron sekä tiedon mitä master-laite haluaa tietää. Slave-laite vastaa lähettämällä master-laitteelle takaisin oman osoitteensa, yksikön numeron sekä masterin kysymät tiedot. TCP-versiossa sama RTU-version kyselypaketti liikkuu ethernet verkossa.

4 Käyttöliittymä

HMI eli Human-Machine Interface on käyttöliittymä, jonka tarkoituksena on antaa koneen tai laitteen käyttäjälle hyödyllistä tietoa koneen tai laitteen toiminnasta. HMI:llä voidaan tarkoittaa mitä tahansa näyttöä, johon tuodaan tietoa koneen toiminnasta. Yleensä sillä tarkoitetaan kosketusnäyttöllistä paneelia (kuva 9) . HMI:llä on kolme peruskäyttötarkoitusta: ohjauspaneelina toimiminen, tiedon käsittely ja valvonta. [10.]



Kuva 9. ABB CP635 HMI-paneeli.

HMI kommunikoi prosessin laitteiden ohjelmoitavien logiikoiden kanssa, mitkä välittävät sille käyttäjän määrittämää tietoa esimerkiksi vika- ja hälytystietoja. HMI:tä käyttämällä vältytään tiedon keräämiseltä laitteista yksi kerrallaan.

5 Työn toteutus

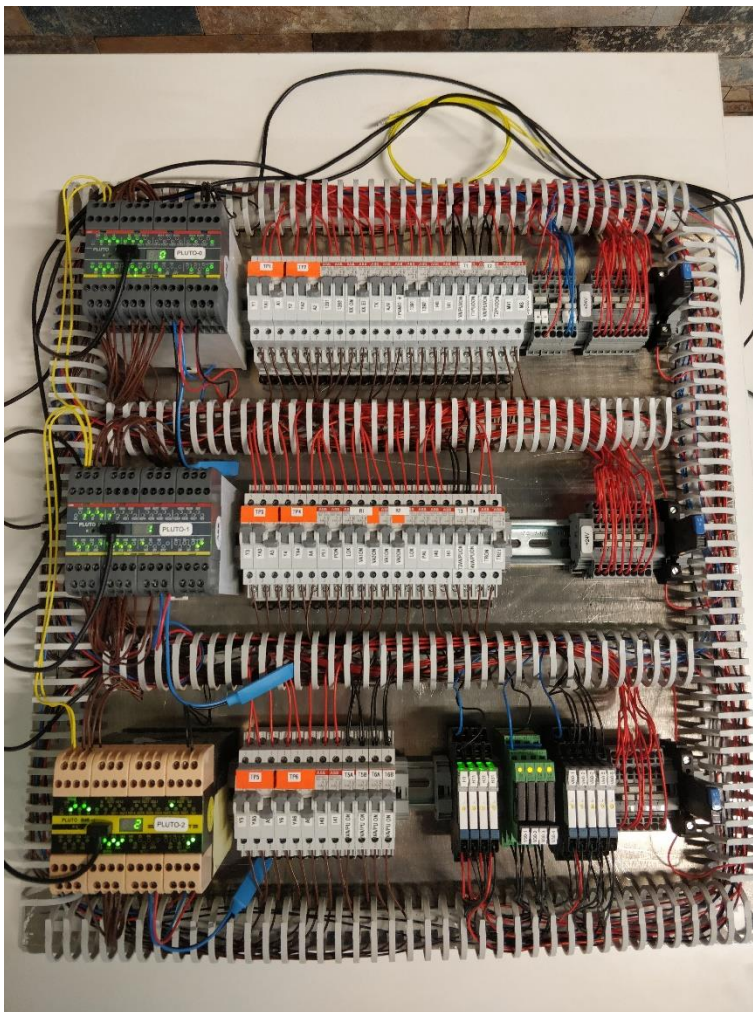
5.1 Lähtötilanne

Tämän opinnäytetyön toteutukseen lähdettiin tilanteesta, jossa jo käytössä olevaan varoituslaitokseen tarvittiin varoituslaitoksen kunnossapitäjälle keino lukea usean Pluto-turvalogiikan lähettämiä vikailmoituksia yhdestä HMI-paneelistä. Tätä ennen NRC Groupilla oli käytössä sovelluksia, joissa jokaiselle turvalogiikalle on oma HMI-paneeli. Kyseinen käytäntö on loppukäyttäjän kannalta liian hidas sovelluksissa, joissa on useampi turvalogiikka, koska varoituslaitokselle menevä kunnossapitäjä joutuu käymään kaikki paneelit yksi kerrallaan läpi etsiessään vikatietoja.

Työn toteutumisessa käytettiin NRC Group Finlandin rakentamaa varoituslaitossimulaattoria. Simulaattorilla saatiin aikaiseksi kaikki tarvittavat hälytykset ja viat, joiden pitäisi näkyä HMI-paneelissa, kun se on kytketty varoituslaitoksen.

5.2 Varoituslaitossimulaattorin testaus

Varoituslaitossimulaattori (Kuva 10) on kolme ABB Plutoa, kytkimiä ja releitä sisältävä levy, joka on kytketty niin, että se vastaa toiminnassa olevaa varoituslaitosta. Kuhunkin Plutoon on ladattu omat ohjelmansa. Simulaattorin toimintaa ohjataan kytkimillä, jotka esittävät tasoristeyksessä olevaa puomilaitosta. Jokainen Pluto ohjaa kahta puominkääntölaitetta. Puomikytkimien lisäksi simulaattorista löytyy kytkimet tarvittaville kriittisille ja ei kriittisille vioille. Simulaattori sisältää myös releet, jotka esittävät tasoristeysopastimia.



Kuva 10. Varoituslaitossimulaattori

Ensimmäinen vaihe työssäni oli varoituslaitossimulaattorin testaus. Testauksen tarkoituksena on tarkistaa, että simulaattori toimii niin kuin sen pitää. Tätä testausta varten simulaattorin Plutoihin oli ladattu valmiit jo käytössä olevat varoituslaitoksen turvalaite-ohjausohjelmat. Minun tehtäväkseni tuli simulaattorin kytkimiä käyttäen aiheuttaa vikoja, jotka on määritetty ratateknisten ohjeiden osassa kuusi (RATO 6), ja tarkastaa vikakoodilista (kuva 11), että tarvittavat kriittiset ja ei kriittiset saatiin tehtyä.

VIKAKOODIT: 0–PLUTO

Vikakoodit: Vikaluokka Kr Kriittinen / EiKr Ei–Kriittinen)

UE–01 KK–Kytkin Kr
 UE–02 Pitkähälytys Kr
 UE–05 Pal–nappivika Kr
 UE–06 APX automaattipoisto Er1391 Kr
 UE–08 TR on/ei nappivika Kr
 UE–09 MS Kr
 UE–10 AJV (A24V) EiKr
 UE–11 MV (A24V) Kr
 UE–12 Tpvar 1–6 puomien valvonta Kr
 UE–13 Poisto on/ei nappivika Kr

Kuva 11. Varoituslaitoksen Pluton vikakoodilista

Vikakoodeja testattaessa tarkistettiin myös, että jokaiseen Plutoon kytkettyyn HMI-paneeliin saatiin näkyviin vikoja vastaavat tekstit. Tämän tarkoituksena oli varmistaa, että HMI-ohjelmat toimivat oikein.

5.3 HMI-ohjelma

HMI-paneelin käyttöä varten täytyi rakentaa ohjelma käyttämällä ABB Panel Builder 600-ohjelmistoa. Tässä projektissa koko ohjelmaa ei tarvinnut rakentaa alusta alkaen vaan ohjelman pohjana voitiin käyttää valmista jo käytössä olevaa ohjelmaa. Käytössä oleva ohjelma sisältää kolme sivua. Nämä sivut ovat nimetty aloitus, häiriöt, viat ja tapahtumat sekä häiriö- vika ja tapahtumahistoria sivuiksi. Aloitussivu (Kuva 12) sisältää päivämäärän kellonajan ja valikon, josta pääsee siirtymään kahdelle muulle sivulle. Valikossa on myös painike, jota painamalla voi tallentaa historia sivulle tallentuneet tiedot USB-tikulle.



Kuva 12. HMI-ohjelman aloitussivu

Häiriöt, viat ja tapahtumat sivulla (Kuva 13) näkyvät aktiivisena olevat hälytykset. Sivulla näytetään varoituslaitoksen kriittiset ja ei kriittiset viat sekä päivämäärä ja aika, milloin vika on tapahtunut. Sivun yläkulmassa on myös painike, jota painamalla pääsee takaisin aloitussivulle. Kriittinen vika näkyy mustana tekstinä punaisella taustalla. Kriittisen vian yläpuolella lukee mikä kriittinen vika on kyseessä. Ei kriittinen vika näkyy mustana tekstinä keltaisella taustalla. Vian selitys lukee vian ala- tai yläpuolella.

Aloitussivu **Häiriöt, viat ja tapahtumat**

Nimi	Aika
Alijannite 24V akku	25.3.2020 10.41.12
H1 releen ohjaus	25.3.2020 10.41.12
Maavika 24V akkujannite	25.3.2020 10.41.12
Kriittinen vika	25.3.2020 10.41.12
Ei kriittinen vika	25.3.2020 10.41.12

Kuva 13. HMI-ohjelman Häiriöt, viat ja tapahtumat sivu.

Häiriö-, vika- ja tapahtumahistoria sivulla (Kuva 14) näkyvät olemassa olevat ja korjautuneet häiriöt, viat ja tapahtumat. Sivulla näytetään häiriöiden, vikojen ja tapahtumien nimi, päivämäärä ja aika sekä tila. Tilatiedossa näkyy joko yksi (1) tai nolla (0), 1 tarkoittaa, että häiriö, vika tai tapahtuma on aktiivinen ja 0 ilmaisee, että häiriö, vika tai tapahtuma ei ole aktiivinen. Sivulla näkyy myös päivämäärät miltä väliltä tietoja voi selata. Sivun vasemmassa yläreunassa on painike, jota painamalla pääsee takaisin aloitussivulle.

Aloitussivu Häiriö-, vika ja tapahtumahistoria

03/25/20 - 10:36:30
Loppu: 03/25/20 - 10:41:30 Kesto: 5 Min Päivitä

Nimi	Tila	Aika
TK-kytkin	1	25.3.2020 10.41.12
Alijännite 24V akku	1	25.3.2020 10.41.12
H1 releen ohjaus	1	25.3.2020 10.41.12
Maavika 24V akkujännite	1	25.3.2020 10.41.12

Taakse Eteen

Kuva 14. HMI-ohjelman Häiriö-, vika- ja tapahtumahistoria sivu

Valmis ohjelmapohja avattiin Panel Builderiin, jonka jälkeen ohjelmaan tuotiin Pluto logiikoista ladattu csv-tekstiedosto, joka sisälsi logiikoiden tagilistat. Tag-listat sisältävät ohjelmoitavien logiikoiden osoitetiedot. Panel Builderiin ladatuista tageista etsittiin ne osoitetiedot, joiden oli tarkoitus näkyä HMI-paneelissa eli tässä tapauksessa kriittiset ja ei kriittiset vikatiedot, puomien asennot, KK-kytkimen tilatiedot, tieosuus ja x-osuus. Nämä osoitetiedot siirrettiin tags-välilehdelle (Kuva 15).

Name	Group	Driver	Address	Encoding	Comment	Size
PO_AK1	ABB Modbus RTU:prot1	1 INP 101034 0 boolean			Tp1 AK kontaktori	Variables
PO_AK2	ABB Modbus RTU:prot1	1 INP 101035 0 boolean			Tp2 AK kontaktori	Variables
PO_YK1	ABB Modbus RTU:prot1	1 INP 101032 0 boolean			Tp1 YK kontaktori	Variables
PO_YK2	ABB Modbus RTU:prot1	1 INP 101033 0 boolean			Tp2 YK kontaktori	Variables
PO_Y1	ABB Modbus RTU:prot1	1 INP 100000 0 boolean				Variables
PO_YA1	ABB Modbus RTU:prot1	1 INP 100001 0 boolean				Variables
PO_A1	ABB Modbus RTU:prot1	1 INP 100002 0 boolean				Variables
PO_Y2	ABB Modbus RTU:prot1	1 INP 100003 0 boolean				Variables
PO_YA2	ABB Modbus RTU:prot1	1 INP 100004 0 boolean				Variables
PO_KK1_1	ABB Modbus RTU:prot1	1 INP 102024 0 boolean			KK kytkin "perustila "1"	Variables
PO_KK1_0	ABB Modbus RTU:prot1	1 INP 102025 0 boolean			KK kytkin "perustila "0"	Variables
PO_A2	ABB Modbus RTU:prot1	1 INP 102029 0 boolean				Variables
PO_AJV	ABB Modbus RTU:prot1	1 INP 102027 0 boolean			Aljännite 24V akku	Variables
PO_TK	ABB Modbus RTU:prot1	1 INP 102026 0 boolean			TK	Variables
PO_MV1	ABB Modbus RTU:prot1	1 INP 102038 0 boolean			Maavika A24V	Variables
PO_MK1	ABB Modbus RTU:prot1	1 INP 102044 0 boolean			Tp1 MK	Variables
PO_MK2	ABB Modbus RTU:prot1	1 INP 102045 0 boolean			Tp2 MK	Variables
PO_H1	ABB Modbus RTU:prot1	1 INP 100512 0 boolean			H1 ohjaus	Variables
PO_Kr	ABB Modbus RTU:prot1	1 INP 101024 0 boolean			Kritinen vika	Variables
PO_KB	ABB Modbus RTU:prot1	1 INP 101025 0 boolean			Ei Krittinen vika	Variables
PO_Tpvar1_2	ABB Modbus RTU:prot1	1 INP 102028 0 boolean(inv)			Puomien valvonta	Variables
PO_MS_1_2	ABB Modbus RTU:prot1	1 INP 102039 0 boolean(inv)			Muuttosuojat	Variables
PO_G_E1_600	ABB Modbus RTU:prot1	1 INP 100524 0 boolean			Pikähälytys	Variables
PO_Ypoikki	ABB Modbus RTU:prot1	1 INP 101292 0 boolean				Variables
PO_Y2poikki	ABB Modbus RTU:prot1	1 INP 101293 0 boolean				Variables
PO_A1391	ABB Modbus RTU:prot1	1 INP 101391 0 boolean				Variables

tagname	nodeid	memorytype	arrayindex.subindex	datatype	array	arraysize	comment
PO_AK1	1	INP	100000	boolean	false	0	
PO_YA1	1	INP	100001	boolean	false	0	
PO_A1	1	INP	100002	boolean	false	0	
PO_Y2	1	INP	100003	boolean	false	0	
PO_YA2	1	INP	100004	boolean	false	0	
PO_Er1391	1	INP	100005	boolean	false	0	X-osuus
PO_Er1392	1	INP	100006	boolean	false	0	Te osuus
PO_ErV001	1	INP	100007	boolean	false	0	Y-osuus Ei Käytössä
PO_KK1_1	1	INP	102024	boolean	false	0	KK kytkin "perustila "1"
PO_KK1_0	1	INP	102025	boolean	false	0	KK kytkin "perustila "0"
PO_TK	1	INP	102026	boolean	false	0	TK
PO_AJV	1	INP	102027	boolean	false	0	Aljännite 24V akku
PO_Tpvar1_6	1	INP	102028	boolean	false	0	Puomien valvonta
PO_A2	1	INP	102029	boolean	false	0	
PO_Er1391_X	1	INP	102030	boolean	false	0	Muuttorele

Kuva 15. ABB Panel Builder 600 Tags-välillehti

Seuraava vaihe oli luoda tags-välillehdelle (Kuva 15) ladatuista osoitteista hälytyslista. Hälytyslistaa varten avattiin Alarms-välillehti (Kuva 16), johon tehtiin hälytykset. Jokaiseen hälytykseen lisättiin osoite, nimi, selitys ja status. Statuksella määritettiin mille sivulle hälytyksen tiedot tulee näkyviin.

Name	Enable	Ack	Reset	Buffer	Trigger	Tag	Action	Description	Color	Ack/Blk	Severity	Events
TK-kytkin	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AlarmBuffer1	bitMaskAlarm 0	PO_TK		TK-kytkin		<input type="checkbox"/>	1low	64.64.64.64
Aljännite 24V akku	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AlarmBuffer1	bitMaskAlarm 0	PO_AJV		Aljännite 24V akku		<input type="checkbox"/>	1low	64.64.64.64
H1 releen ohjaus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AlarmBuffer1	bitMaskAlarm 0	PO_H1		H1 releen ohjaus		<input type="checkbox"/>	1low	64.64.64.64
Laatos ei käytössä	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AlarmBuffer1	bitMaskAlarm 0	PO_KK1_0		Laatos ei käytössä		<input type="checkbox"/>	1low	64.64.64.64
Laatos käytössä	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AlarmBuffer1	bitMaskAlarm 0	PO_KK1_1		Laatos käytössä		<input type="checkbox"/>	1low	64.64.64.64
Maavika 24V akkujärjestelmä	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AlarmBuffer1	bitMaskAlarm 0	PO_MV1		Maavika 24V akkujärjestelmä		<input type="checkbox"/>	1low	64.64.64.64
Kritinen vika	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AlarmBuffer1	bitMaskAlarm 0	PO_Kr		Kritinen vika		<input type="checkbox"/>	1low	64.64.64.64
Ei krittinen vika	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AlarmBuffer1	bitMaskAlarm 0	PO_KB		Ei krittinen vika		<input type="checkbox"/>	1low	64.64.64.64
Pikähälytys	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AlarmBuffer1	bitMaskAlarm 0	PO_G_E1_600		Pikähälytys		<input type="checkbox"/>	1low	64.64.64.64
Puomien varusvalvonta	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AlarmBuffer1	bitMaskAlarm 0	PO_Tpvar1_2		Puomien varusvalvonta		<input type="checkbox"/>	1low	64.64.64.64
Muuttosuojat puomi	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AlarmBuffer1	bitMaskAlarm 0	PO_MS_1_2		Muuttosuojat puomi		<input type="checkbox"/>	1low	64.64.64.64
X-osuus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AlarmBuffer1	bitMaskAlarm 0	PO_Er1391		X-osuus		<input type="checkbox"/>	1low	64.64.64.64
T-osuus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AlarmBuffer1	bitMaskAlarm 0	PO_Er1392		T-osuus		<input type="checkbox"/>	1low	64.64.64.64
Puomi 1 alaraja oikealla	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AlarmBuffer1	bitMaskAlarm 0	PO_A1oikeus		Puomi 1 alaraja oikealla		<input type="checkbox"/>	1low	64.64.64.64
Puomi 1 alaraja poikki	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AlarmBuffer1	bitMaskAlarm 0	PO_A1poikki		Puomi 1 alaraja poikki		<input type="checkbox"/>	1low	64.64.64.64
Puomi 2 alaraja oikealla	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AlarmBuffer1	bitMaskAlarm 0	PO_A2oikeus		Puomi 2 alaraja oikealla		<input type="checkbox"/>	1low	64.64.64.64
Puomi 2 alaraja poikki	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AlarmBuffer1	bitMaskAlarm 0	PO_A2poikki		Puomi 2 alaraja poikki		<input type="checkbox"/>	1low	64.64.64.64
KK-kytkin vika	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AlarmBuffer1	bitMaskAlarm 0	PO_KK1_0		KK-kytkin vika		<input type="checkbox"/>	1low	64.64.64.64
T1 vasen puo lampunpöytä	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AlarmBuffer1	bitMaskAlarm 0	PO_T1vasen_vp		T1 vasen puo lampunpöytä		<input type="checkbox"/>	1low	64.64.64.64
T1 oikea va lampunpöytä	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AlarmBuffer1	bitMaskAlarm 0	PO_T1oikea_vp		T1 oikea va lampunpöytä		<input type="checkbox"/>	1low	64.64.64.64
T1 oikea va lampunpöytä	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AlarmBuffer1	bitMaskAlarm 0	PO_T1oikea_vp		T1 oikea va lampunpöytä		<input type="checkbox"/>	1low	64.64.64.64

Kuva 16. ABB Panel Builder 600 Alarms-välillehti

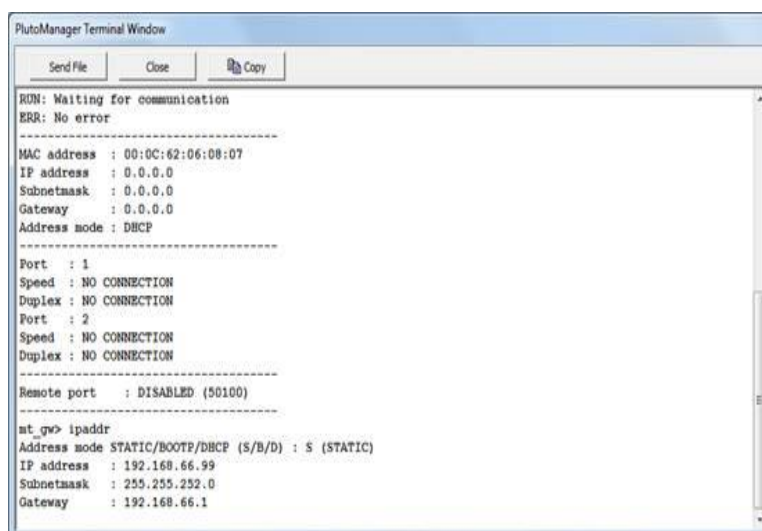
Työn seuraava vaihe oli ladata valmis ohjelma HMI-paneeliin. Tätä varten paneeli piti asettaa samaan IP-avaruuteen ohjelmoitavan koneen kanssa. Paneelin IP-osoite muutettiin paneelin asetusvalikosta. Kun osoitteenmuutos oli tehty, ohjelma voitiin ladata ohjelmointikoneelta paneeliin. Seuraavaksi tarkastin, että paneelin ohjelmaan oli ladattu oikeat tagit varoituslaitossimulaattorin avulla eli tein varoituslaitossimulaattorilla jonkin

vikatilanteen ja tarkastin, että kyseisen vian vikailmoitus tuli näkyviin HMI-paneelin näyttöön.

Koska varoituslaitossimulaattorissa on kolme Pluto-logiikkaa, tein vielä kahteen jäljellä olevaan logiikkaan HMI-ohjelman ensimmäisen pohjalta. Kun kaikki kolme ohjelmaa oli ladattu omiin HMI-paneelisiin ja todettu toimivaksi, käytiin vielä läpi kaikkien Plutojen vikakoodilistat (Kuva 11) ja tarkastin, että sain kaikki vikailmoitukset näkyviin paneelien näyttöihin.

5.4 Ohjelmien yhdistäminen

Seuraava työvaihe oli kolmen erillisen HMI-ohjelman yhdistäminen yhdeksi ohjelmaksi niin, että kolmen Pluto logiikan toimintaa voi tarkkailla yhdestä HMI-paneelistä. Tätä varten logiikat yhdistettiin väylällä toisiinsa. Väylän ja HMI:n väliin laitettiin gateway-moduuli. Gateway-moduulia tarvitaan, koska sen avulla HMI-paneeliin pystytään välittämään tietoa laajemmalta data-alueelta. Ennen gatewayn asentamista simulaattoriin, se piti konfiguroida (Kuva 17). Konfiguroinnissa määritettiin gatewayn IP-osoite, subnetmask eli aliverkko-osoite ja gatewayn osoite. Gateway asetettiin samaan IP-avaruuteen HMI-paneelin kanssa. Konfiguroitu gateway-moduuli kiinnitettiin varoituslaitossimulaattoriin ja siihen liitettiin Plutojen väyläkaapeli ja HMI-paneelin tiedonsiirto-kaapeli.



```

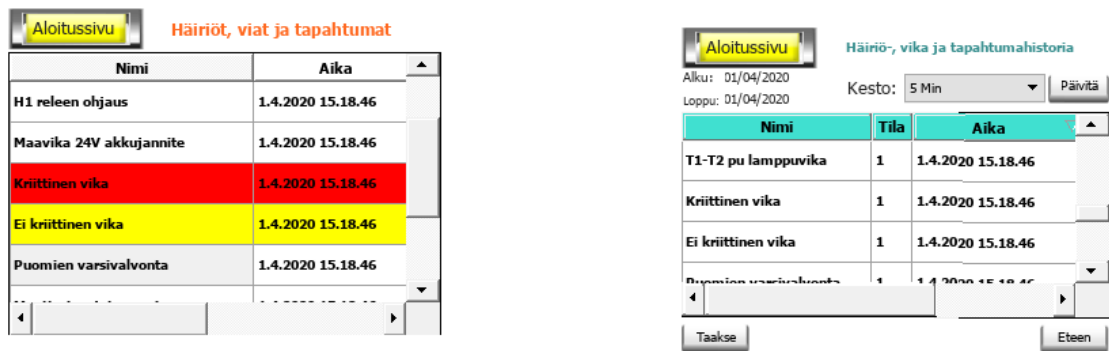
PlutoManager Terminal Window
-----
RUN: Waiting for communication
ERR: No error
-----
MAC address : 00:0C:62:06:08:07
IP address  : 0.0.0.0
Subnetmask  : 0.0.0.0
Gateway     : 0.0.0.0
Address mode: DHCP
-----
Port : 1
Speed : NO CONNECTION
Duplex : NO CONNECTION
Port : 2
Speed : NO CONNECTION
Duplex : NO CONNECTION
-----
Remote port : DISABLED (50100)
-----
nt_gw> ipaddr
Address mode STATIC/BOOTP/DHCP (S/B/D) : S (STATIC)
IP address : 192.168.66.99
Subnetmask : 255.255.252.0
Gateway    : 192.168.66.1

```

Kuva 17. Konfiguroitu gateway

Seuraavaksi oli vuorossa uuden HMI-ohjelman tekeminen. Uusi ohjelma tarvittiin, koska yksittäisten ohjelmien tageilla on samat osoitteet Plutossa eli jos yksittäiset ohjelmat olisi yhdistetty yhdeksi ohjelmaksi, HMI ei olisi osannut tulkita miltä Plutolta osoitetiedot tulevat. Uutta ohjelmaa varten käytettiin samaa ohjelmapohjaa, kuin edellisissä ohjelmissa eli näytön visuaalinen ilme ei muuttunut. Se mikä muuttui, oli ohjelmaprotokolla, joka vaihdettiin Modbus RTU-protokollasta Modbus TCP-protokollaan. Modbus TCP avulla tageille saatiin IP-osoite.

Tässä vaiheessa törmättiin ongelmaan. Plutojen sisäisen ohjelmarakenteen takia vain rajoitettu määrä tiedostoja pystyttiin lähettämään HMI-paneelille. Ongelmasta huolimatta HMI-ohjelma toimi osittain. HMI-paneeliin saatiin näkyviin samat kolme sivua, mitkä näkyvät yksittäisissä HMI-ohjelmissa, aloitus, häiriöt viat ja tapahtumat sekä häiriö-, vika- ja tapahtumahistoria. (kuva 18)



Kuva 18. Yhdistetyn käyttöjärjestelmä ohjelman sivut.

Häiriöt, viat ja tapahtumat-sivulle saatiin näkymään kriittisen ja ei kriittisen vian tekstit. Samat tekstit saatiin näkyviin myös häiriö-, vika- ja tapahtumahistoria-sivulle. Näistä onnistumisista huolimatta suurinta osaa tarpeellisista vikatiedoista ei saatu näkyviin HMI-ohjelmaan.

6 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli toteuttaa toimiva käyttöliittymäjärjestelmä, jolla voi tarkastella varoituslaitoksen ohjelmoitavan logiikan, hälytys ja vikatietoja. Työtä lähdettiin toteuttamaan jo käytössä olevaan varoituslaitokseen. Näin ollen varoituslaitoksen toiminnassa ei tullut vastaan ongelmia, jotka olisivat haitanneet työn edistymistä. Lisäksi työssä päästiin hyödyntämään NRC Groupilla rakennettua varoituslaitossimulaattoria, joka helpotti HMI-järjestelmän testausta.

Työssä ei päästy asetettuun tavoitteeseen, koska se olisi vaatinut ohjelmoitavien logiikoiden ohjelman muutosta. Sen tekemiseen minulla ei ollut mahdollisuutta. Kuitenkin työtä tehdessä huomattiin, että ohjelma, johon on yhdistetty useampi ohjelmoitava logiikka, on mahdollista toteuttaa, kunhan logiikoiden ohjelmaa muutetaan. Vaikka tavoitetta ei saavutettu oli lopputulos silti hyvä. Työssä saatiin aikaiseksi yhdistetyn HMI-ohjelman pohja, johon lopullinen ohjelma on helppo rakentaa.

Rautateiden turvajärjestelmät ovat oma maailmansa, jota ei esimerkiksi omassa sähkövoimatekniikan koulutuksessa käydä ollenkaan läpi. Sen takia tämän insinööriyön tekeminen oli itsessään sopivan haastava hyppy tuntemattomaan. Työn tekeminen antoi mahdollisuuden tutusta varoituslaitosten toimintaan, ohjelmoitaviin logiikoihin sekä HMI-järjestelmiin. Kaikista edellä mainituista aiheista minulla oli vain vähäistä tietoa.

Lähteet

- 1 NRC Group Finland Oy. Turvalaiteasentajan koulutus. Koulutusmateriaali.
- 2 Tasoristeysshaku rataosuus Toijala-Turku. Raportti vuodelta 2018. http://www.tasoristeys.fi_verkkomateriaali.
- 3 Järvinen, Viitanen, Kantamaa, Sorsimo. 2018. Rautatieturvalaitteet. Liikennevirasto.
- 4 Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 6. Turvalaitteet. Väylävirasto. Verkkomateriaali.
- 5 Varoituslaitosten tekniset toimitusehdot. Väylävirasto. Verkkomateriaali.
- 6 Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 1. Väylävirasto. Verkkomateriaali.
- 7 Varoituslaitosten tekniset toimitusehdot. Väylävirasto. Verkkomateriaali.
- 8 Pluto hardware manual (Finnish). ABB. Käyttöohje.
- 9 ABB Pluto B46 v2. Kuva verkkosivulta. <https://new.abb.com/products/fi/2TLA020070R1700/pluto-b46-v2>.
- 10 Tietoja käyttöliittymistä. Verkkomateriaali. <https://www.anaheimautomation.com/manuals/forms/hmi-guide.php#sthash.2McqS5xo.dpbs>

VIKAKOODIT: 0-PLUTO

Vikakoodit: Vikaluokka Kr Kriittinen / EiKr Ei-Kriittinen)

UE-01 KK-Kytkin Kr
UE-02 Pitkähälytys Kr
UE-05 Pal-nappivika Kr
UE-06 APX automaattipoisto Er1391 Kr
UE-08 TR on/ei nappivika Kr
UE-09 MS Kr
UE-10 AJV (A24V) EiKr
UE-11 MV (A24V) Kr
UE-12 Tpvär 1-6 puomien valvonta Kr
UE-13 Poisto on/ei nappivika Kr

Puomien Vikakoodit: Vikaluokka Kr (Kriittinen)

UE-21 Y1- poikki Kr
UE-22 YA1- poikki Kr
UE-23 A1- oikosulku Kr
UE-24 Y1- oikosulku Kr
UE-25 YA1- oikosulku Kr
UE-26 A1- poikki Kr
UE-27 Y2- poikki Kr
UE-28 YA2- poikki Kr
UE-29 A2- oikosulku Kr
UE-30 Y2- oikosulku Kr
UE-31 YA2- oikosulku Kr
UE-32 A2- poikki Kr

Opastimien vikakoodit: (Vikaluokat Rato 6 mukaisesti)

UE-41 T1 valkoinen EiKr
UE-42 T1 vasen punainen EiKr
UE-44 T1 oikea punainen EiKr
UE-45 T2 valkoinen EiKr
UE-46 T2 vasen punainen EiKr
UE-48 T2 oikea punainen EiKr

| Vasen ja oikea Kr
| Vasen ja oikea Kr

UE-69 T1-T2 valkoiset Ok EiKr

UE-70 T1-T2 punaiset Ok Kr

Huom! Vikakoodit näkyvät/ kiertävät Pluton näytössä yksi kerrallaan.

Huom! Kun yksikin vikakoodi on voimassa Pluton vieressä olevassa vikailmaisimessa palaa valo.

Huom! Er-xx vikakoodit katso Pluto liite koodin syy ja miten siitä toivutaan.

VIKAKOODIT: 1-PLUTO

Vikakoodit: Vikaluokka Kr Kriittinen / EIKr Ei-Kriittinen)

Puomien Vikakoodit: Vikaluokka Kr (Kriittinen)

UE-21 Y3- poikki Kr
UE-22 YA3- poikki Kr
UE-23 A3- oikosulku Kr
UE-24 Y3- oikosulku Kr
UE-25 YA3- oikosulku Kr
UE-26 A3- poikki Kr
UE-27 Y4- poikki Kr
UE-28 YA4- poikki Kr
UE-29 A4- oikosulku Kr
UE-30 Y4- oikosulku Kr
UE-31 YA4- oikosulku Kr
UE-32 A4- poikki Kr

Opastimien vikakoodit: (Vikalukat Rato 6 mukaisesti)

UE-49 T3 valkoinen EIKr
UE-50 T3 punainen Kr

UE-53 T4 valkoinen EIKr
UE-54 T4 punainen Kr

UE-69 T3-T4 valkoiset Ok EIKr
UE-70 T3-T4 punaiset Ok Kr
UE-71 R1 opastinvika Kr
UE-72 R2 opastinvika Kr

Huom! Vikakoodit näkyvät/ kiertävät Pluton näytössä yksi kerrallaan.

Huom! Kun yksikin vikakoodi on voimassa Pluton vieressä olevassa vikailmaisimessa palaa valo.

Huom! Er-xx vikakoodit katso Pluto liite koodin syy ja miten siitä toivutaan.

VIKAKOODIT: PLUTO-2

Vikakoodit: Vikaluokka Kr Kriittinen / EiKr Ei-Kriittinen)

Puomien Vikakoodit: Vikaluokka Kr (Kriittinen)

UE-21 Y5- poikki Kr
UE-22 YA5- poikki Kr
UE-23 A5- oikosulku Kr
UE-24 Y5- oikosulku Kr
UE-25 YA5- oikosulku Kr
UE-26 A5- poikki Kr
UE-27 Y6- poikki Kr
UE-28 YA6- poikki Kr
UE-29 A6- oikosulku Kr
UE-30 Y6- oikosulku Kr
UE-31 YA6- oikosulku Kr
UE-32 A6- poikki Kr

Opastimien vikakoodit: (Vikaluokat Rato 6 mukaisesti)

UE-57 T5a valkoinen EiKr
UE-58 T5a punainen Kr
UE-59 T5b valkoinen EiKr
UE-60 T5b punainen Kr
UE-61 T6a valkoinen EiKr
UE-62 T6a punainen Kr
UE-63 T6b valkoinen EiKr
UE-64 T6b punainen Kr
UE-69 T5-T6 valkoiset Ok EiKr
UE-70 T5-T6 punaiset Ok Kr

Huom! Vikakoodit näkyvät/ kiertävät Pluton näytössä yksi kerrallaan.

Huom! Kun yksikin vikakoodi on voimassa Pluton vieressä olevassa vikailmaisimessa palaa valo.

Huom! Er-xx vikakoodit katso Pluto liite koodin syy ja miten siitä toivutaan.