

Opinnäytetyö (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

2019

Kristiina Salo

# LOGIIKAN INTEGROINTI JÄRJESTELMIEN MALLINTAMISEEN AUTOCAD- OHJELMISTOSSA

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Energia- ja ympäristötekniikka

Joulukuu 2019 | 28 sivua, 16 liitesivua

Kristiina Salo

# LOGIIKAN INTEGROINTI JÄRJESTELMIEN MALLINTAMISEEN AUTOCAD-OHJELMISTOSSA

Työn tarkoituksena on suunnitella ja kehittää työympäristö, jossa voi piirtää luotettavuuskaavioita eri järjestelmille käyttäen loogisia operaattoreita ja riippuvuussuhteita. Tavoitteena on tehdä luotettavuustietojen saaminen mahdollisimman helpoksi. Se on tehty luomalla AutoCADiin 'Tool Palette' -työkalupaletti, jossa on ominaisuuksia ja mukautettuja blokkeja, joilla kaikki tarvittavat tiedot luotettavuutta varten saadaan syötettyä järjestelmän mallinnusvaiheessa. Näin saadaan tehostettua toimeksiantajan työprosessia yhdistämällä mallintaminen sekä luotettavuuslogiikan määrittäminen turkulaisessa laivasuunnitteluyritys Deltamarinissa. Siellä luotettavuustietoja käytetään Safe Return to Port -analyseissä. Ennen Deltamarinissa syötettiin eri työkaluihin samat tiedot manuaalisesti. Kun luotettavuustiedot voidaan tämän työn tuloksena integroida järjestelmään alkuvaiheessa, ei niitä tarvitse syöttää enää uudelleen muihin työkaluihin myöhemmissä työvaiheissa.

ASIASANAT:

Luotettavuus, logiikka, mallinnus, AutoCAD

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Energy and Environmental Engineering

December 2019 | 28 pages, 16 pages in appendices

Kristiina Salo

## LOGIC INTEGRATION INTO RELIABILITY DIAGRAMS IN AUTOCAD

The purpose of this thesis was to design and develop a work environment, where one can draw reliability diagrams for different systems using logical operators and dependencies. The purpose was to make extracting reliability data as easy as possible. This has been done by creating a 'Tool palette' in AutoCAD, which has features and custom blocks to input all necessary reliability data during system modelling. In this way it is possible to merge modelling and defining reliability logic into one working step in Turku-based vessel designing company Deltamarin. There the logic of a system is needed for Safe Return to Port assessments. All data can be integrated into the system in the beginning so it is not necessary to define the system again in the tools meant for calculating in later stages, like previously done at Deltamarin.

### KEYWORDS:

Reliability, logic, modelling, AutoCAD

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO</b>	<b>6</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 TAUSTAA</b>	<b>8</b>
2.1 Tarve luotettavuudelle	8
2.2 Luotettavuus	9
2.3 Kahdennus eli redundanttisuus	12
2.4 Sovellus: Safe Return to Port -suunnittelu	13
<b>3 LUOTETTAVUUSKAAVIO AUTOCAD-OHJELMISTOSSA</b>	<b>16</b>
3.1 Lähtökohta	16
3.2 Työympäristö: RLD-paletti	17
3.3 Luotettavuutta arvioiva logiikka RLD-paletissa	20
3.4 Jatkokehitysmahdollisuudet	22
<b>4 VOITELUÖLJYJÄRJESTELMÄ ESIMERKKINÄ KAAVION LUOMISESTA</b>	<b>23</b>
<b>5 YHTEENVETO</b>	<b>27</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>28</b>

## LIITTEET

Liite 1. Instructions for ACAD System Models palette (Deltamarin 2019).

Liite 2. Esimerkkialuksen voiteluöljyjärjestelmä.

## KUVAT

Kuva 1. Luotettavuuden suunnittelu osana kunnossapitotekniikoita (Kunnossapitoyhdistys ry. 2000, 18).	8
Kuva 2. Sama järjestelmä RBD:llä ja vaihtoehtoisella RDL:llä esitettynä (IMechE 1994, 50).	10
Kuva 3. Erään järjestelmän RDL, joka sisältää pyöreänä kuvatun tai-operaattorin. Syötteet 21.3 ja 21.2-HB4031, komponentit 27, 31, 32 ja tulo 02.53 muodostavat järjestelmän (Deltamarin 2018).	11
Kuva 4. Sarjaan kytketty kriittinen järjestelmä (Čepin 2011, 120).	11
Kuva 5. Järjestelmä, jossa komponentit on kytketty rinnan (Čepin 2011, 121).	12

Kuva 6. Samanaikainen ja standby-kahdennus (Billinton et al. 1992, 94).	13
Kuva 7. Esimerkki luotettavuuden arvioinnista, järjestelmämallin ja vaurioskenaariolistan tulkinnasta (Deltamarin 2019).	15
Kuva 8. Työympäristön pääasiallinen väline, kaksisivuinen työkalupaletti.	
Kuva 9. Perusblokit: Syöte "Input", Block-komponentti eli haavoittuva osa järjestelmää, node eli "k out of n" -operaattori sekä tulo "Output"	18
Kuva 10. Kokovaihtoehtoja Input-blokille ja ulkoasuvaihtoehto Block:ille AutoCAD-näkymässä.	18
Kuva 11. Epätavallisemmat blokit.	19
Kuva 12. Blokit ilman wipeout-ominaisuutta (vas.) ja ominaisuuden kanssa (oik.).	19
Kuva 13. Block-komponentin attribuutit AutoCAD:ssä. Keltaiset tekstit on tarkoitus piilottaa lopullista kuvaa varten.	21
Kuva 14. Noden attribuutit. Nodeen voi liittää maksimissaan kymmenen parent-komponenttia.	22
Kuva 15. Voiteluöljyjärjestelmän osajärjestelmät: Keulan ja perän konehuoneiden voiteluöljyn saatavuus SRtP-tilanteessa.	24
Kuva 16. Redundanttinen (kahdennettu) SRtP-voiteluöljyjärjestelmä.	25
Kuva 17. AutoCAD-työkalupaletilla luotu taulukko tiedoista, joita järjestelmään on määritelty liitteen 2 sivun 2 ja 3 mukaisesti.	26

## KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO

AutoCAD, ACAD	Suunnittelussa yleisesti käytetty Autodeskin kehittämä ohjelmisto.
blokki	AutoCADissa luotava viivakokonaisuus, jota voi helposti monistaa ja jolle voi määrittää blokkikohtaisia attribuutteja.
paletti, työkalupaletti	”Tool Palette” eli AutoCADissa muokattava valikko, johon voi määrittää haluamansa piirtotoiminnot tai komennot.
RLD	”Reliability Logic Diagram” eli luotettavuuskaavio. Kuvastaa järjestelmän komponentteja ja niiden riippuvaisuuksia toisistaan. (IMechE 1994, 48)
SRtP-analyysi	”Safe Return to Port” -luotettavuusanalyysi, joka perustuu kansainvälisen merenkäyntijärjestö IMO:n määrittelemiin vauriotyyppeihin, joita voi matkustajalaivassa sattua. Analyysin tavoitteena on todeta, että turvallinen paluu satamaan tai turvallinen evakuointi on mahdollinen kaikissa ennalta määritellyissä vaurioskenaarioissa.
vaurioskenaario	Ennalta määritelty tapahtumaketju, johon liittyy oletuksia vaurioista ja niiden vaikutuksista. SRtP-analyysissä vaurioskenaarioita voi olla vaikkapa satoja tai tuhansia, riippuen matkustaja-aluksesta.

# 1 JOHDANTO

Melkein minkä tahansa kokonaisuuden rakentamiseen tarvitaan suunnitelma. Kattava ja perusteellinen suunnitelma ennakoi ongelmia ja tekee muusta suunnittelusta ja rakentamisesta helpompaa.

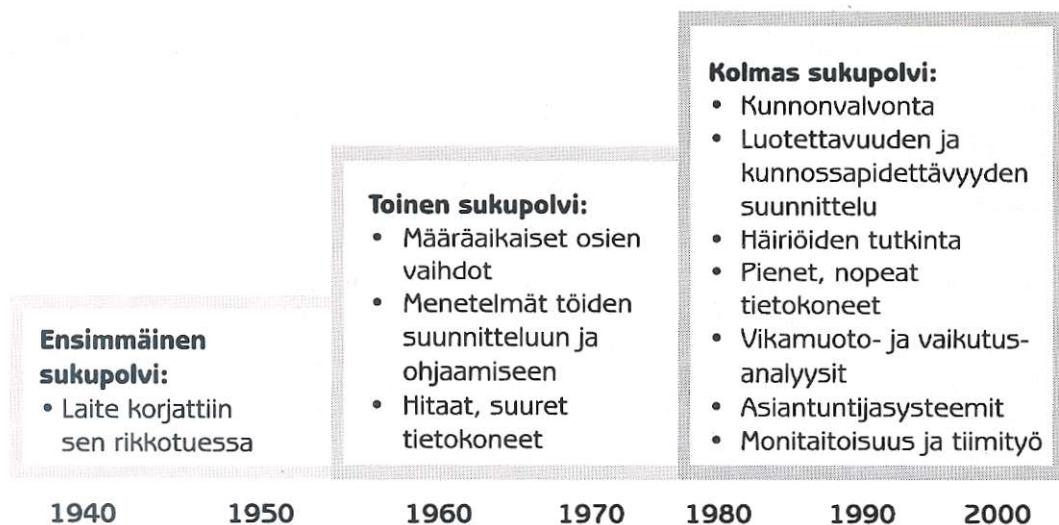
Perusteellisessa suunnittelussa hyödynnetään visuaalisia esityksiä tai yksinkertaisia simulaatioita, joilla mallinnetaan erinäisiä järjestelmiä. Tässä opinnäytetyössä käsiteltyjen mallien avulla voidaan tutkia järjestelmien toimintaa ja luotettavuutta. Tarkoitus on suunnitella keino, jolla turvallisuuteen liittyvää suunnittelua voidaan kehittää turkulaisessa laivannrakennussuunnittelutoimisto Deltamarinissa. Deltamarin antoi toimeksiannon tehostaa Safe Return to Port -järjestelmämalliprosessia integroimalla luotettavuuslogiikka suoraan piirroskuvaan. Ennen järjestelmän logiikkaa on kuvattu Excel-tiedostossa, joka on luotu manuaalisesti piirretyn AutoCAD-kuvan pohjalta. Tämän työn tuloksena suunnittelija voi vain piirtää AutoCADilla kaavion, joka mallintaa haluttua järjestelmää. Sen jälkeen AutoCAD luo järjestelmän logiikasta automaattisesti Excel-taulukon, jota suunnittelija voi käyttää. Tuloksena turhaan toistuva työ ja kirjoitusvirheiden mahdollisuus vähenee, kun tietoja ei tarvitse syöttää käsin eri alustoille, vaan käyttäjä voi jatkossa käyttää AutoCADin automaattisesti luomaa tiedostoa.

Teoreettisen taustatyön pohjana toimii kirjallisuus luotettavuudesta. Opinnäytetyön lähtökohta oli vahvasti sidoksissa nimenomaan laivojen järjestelmien suunnitteluun, mutta aihe ei itsessään rajoitu niinkään laivasuunnitteluun, vaan sitä voi soveltaa laajemminkin. Taustaa-osio rakentaa tämän työn raamit, ja laivasuunnittelun esimerkit tuovat sille kontekstia ja toisaalta sitovat sovelluksillaan opinnäytetyön opintoihini.

Osa opinnäytetyössä esitetystä tiedosta on saatu suullisesti työn ohella ammattilaisilta Deltamarinissa. Tiedoille on pyritty löytämään tukea myös laivasuunnitteluun liittyviltä yleisesti luotettavilta tahoilta tai ne on pyritty perustelemaan säädöksillä niiltä osin, kuin se on tuntunut järkevältä.

## 2 TAUSTAA

Laitteita ja laitteiden yhdistelmiä sekä järjestelmiä suunnitellessa on usein tarpeen tehdä kaavioita ja muita selvityksiä. Nämä voivat kuvata, mitä järjestelmä tarvitsee toimiakseen ja miten järjestelmän kunnossapito toimii tai miten vikoja voidaan ehkäistä. Tässä opin- näytetyössä keskeinen käsite on luotettavuus, joka on osana vikoja ehkäiseviä toimia. Kuvassa 1 on esitetty myös muita kunnossapitotoimia ja niissä tapahtunutta kehitystä.



Kuva 1. Luotettavuuden suunnittelu osana kunnossapitotekniikoita (Kunnossapitoyhdistys ry. 2000, 18).

### 2.1 Tarve luotettavuudelle

Järjestelmän valmistajalla, käyttäjällä tai omistajalla on usein kolme motiivia luotettavuuden parantamiselle. Nämä ovat taloudellisuus, turvallisuus ja projektin kannattavuus (IMechE 1994.)

Järjestelmän asentamiseen vaadittava alkupääoma ei ole ainoa kulu järjestelmän käyttämisessä. Kuluja lisää toiminnan ylläpito ja huolto. Koska ylläpito- ja huoltokustannukset määritellään usein tarpeen mukaan ja epämääräisemmin, on myyjän intressien mukaista kilpailun kannalta tehdä arvioita esimerkiksi järjestelmän tarpeesta huollolle. Arviointi on



myös tilaisuus löytää ekonomisesti järkevin yhdistelmä komponentteja. Osan järjestelmästä voi toteuttaa edullisemmalla komponentilla kohdassa, jossa luotettavuus on hyvä. Järjestelmän myyjä siis tasapainottelee edullisten osien ja laadukkaan luotettavuusarvion välillä (IMechE 1994.)

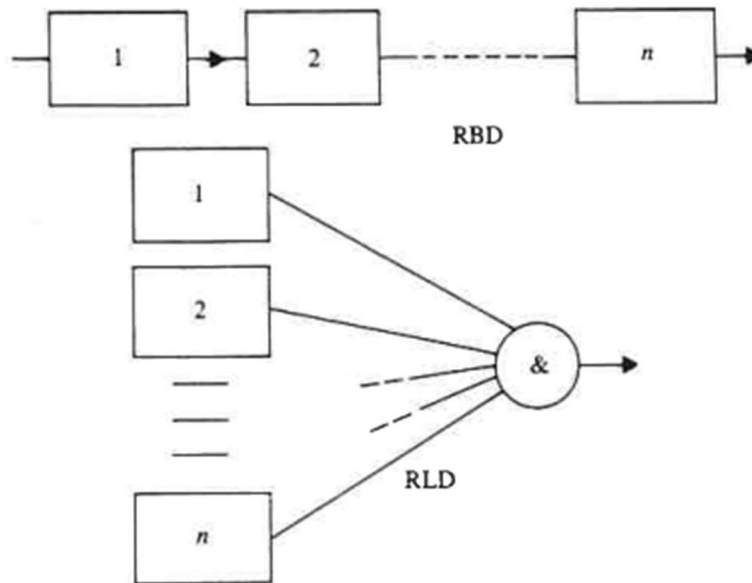
Turvallisuuden näkökulmasta järjestelmälle arvioidaan usein todennäköisyys vikaantumiselle. Todennäköisyyksien laskemista varten tulee määritellä mahdolliset tilanteet ja tilanteiden yhdistelmät, joiden seurauksena järjestelmä voi vikaantua. Nämä tilanteet tulee määritellä niin, että vika aiheuttaisi hengenvaaraa tai mittavaa vahinkoa omaisuudelle. Luotettavuusarvioissa voidaan selvittää todennäköisyyksien lisäksi, miten paljon luotettavuuden ja sen kautta turvallisuuden lisääminen maksaisi (IMechE 1994.)

Projektin kannattavuus motivaationa luotettavuuden tutkimiseen viittaa järjestelmän toimivuuden ja kannattavuuden todistamiseen. Mahdolliset sijoittajat halunnevat tehdä yleensä päätöksensä rationaalsiin arvioihin perustuen, eivätkä mutu-tuntumalla. Siksi on tarpeellista tuottaa materiaalia, jossa on arvioitu kannattavuutta (IMechE 1994.)

## 2.2 Luotettavuus

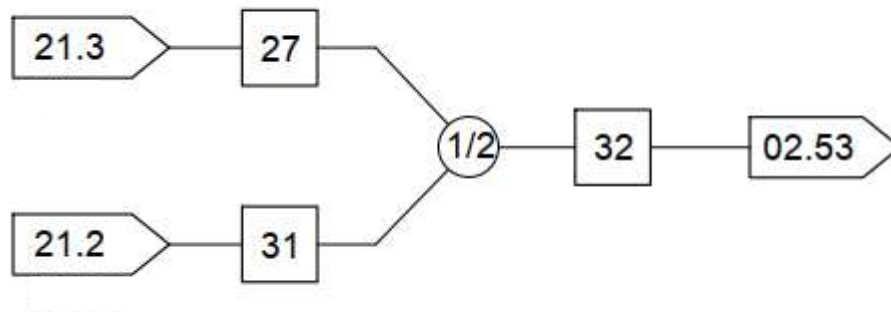
Vuonna 1957 Buehler kirjoitti ensimmäisten joukossa luotettavuuden arvioinnista matemaattisin keinoin. Hän kehitti menetelmän laskea tilastotieteellisiä luottamusväli-rajvoja, mikä johti moniin muihin aiheeseen liittyviin julkaisuihin. Järjestelmän tai yhden komponentin luotettavuutta sen elinkaaren aikana arvioidaan usein todennäköisyysjakumien avulla (Crowder et al. 1991.)

Yhtä komponenttia on helppo tutkia jakauman avulla, mutta komponenteista koostuvan järjestelmän tutkimiseen on kehitetty myös muita työkaluja. Järjestelmän luotettavuutta voidaan tutkia helpommin esimerkiksi luotettavuusverkon avulla, jota usein nimitetään luotettavuus(lohko)kaavioksi (reliability block diagram, RBD tai reliability logic diagram, RDL) (IMechE 1994, 48.) Luotettavuuskaavion avulla voidaan helposti esittää niin sanottuja koherentteja järjestelmiä.



Kuva 2. Sama järjestelmä RBD:llä ja vaihtoehoisella RDL:llä esitettynä (IMechE 1994, 50).

Koherentti järjestelmä määritellään koostuvan komponenteista, jotka on kytketty sarjaan tai rinnakkain, sekä yksinkertaisista loogisista operattoreista, jotka voidaan esittää ” $k$  out of  $n$ ”-operaattoreina. Tämä operaattori tarvitsee luvun  $k$  verran toimivia signaaleja kaikista operaattoriin liittyvien komponenttien signaaleista  $n$  toimiakseen. Yksi esimerkki operaattorista on tai-operaattori, jossa  $k=1$  ja  $n=2$ , kuten kuvassa 3. Koherentissa järjestelmässä ei ole tarpeettomia komponentteja eli koko järjestelmän status riippuu jokaisen komponentin statuksesta (Crowder et al. 1991.)

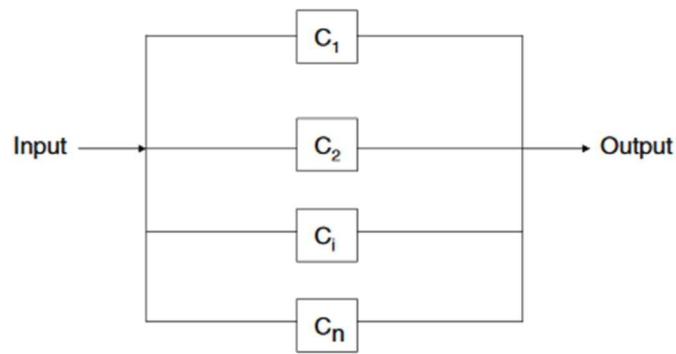


Kuva 3. Erään järjestelmän RDL, joka sisältää pyöreänä kuvatun tai-operaattorin. Syötteet 21.3 ja 21.2, komponentit 27, 31, 32 ja tulo 02.53 muodostavat järjestelmän (Delta-*marin* 2018).

Koherentille järjestelmälle on verrattain helppoa arvioida vikatilanteen todennäköisyys luotettavuuskaaviota eli RLD:tä (Reliability Logic Diagram) apuna käyttäen. Vikatilanteen todennäköisyyteen vaikuttaa kaaviossa esitetty komponenttien luku ja yksittäisten komponenttien todennäköisyys vioittua. Kriittisessä järjestelmässä (Kunnossapitoyhdistys ry. 2000) eli järjestelmässä, jossa on vain sarjaan kytkettyjä komponentteja, kuten kuvassa 4, komponenttien luvun kasvaessa järjestelmän luotettavuus pienenee eli todennäköisyys vikaan kasvaa. Tämä johtuu siitä, että jos yksikin komponentti sarjassa vioittuu, koko järjestelmä on vioittunut. Rinnakkaisessa järjestelmässä, kuten kuvassa 5, komponenttien luvun kasvaessa järjestelmän luotettavuus kasvaa ja todennäköisyys vikaan vähenee. Kun rinnakkaisesta järjestelmästä menetetään yksi komponentti, muut komponentit tai komponenttihaarat pitävät järjestelmän toiminnassa. Rinnakkaisessa eli kahdennetussa tai redundantisessa järjestelmätopologiassa on se huono puoli, että järjestelmään tarvittava alkupääoma on suurempi ja sen paino, vaatima tila sekä huoltotarve kasvavat (Billinton et al. 1992.)



Kuva 4. Sarjaan kytketty kriittinen järjestelmä (Čepin 2011, 120).



Kuva 5. Järjestelmä, jossa komponentit on kytketty rinnan (Čepin 2011, 121).

Järjestelmän topologia vaikuttaa huollon määrän tarpeen lisäksi myös huollon laatuun. Kriittinen järjestelmä tarvitsee ennaltaehkäisevää tiheän tarkastusvälin huoltoa. Kahdennetun, rinnakkain kytkettyjen vaihtoehtoisten laitteiden huolto voidaan toteuttaa eri tavalla: Pääasiassa toimiva komponentti voidaan korjata vain tarvittaessa, ja toissijainen komponentti tarvitsee säännöllisiä tarkastuksia verrattain harvoin (Kunnossapitoyhdistys ry. 2000, 182.)

Vikoja ilmenee järjestelmissä kahdenlaisista syistä: ominaisista (engl. intrinsic) ja ulkoisista (engl. extrinsic). Ominaiset syyt liittyvät komponentin suunnitteluun, materiaaleihin, prosessointiin, kokoamiseen tai myymiseen ja toimittamiseen. Komponentin toimittamisen jälkeen ilmenevät viat, jotka liittyvät väärinkäyttöön tai odottamattomiin olosuhteisiin, ovat ulkoisia (Jensen 2000.)

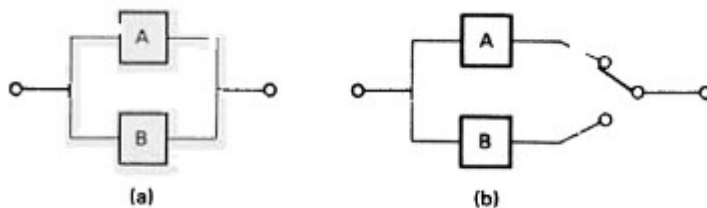
RLD ja RBD soveltuvat siis hyvin koherenttien järjestelmien tarkasteluun. Monimutkaisempia järjestelmiä varten voidaan hyödyntää esimerkiksi Markovin analyysia tai Petri-verkkoa (engl. Petri Net), jotka ottavat huomioon komponenttien toimintajärjestyksen tai riippuvaisuuden ajasta (IEC 2006, 13.)

### 2.3 Kahdennus eli redundanttisuus

Kahdennus on keino lisätä järjestelmän luotettavuutta. On olemassa kahdenlaista kahdennusta: samanaikaisesti toimivia järjestelmiä ja standby-varajärjestelmiä. Näiden välillä valinta tehdään järjestelmästä riippuen. Samanaikaista kahdennusta sovelletaan

usein tietoliikennesysteemeissä, tai kun komponentit voivat jakaa prosesseja ja varmistaa kollektiivista toimintastatusta yhtäaikaaisesti (Billinton et al. 1992.)

Samanaikaista toteutusta ei voi käyttää, jos yhden haaran ohjaus interferoisi toisen ohjauksen kanssa. Myös jos vikatilanteen todennäköisyys on suurempi komponentin ollessa toiminnassa kuin standby-tilassa, käytetään usein standby-kahdennusta. Tämä pätee usein mekaanisten laitteiden kuten moottorien ja pumppujen suhteen. Standby-kahdennetussa systeemissä on myös tarvetta kytkimelle, joka luo uuden luotettavuutta vaarantavan komponentin järjestelmään (Billinton et al. 1992.)



Kuva 6. Samanaikainen ja standby-kahdennus (Billinton et al. 1992, 94).

#### 2.4 Sovellus: Safe Return to Port -suunnittelu

Kansainvälinen merenkulkujärjestö International Maritime Organization (IMO) on määrittänyt säädöksiä matkustajalaivojen onnettomuustilanteita varten. Näihin tilanteisiin viitataan Safe Return to Port (SRtP) -yleisnimellä (turvallinen paluu satamaan), vaikka säädöksiin piiriin kuuluvat myös evakuointia vaativat tilanteet. Koko säännöskokoelma, josta löytyy muitakin merenkulun turvallisuuteen liittyviä asioita, tunnetaan nimellä SOLAS.

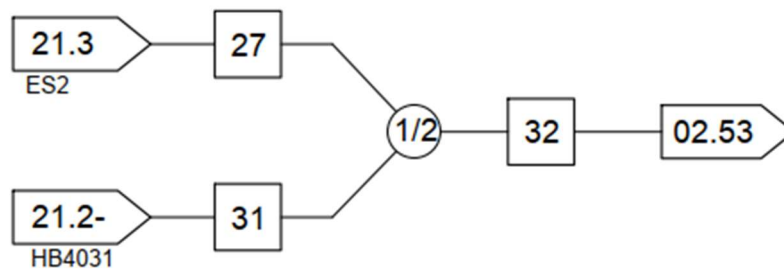
Säädösten tarkoituksena on parantaa turvallisuutta merellä. Laivasuunnitteluun tämä vaikuttaa siten, että laivassa määritetään välttämättömiä järjestelmiä ja toimintoja, joiden tulee pysyä tarpeeksi kauan toiminnassa palo- ja vuoto-onnettomuustilanteissa. Järjestelmiin kuuluvat muuan muassa aluksen ohjaus, navigointi, palonsammutus ja matkustajille varattujen turva-alueiden perustarpeiden täyttäminen (IMO 2002). Toiminnan luotettavuutta näissä tilanteissa parannetaan suunnitteluvaiheessa. Käytännössä järjestelmiä kahdennetaan ja hajautetaan tai lisätään esimerkiksi putkien palonkestävyyttä (DNV

GL 2016.) Näin yhden tilan palovaurion tai vuotovaurion aiheuttaman vaikutus minimoidaan.

Vuoto- ja palovauriot ovat yleensä ulkoisia, mutta SRtP-säädökset muokkaavat näistä ikään kuin ominaisia, sillä mahdollisuus tietynlaisiin vaurioihin on otettu suunnitteluvaiheessa huomioon ja niihin on kuulunut varautua. Usein varautuminen tarkoittaa kahta vaihtoehtoista järjestelmähaaraa, mutta SRtP-analyysien tehtävä on selvittää, onko aluksessa myös kriittisiä järjestelmiä. Jatkotarkastelussa selvitetään, ovatko mahdolliset kriittiset järjestelmät hyväksyttäviä, ja toimivatko nämä järjestelmät hyväksyttävästi ongelmatilanteissa (Bureau Veritas 2018).

Perinteinen luotettavuustekniikka perustuu tilastotieteeseen, todennäköisyyteen ja luotettavuusteoriaan. Opinnäytetyön toimeksiantajalle merkityksellisen SRtP-analyysin luotettavuus perustuu rajoitettuun määrään mahdollisia vaurioskenaarioita (IMO 2006) eikä koko järjestelmän elinkaareen. Kun välttämättömäksi määriteltujen järjestelmien SRtP-analyyseja varten tehdään RLD, yksittäisen komponentin tai järjestelmän toiminnan todennäköisyydeksi ei oteta komponentin tilastollista todennäköisyyttä. Sen sijaan vaurioskenaario määrittää todennäköisyydet tarkasteltavan tapauksen mukaan. Kunkin komponentin todennäköisyys on joko 0 tai 1 sen mukaan määrittääkö vaurioskenaario sen toimimattomaksi vai toimivaksi.

RLD-tarkastelun vaihtoehtoiset tilanteet eli vaurioskenaariotarkastelun voi esittää Booleen algebralla tai totuusarvotauluna (IEC 2006, 35), kuten kuvassa 7 on tehty. SRtP-vaurioskenaariot ovat valikoitu kokoelma mahdollisia tilanteita. Niihin eivät lukeudu kaikki mahdolliset tosi-epätosi-vaihtoehdot vaan vain SRtP-säädöksissä huomioitavaksi määritellyt vauriotilanteet.



Subsystem	Input 21.3	Input 21.2- HB4031	Block 27	Block 31	node	Block 32	Output 02.53
69	1	1	1	1	1	1	1
70	1	1	1	1	1	1	1
71	1	1	1	1	1	1	1
72	1	1	1	1	1	1	1
73	1	1	1	1	1	1	1
74	1	1	1	1	1	1	1
75	1	1	1	1	1	1	1
76	1	1	1	1	1	1	1
77	1	1	0	1	1	1	1
78	1	0	1	1	1	1	1
79	1	1	1	1	1	1	1
80	1	1	1	1	1	1	1
81	1	1	1	1	1	1	1
82	1	1	0	1	1	1	1
83	1	1	1	1	1	1	1
84	1	0	0	1	0	1	0
85	1	0	0	0	0	1	0
86	1	1	1	1	1	1	1
87	1	0	1	0	1	1	1
88	1	1	1	1	1	1	1
89	1	1	1	1	1	1	1

Kuva 7. Esimerkki luotettavuuden arvioinnista, järjestelmämallin ja vaurioskenaariolistan tulkinnasta (Deltamarin 2019).

Ensimmäisessä sarakkeessa vasemmalta on nimetty skenaariot 69-89. Ylärivissä on eritelty järjestelmään kuuluvat komponentit. Matriisissa oleva 1 tarkoittaa, että komponentti toimii ja 0 sitä, että komponentti ei toimi. Käytännössä 0 tarkoittaa, että skenaariossa tapahtuva palo- tai vuotovaurio vaikuttaa kyseiseen komponenttiin. "Output"-tulo vastaanottaa signaalia järjestelmän toiminnasta, ja muut komponentit lähettävät signaalia omasta ja oman haaransa edellisiä signaaleja. Looginen operaattori, taulukossa komponentti "node", yhdistää nämä haarat logiikan määrittämällä tavalla.

Skenaariossa 77 Block 27 eli esimerkiksi sähköjohto on jostain kohdassa vaurioitunut. Tämä ei vaikuta järjestelmän statukseen, koska vaihtoehtoinen reitti pitää järjestelmän toiminnassa. Skenaarioissa 84 ja 85 molemmat haarat ovat vaurioituneet, joten node eli tai-operaattori ei vastaanota yhtäkään toimivaa signaalia. Näin ollen järjestelmä ei pysy toiminnassa ja tulo "Output 02.53" on 0.

## 3 LUOTETTAVUUSKAAVIO AUTOCAD-OHJELMISTOSSA

### 3.1 Lähtökohta

Työympäristö, RLD-piirrosten tekoa varten kehitelty ”Tool Palette” -paletti AutoCADissa, on suunniteltu erityisesti SRtP-analyysiä tarvittavaa dokumentointia ajatellen. Siksi integroitava logiikka on toteutettu niin, että SRtP-analyysissä käytettävä työkalu ymmärtää datan helposti ja pystyy soveltamaan sitä seuraavassa vaiheessa. Toinen työympäristön tärkeä suunnittelunäkökulma on helppokäyttöisyys.

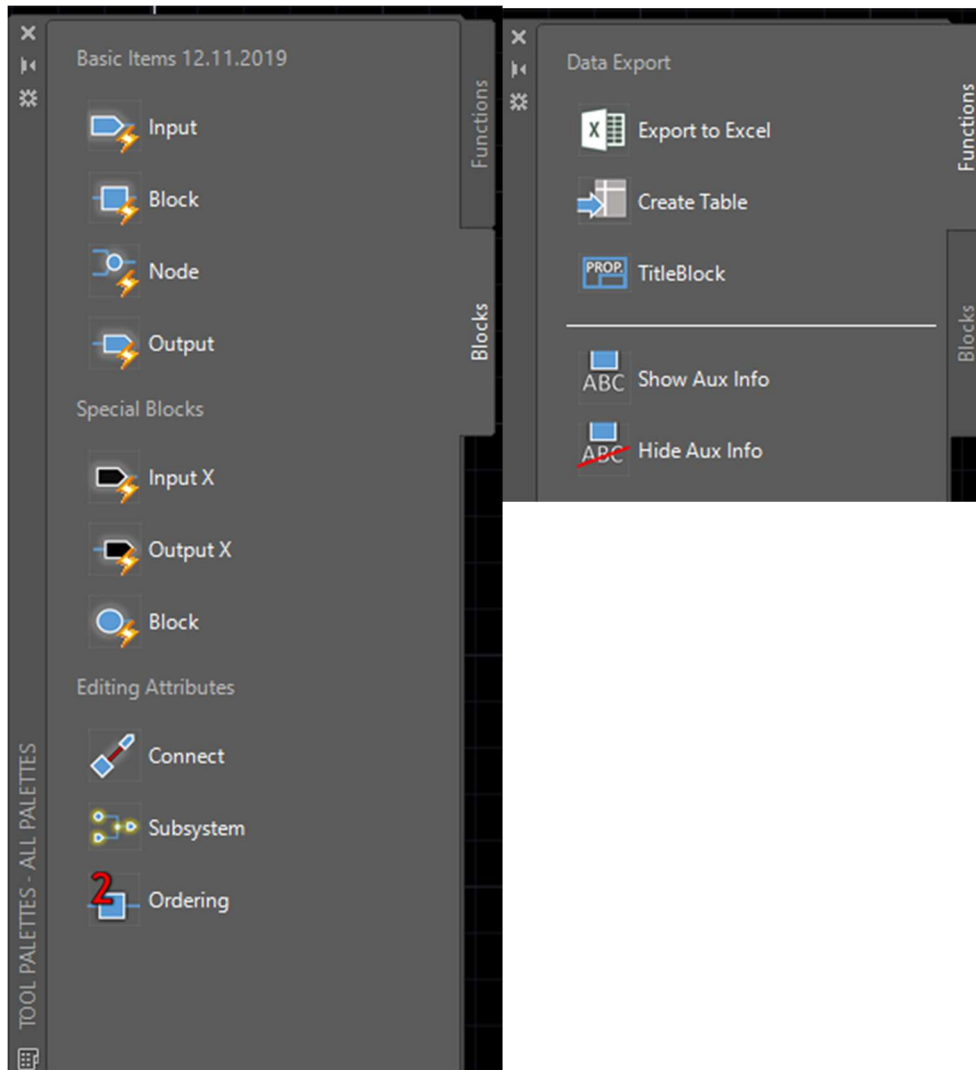
Työympäristöä kehitettiin yhteistyössä Deltamarinissa muiden työntekijöiden kanssa. Suurimman huomion yhteistyöstä ansaitsee tässä työssä esitettyjen ideoiden toiminnallisuuden toteuttaminen eli niiden ohjelmoiminen, jota en itse tehnyt. Taustalla työskenneltiin siis AutoCAD-komentojen kanssa, joista tärkein esimerkiksi loisi piirroksesta tarkoituksenmukaisen Excel-taulukon, jota voi käyttää seuraavissa työvaiheissa.

Työympäristön kehitystä ajatellen oli valmiina jo paljon perustuksia, sillä Deltamarinissa on luotu AutoCADiin muitakin paletteja, joissa on piirrosmerkkejä tai erinäisiä komentoja. Siksi tietoa käytännön toteutuksesta oli paljon ja työ eteni mukavasti. Liitteessä 1 on Deltamarinin käyttöön tarkoitettu englanninkielinen ohje, jonka pikaohje (Quick Guide) ottaa huomioon, mikä järjestelmämallien piirtämisessä muuttuu uuden AutoCAD-paletin ja toimintatavan myötä.



### 3.2 Työympäristö: RLD-paletti

Työn lopputuloksena Deltamarinissa voidaan käyttää AutoCADiin luotua RLD-palettia järjestelmädiagrammeja tehdessä. Paletilla rakennetaan järjestelmä asettamalla komponentit ja yhdistämällä ne halutun logiikan mukaan muutamalla komennolla. Kun yksi tai useampi järjestelmä on valmis, piirrostiedostosta luodaan automaattisesti Excel-tiedosto, joka sisältää tarvittavat luotettavuustiedot.



Kuva 8. Työympäristön pääasiallinen väline, kaksisivuinen työkalupaletti.

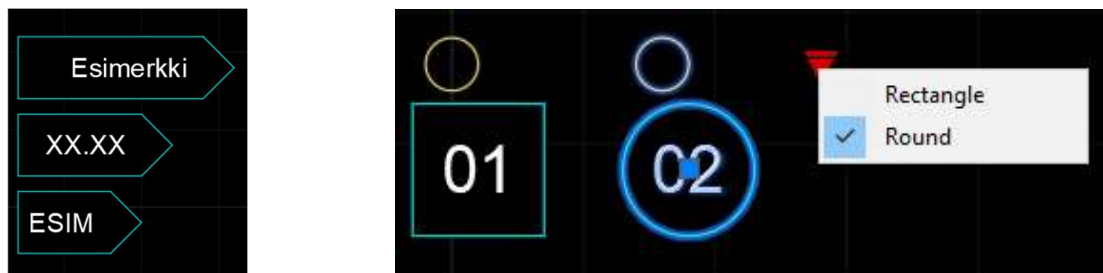
Kaikkien luotettavuusdiagrammien piirtämiseen tarvitaan yksinkertaistetusti neljää erilaista blokkia. Blokki on kuitenkin harhaanjohtava sana. Se voi tarkoittaa sekä systeemin tai kaavion tiettyä osaa, eli konetta tai muuta haavoittuvaa osaa, että AutoCADissa olevaa viivakokonaisuutta, joka on yhdistetty yhdeksi helposti liikuteltavaksi ja muokattavaksi osaksi. Tässä työssä käytetään AutoCAD-kokonaisuudesta nimitystä blokki, ja

kaavion osasta nimitystä komponentti. Lisäksi eräs ACAD-paletista löytyvä komponentti on nimeltään "Block", mikä tuskin selkeyttää asiaa.



Kuva 9. Perusblokit: Syöte "Input", Block-komponentti eli haavoittuva osa järjestelmää, node eli "k out of n" -operaattori sekä tulo "Output"

Vaikka komponentteja tarvitaan periaatteessa vain neljä, on helppouden tai lopputuloksen ulkonäön kannalta hyvä, jos näistä komponenteista saa myös erilaisia versioita. Siksi blokeista on tehty erilaisia versioita esimerkiksi isompi kuvio pidempää tekstiä varten.



Kuva 10. Kokovaihtoehtoja Input-blokille ja ulkoasuvalintoja Block:ille AutoCAD-näytössä.

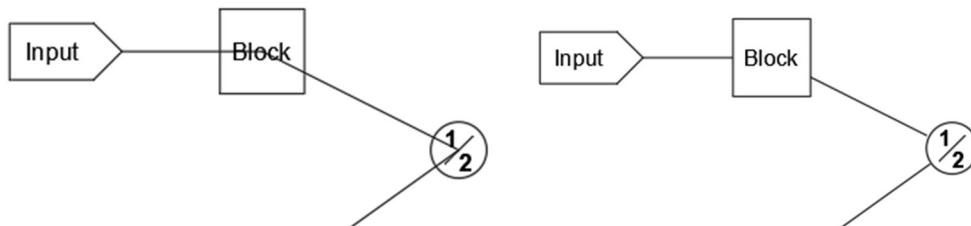
Lisäksi neljän perusblokin rinnalle on luotu kaksi epätavallisempaa blokkia, jotka helpottavat järjestelmien mallintamista. SRtP-analysissä voidaan haluta huomioida myös irrallisia putkireittejä ja kaapeleita, joilla ei ole erillistä syötettä tai tuloa. Analyysiä tehdessä laskentaohjelma kuitenkin tarvitsee syöteen ja tulon missä tahansa sisäänajettavassa

järjestelmässä. Siksi paletista saa näkymättömät blokit tätä dataa varten, jota ei ole tarkoitus tulostaa dokumentteihin.



Kuva 11. Epätavallisemmat blokit.

Järjestelmämallin piirroksen siisteyttä ajatellen blokkeihin on sisällytetty "wipeout"-kehys, joka on ominaisuus ACADissa. Se piilottaa alleen viivat blokin taustalla. Tämä käteväittää viivojen piirtämistä, sillä ne voidaan piirtää alkamaan blokin keskipisteestä ja loppumaan siihen ilman, että viivat näkyvät koko matkalta.



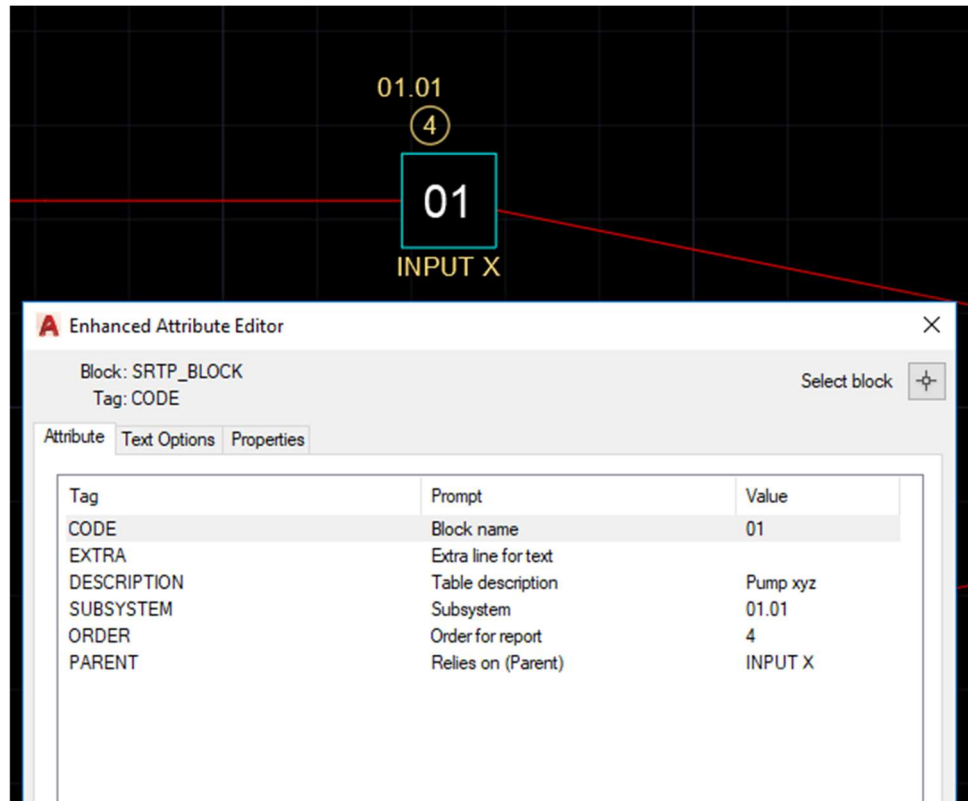
Kuva 12. Blokit ilman wipeout-ominaisuutta (vas.) ja ominaisuuden kanssa (oik.).

AutoCADissa keskeisimmät osat paletin toiminnallisuudesta hoituvat attribuuteilla. Ideana on, että paletista löytyvä komento luo tarvittavan taulukon Exceliin hakemalla tiedot RLD:stä käyttäjän määrittämien attribuuttien avulla. Käyttäjä esimerkiksi määrittää blokille nimen, jolla viitata blokkiin. Tarkoituksena on, että blokille annetaan myös kuvaus attribuuttina, jonka paletista löytyvä "Table"-komento hyödyntää luodessaan piirroksessa esitettävää taulukkoa. Monet attribuuteista on suunniteltu pidettäväksi tasolla, jota pidetään näkyvissä vain kuvaa muokatessa. Näin ollen järjestelmän logiikkaa voi seurata ja tarkistaa, mutta ne voi lopullisesta kuvasta poistaa helposti.

### 3.3 Luotettavuutta arvioiva logiikka RLD-paletissa

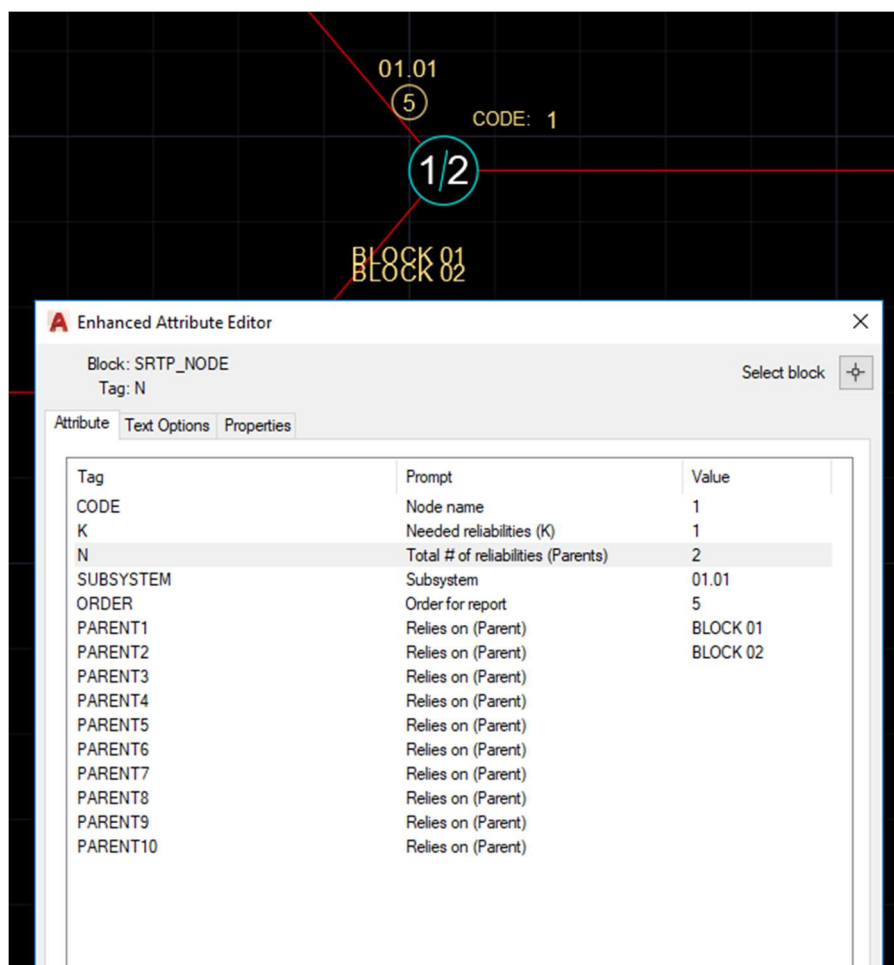
Jokainen blokki järjestelmässä vastaanottaa signaalia siitä, toimiiko edellinen blokki tai lähettää itse signaalia omasta statuksestaan. Moni komponentti tekee kumpaakin: Vain syöte ei vastaanota signaalia ja vain tulo ei edelleenlähetä signaalia. Signaalit indikoidaan ACAD-paletissa kopioimalla ensimmäisen komponentin nimi toisen komponentin "PARENT"-attribuuttiin. Ulkoinen, SRtP-analyysiä tekevä työkalu osaa lukea tästä attribuutista, että ennen tuleva blokki on jälkeen tulevan blokin "parent". Parent-child –suhde tai perintä (engl. inheritance) on olio-ohjelmoinnissa esiintyvä käsite, jossa "child" eli aliluokka perii "parentin" eli ylliluokan ominaisuudet (w3schools.com).

SRtP-analyysiä varten "child"-komponentti siis perii mahdolliset vauriot, joita edellä logiikassa on tullut. Komponentti lähettää epäonnistunutta signaalia, jos sen "parent" tai komponentti itse on vaurioitunut. Komponentin "parentin" signaali ottaa huomioon myös tiedon kaikkien sen "parentien" signaalista. Näin järjestelmässä muodostuu ketjuja, joiden merkitys lopputulon kannalta indikoidaan loogisilla operaattoreilla. Riippuvaisuuksien ketjua SRtP-analyysia varten kuvaa siis AutoCADissä PARENT-attribuutit, joiden arvon tulee olla edellisen komponentin nimi.



Kuva 13. Block-komponentin attribuutit AutoCADissa. Keltaiset tekstit on tarkoitus piilottaa lopullista kuvaa varten.

Loogisesta operaattorista " $k$  out of  $n$ " käytetään Deltamarinin analyysityökalussa nimeä node. Node, joksi sitä myös tässä sovelluksessa nimitetään, on tärkeä osa logiikkaa. Sille määritetään attribuutilla, kuinka monta toiminnassa olevaa parent-signaalia se tarvitsee lähettääkseen onnistunutta signaalia. AutoCADissa N-osa operaattorista ei sisällä varsinaisesti logiikan kannalta mitään tietoa. Nodeen liittyvien komponenttien yhteismäärä otetaan analyysin laskentaa tehdessä huomioon suoraan riippuvaisuuksien määrästä.



Kuva 14. Noden attribuutit. Nodeen voi liittää maksimissaan kymmenen parent-komponenttia.

### 3.4 Jatkokehitysmahdollisuudet

Jatkokehityksenä työympäristöön voitaisiin lisätä toiminto, jolla AutoCADiin syötettäisiin luotettavuussuhteiden lisäksi muuta SRtP-analyseissa tarvittavia tietoja, kuten blokkien tilakoodeja. Osajärjestelmien kokonaisuuksia ajatellen hyötyä olisi myös siitä, jos järjestelmät saisi linkitettyä toisiinsa niin että yhden järjestelmän tulo on toisen syöte. On kuitenkin kyseenalaista, haluttaisiinko tämä toteuttaa AutoCADissä.

Haasteita automaation kehityksessä lisäävät muutokset, joita järjestelmiin voi tulla. Koko luotettavuusanalyysiprosessia kehitettäessä tulisi pitää mielessä mahdollisuus muutoksiin. Prosessista tulisi tehdä sellainen, että sitä voi muokata tarvittaessa ilman että koko prosessi täytyy aloittaa alusta.

## 4 VOITELUÖLJYJÄRJESTELMÄ ESIMERKKINÄ KAAVION LUOMISESTA

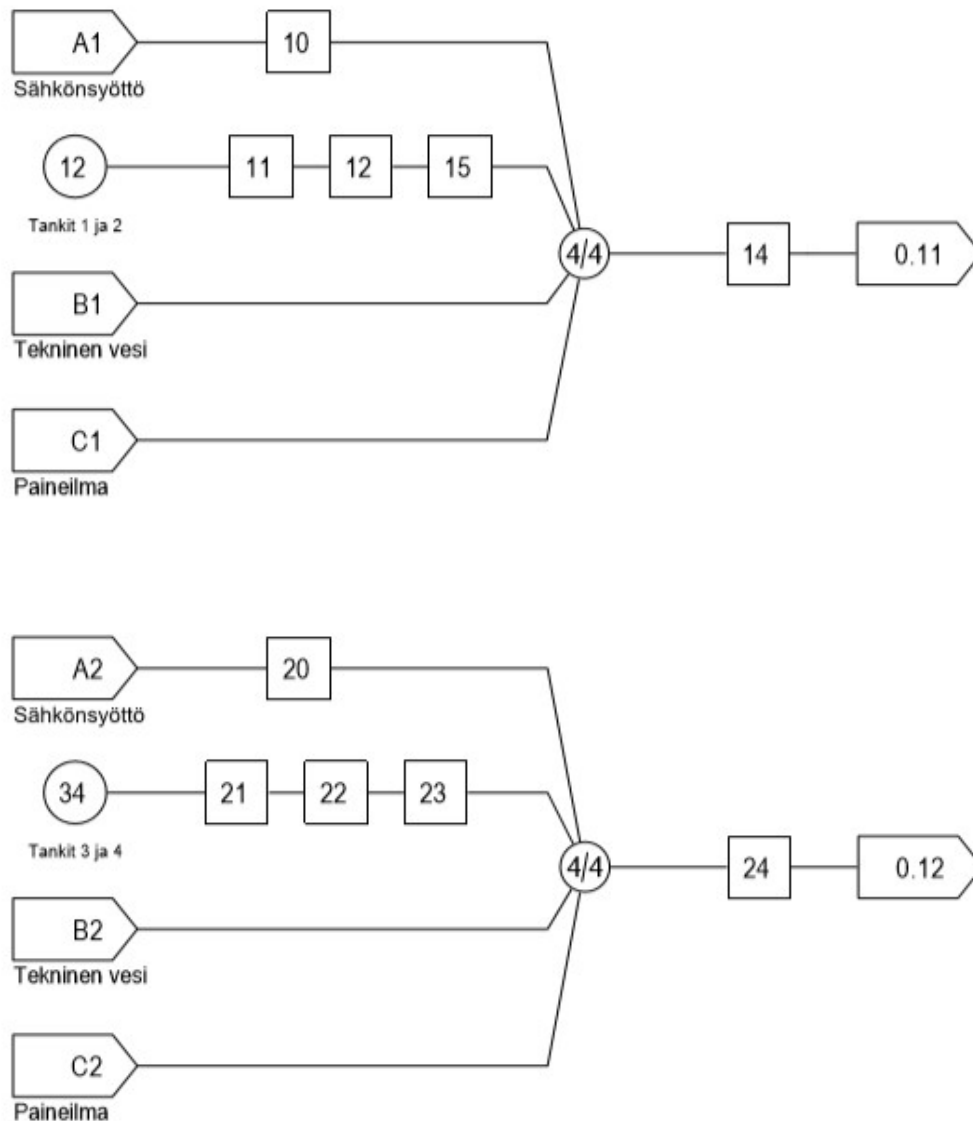
Havainnollistukseksi RLD-paletista esille nostetaan SRtP-näkökulmasta mielenkiintoinen järjestelmä: pääkoneiden voiteluöljyn käsittely eräässä aluksessa. Moderneissa matkustaja-aluksissa on yleensä vähintään kaksi pääkonehuonetta SRtP-säädösten mukaan. Molemmissa pääkonehuoneissa on kaksi pääkonetta, joista toinen on kytketty tyyrpuurin potkuriakseliin ja toinen paapuurin potkuriakseliin. Näin alus pääsee liikkumaan potkureilla, vaikka yhdessä konehuoneessa tapahtuisi jokin toimintaa haittaava onnettomuus.

Normaalitilanteessa esimerkkijärjestelmän voiteluöljy jaetaan yhdestä päävarastotankista neljän pääkoneen omiin sumpputankkeihin. Alusta voi ajaa kahdella pääkoneella tai kaikilla neljällä. Kone saa öljynsä sumpputankista, jonne ylimääräöljy myös palaa. Sumpputankeissa olevaa voiteluöljyä puhdistetaan jatkuvasti separoimalla. Sumpputankit ovat yhteydessä myös renovating-tankkiin, jossa öljy aika-ajoin lepää kerrallaan kauemmin erotellen itsestään epäpuhtaudet. Liitteessä 2 on kuva järjestelmästä normaalitilanteessa.

Järjestelmä voidaan jakaa kahdeksi, kun alus kohtaa onnettomuuden, jonka seurauksena ei kuitenkaan ryhdytä evakuointitoimiin, vaan aloitetaan paluu satamaan. Tässä tilanteessa tulee järjestelmien konehuoneiden väliset putkistot eristää venttiilit sulkeamalla. Perän konehuoneessa normaali varastotankki 01 jatkaa normaaliin tapaan sumpputankkien palvelua. Keulan konehuoneessa on varavarastotankki 06, jonka täyttöasteesta normaaliajon aikana pidetään huolta. Jos järjestelmää käytetään itsenäisenä, eikä yhteyttä päätankille ole, varatankki 06 syöttää voiteluöljyä keulan konehuoneen sumpputankeille.

Itse puhdistusjärjestelmiä on sekä normaalitilanteessa että SRtP-tilanteessa kaksi. Molemmalla järjestelmällä on esimerkiksi valmiiksi omat sähkönsyötöt eri tauluilta, joten tätä osa-aluetta ei tarvitse erikseen huomioida järjestelmien eriyttämisessä.

Kun osajärjestelmien luotettavuutta mahdollisessa SRtP-tilanteessa halutaan tutkia tarkemmin, tehdään siitä RDL AutoCAD-työkalupaletilla, kuten kuvassa 15. Voiteluöljyjärjestelmää ja öljyn separoinnin mallintamista esitellään yleisesti liitteessä 2. Liitteessä 2 on myös kuvassa 15 esitellyt diagrammit yksityiskohtaisemmin esiteltyinä.



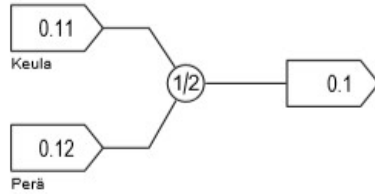
Kuva 15. Voiteluöljyjärjestelmän osajärjestelmät: Keulan ja perän konehuoneiden voiteluöljyn saatavuus SRtP-tilanteessa.

Järjestelmät on jaettu konehuoneittain keulan ja perän järjestelmiin. Siksi komponentti 14, kuten myös komponentti 24, esimerkiksi esittää kahden eri pääkoneen separaattoria, vaikka todellisuudessa separaattoreita on kaksi kummassakin järjestelmässä. Kaksi separaattoria sijaitsevat samassa tilassa ja molempia tarvitaan tilanteessa, jossa vain yksi konehuone on käytettävissä, joten ne voidaan esittää yhtenä yksikkönä tässä luotettavuustarkastelussa. Komponentit 10 ja 20 kumpikin esittävät sähkökaapeleita. Komponentit 11, 15 sekä 21 ja 23 esittävät putkireittejä separaattoripumpuista 12 ja 22.



Öljyn puhdistukseen tarvitaan myös paineilmaa, vettä ja sähköä. Nämä sidokset muihin järjestelmiin tarkoittavat, että myös niiden toiminnan luotettavuudet vaikuttavat voiteluöljyjärjestelmän luotettavuuteen.

Keulan ja perän järjestelmistä voisi muodostaa myös laajempaa skaalaa kuvaavan kaavion, aluksen voiteluöljyn puhdistus -status SRtP-tilanteessa:



BLOCK	TYPE	DESCRIPTION
0.11	INPUT	Voiteluöljyn status keulan konehuoneessa
0.12	INPUT	Voiteluöljyn status perän konehuoneessa
0.1	OUTPUT	Voiteluöljyn saatavuuden status

Kuva 16. Redundanttinen (kahdennettu) SRtP-voiteluöljyjärjestelmä.

Diagrammeista muodostetaan AutoCADissa napin painalluksella Excel-tiedosto, jossa on diagrammissa määritellyt tiedot järjestelmän logiikasta. Analyysi tehdään eri ohjelmassa tämän Excel-tiedoston avulla:

	A	B	C	D	E	F	G
1	PROJECT	SUBSYSTEM	NAME	TYPE	PARENT	ORDERING	K
2	P0000	0.1	OUTPUT 0.1	OUTPUT	NODE 1	4	0
3	P0000	0.1	NODE 1	NODE	INPUT 0.11	3	1
4	P0000	0.1	NODE 1	NODE	INPUT 0.12	3	1
5	P0000	0.1	INPUT 0.11	INPUT	x	1	0
6	P0000	0.1	INPUT 0.12	INPUT	x	2	0
7	P0000	0.12	INPUT X	INPUT	x	2	0
8	P0000	0.11	INPUT X	INPUT	x	2	0
9	P0000	0.12	OUTPUT 0.12	OUTPUT	BLOCK 24	12	0
10	P0000	0.12	BLOCK 24	BLOCK	NODE 1	11	0
11	P0000	0.12	NODE 1	NODE	INPUT B2	10	4
12	P0000	0.12	NODE 1	NODE	BLOCK 20	10	4
13	P0000	0.12	NODE 1	NODE	BLOCK 23	10	4
14	P0000	0.12	NODE 1	NODE	INPUT C2	10	4
15	P0000	0.12	BLOCK 23	BLOCK	BLOCK 22	9	0
16	P0000	0.12	BLOCK 22	BLOCK	BLOCK 21	8	0
17	P0000	0.12	BLOCK 21	BLOCK	BLOCK 34	7	0
18	P0000	0.12	BLOCK 20	BLOCK	INPUT A2	6	0
19	P0000	0.12	INPUT C2	INPUT	x	4	0
20	P0000	0.12	INPUT B2	INPUT	x	3	0
21	P0000	0.12	BLOCK 34	BLOCK	INPUT X	5	0
22	P0000	0.12	INPUT A2	INPUT	x	1	0
23	P0000	0.11	OUTPUT 0.11	OUTPUT	BLOCK 14	12	0
24	P0000	0.11	BLOCK 14	BLOCK	BLOCK 10	11	0
25	P0000	0.11	NODE 1	NODE	BLOCK 15	10	4
26	P0000	0.11	NODE 1	NODE	INPUT B	10	4
27	P0000	0.11	NODE 1	NODE	INPUT C	10	4
28	P0000	0.11	BLOCK 15	BLOCK	BLOCK 12	9	0
29	P0000	0.11	BLOCK 12	BLOCK	BLOCK 11	8	0
30	P0000	0.11	BLOCK 11	BLOCK	BLOCK 12	7	0
31	P0000	0.11	BLOCK 10	BLOCK	INPUT A	6	0
32	P0000	0.11	INPUT C1	INPUT	x	5	0
33	P0000	0.11	INPUT B1	INPUT	x	4	0
34	P0000	0.11	BLOCK 12	BLOCK	INPUT X	3	0
35	P0000	0.11	INPUT A1	INPUT	x	1	0
36							

Kuva 17. AutoCAD-työkalupaletilla luotu taulukko tiedoista, joita järjestelmään on määritetty liitteen 2 sivun 2 ja 3 mukaisesti.

Taulukkoon on koottu ne tiedot asetetuista attribuuteista, jotka vaikuttavat logiikkaan ja jäsentelyyn. Ensimmäisessä sarakkeessa on projektinumero, jonka käyttäjä määrittää piirrokseen ja jonka avulla järjestelmä tunnistetaan. Toinen tunnistamistieto, osajärjestelmätunniste, on sarakkeessa B. Kolmanteen sarakkeeseen C tulee jokaisen AutoCAD-tiedostossa olevan blokin nimi, ja seuraavaan sarakkeeseen jokaisen blokin tyyppi. Sarakkeessa E on blokille määritetty "parent" eli blokki, johon tällä blokilla on riippuvaisuussuhde. Sarakkeessa F on järjestysnumero, jonka mukaan blokit tulostetaan raportteihin myöhemmässä vaiheessa, ja sarakkeessa G on k-arvo, joka on nodeilla merkityksellinen. Kun taulukko ajetaan ulkoiseen analyysityökaluun, se antaa raportin vaurioskenaarioista, joissa järjestelmän joku osa tai jotkin osat ei ole toiminnassa. Jos keulan ja perän järjestelmät on eristetty toisistaan ja halutaan tutkia ylipäätään voiteluöljyn toimintaa, käytetään osajärjestelmistä saatavia tuloja OUTPUT 0.11 ja OUTPUT 0.12 syötteinä kokonaisuutta kuvaavassa järjestelmässä.

## 5 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tuloksena on luotu AutoCAD-työympäristö, jossa voi kerralla piirtää koherentin järjestelmän mallin luotettavuuskaaviona ja muuttaa sen sisältämän logiikan tekstin muotoon. Paletti soveltuu käytettäväksi turkulaisessa laivasuunnitteluyritys Deltamarinissa käytössä olevien ohjelmien ja käytäntöjen rinnalla.

Työn alussa asetetut tavoitteet toimivasta tuotteesta ja logiikan integroinnista täyttyivät, mutta onko tuote lopulta mahdollisimman yksinkertainen tai intuitiivinen käyttää? AutoCADin käyttö rajaa toiminnallisuutta jonkin verran. AutoCAD on kuitenkin Deltamarinissa laajasti käytetty ohjelma, joten se on helppo valinta, koska sen käyttöä ei tarvitse erikseen opetella. Työympäristössä on muutamia asioita, jotka täytyy pitää mielessä, joten käyttöä täytynee ohjeistaa alkuun. Uusi tuote AutoCADissa on kuitenkin visuaalisempi ja näin intuitiivisempi kuin Deltamarinissa aiemmin käytetty tapa.

Tuotteen rakentamiseen tarvittiin paljon työtä, joka ei liittynyt niinkään luotettavuuden arviointiin. Siksi näiden osa-alueiden käsittely on jätetty opinnäytetyöstä joiltain osin pois.

Työympäristön käyttötarkoitusta voisi laajentaa myös perinteisempiin sovelluksiin kuin tässä työssä keskityttyyn vaurioskenaariotarkasteluun. Jotta perinteisempiä luotettavuustekniikan todennäköisyyksiä voi laskea, tulisi rinnalle kehittää myös tapa laskea todennäköisyyksiä kuvatun logiikan perusteella, sillä tämän työn tulos vain kääntää AutoCADissa piirretyn logiikan tekstiksi. Tämänlaiseen sovellukseen tarvittaisiin myös toiminto määrittää yksittäiselle komponentille todennäköisyys vikaan, mutta tämä ei ole opinnäytetyön toimeksiantajalle tarpeellista.

## LÄHTEET

Billinton, R. ja A., Ronald N. 1992. Reliability Evaluation of Engineering Systems Second Edition. Springer US. Sivut 84-87 ja 94-96

Bureau Veritas 2018. Safety of Ro-Ro Passenger & Cruise Ships, NI 388 - revision 12; Appendix 1. Viitattu 13.12.2019 [https://www.bureauveritas.jp/news/pdf/388-NI\\_2018-01.pdf](https://www.bureauveritas.jp/news/pdf/388-NI_2018-01.pdf)

Crowder, M.J. Kimber, A.C. Smith, R.L. ja Sweeting, T.J. 1991. Statistical Analysis of Reliability Data. Chapman & Hall. Sivut 7, 182-185, 188 ja kappale 2

Čepin, M. 2000. Assessment of Power System Reliability. Springer-Verlag London. Sivut 120-121

DNV GL 2016. CLASS GUIDELINE Guidance for safe return to port projects. Sivu 16. Viitattu 13.12.2019 <https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/DNVGL/CG/2016-04/DNVGL-CG-0004.pdf>

IEC (International Electrotechnical Commission) 2006. International standard 61078, Analysis techniques for dependability – Reliability block diagram and boolean methods. IEC. Sivut 13 ja 35-36

IMechE (Institution of Mechanical Engineers) 1994. The reliability of mechanical systems, Mechanical Engineering Publications Ltd. Sivut 45-46 ja 48-53

IMO (International Maritime Organization) 2002. Safety of Life at Sea; Chapter II-2; Regulation 21

IMO (International Maritime Organization) 2006. GUIDELINES ON ALTERNATIVE DESIGN AND ARRANGEMENTS FOR SOLAS CHAPTERS II-1 AND III, MSC.1/Circ 1212. Kappale 06

Jensen, F. 2000. Electric component reliability. John Wiley & Sons. Sivut 11-13, 151-153 ja 171

Kunnossapitoyhdistys ry. 2000. Luotettavuuskeskeinen kunnossapito. KP-Tieto Oy. Sivut 18 ja 181-182

w3schools.com: Java Inheritance (Subclass and Superclass). Viitattu 24.11.2019 [https://www.w3schools.com/java/java\\_inheritance.asp](https://www.w3schools.com/java/java_inheritance.asp)

## Instructions for SRTP-AutoCAD Palette (for system models)

To effectively create system model drawings and Excel-tables matching that data, this palette is useful. It is designed to specifically work in accordance with the online Deltamarin SRTP Tool for a more automated SRTP assesment process.

### Contents

<b>Quick Guide</b> .....	2
1. Set up and settings for easy working .....	2
1.1. Get the Tool Palette .....	2
1.2. Use the Templates.....	3
2. Blocks .....	5
3. Applying attributes.....	6
4. Explanation of all attributes.....	7
5. Instructions.....	8
6. Exported Excel Sheet .....	10
7. Notes for Special Blocks .....	12

**HEAD OFFICE:**

Postikatu 2  
FI-20250 TURKU, FINLAND  
Tel. +358 2 4336 300

**OTHER OFFICES:**

Deltamarin Ltd, Helsinki and Rauma, Finland  
Deltamarin Sp. z o.o., Gdansk, Poland  
Deltamarin (China) Co. Ltd, Shanghai, China

[info@deltamarin.com](mailto:info@deltamarin.com)
[www.deltamarin.com](http://www.deltamarin.com)

## Quick Guide

- 1) Draw the system using blocks and functions found in the SRTP- Tool Palette in the template 'SRTP\_Template'
  - a. Name each item placed
  - b. A table of the contents of the system can be created easily with the palette if you fill in 'Description' attribute while placing blocks.
  - c. Draw lines between the blocks using the "Connect" -command. If a dependency should be deleted, this has to be done in properties of the item.
  - d. Assign an ordinal number and a subsystem to each item
  - e. Pay special attention when using an Input Block (a 'basic event'). It needs an input "X".
- 2) Keep the DM\_SRTP\_Aux\_Info-layer visible to spot any mistakes. Before exporting to Excel, make sure every block has a subsystem and an ordering number AND that the "parent" dependency is correct!
- 3) Export the data to Excel for analysis and plot the layouts for documentation

More detailed instructions under Chapter 2 and 5.

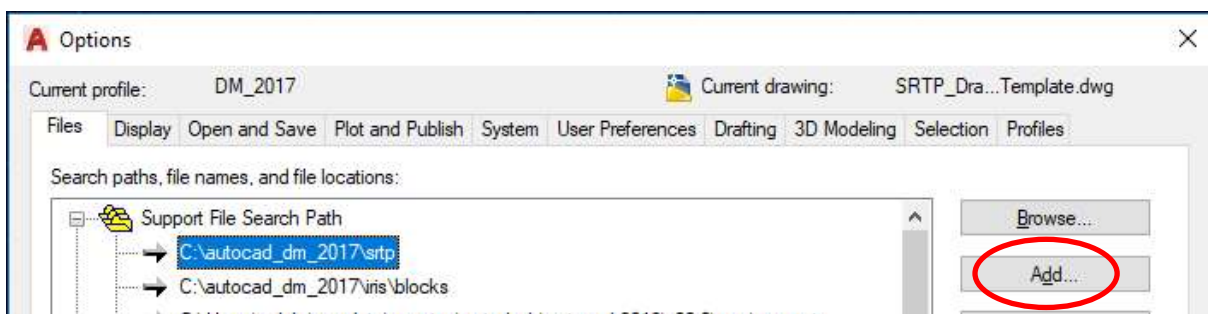
## 1. Set up and settings for easy working

### 1.1. Get the Tool Palette

- a) If you work from the computers in the **Finnish offices**, make sure you have the Deltamarin-Tab in your AutoCAD software. It can be set up using the Finnish instructions in DeltaDoris:

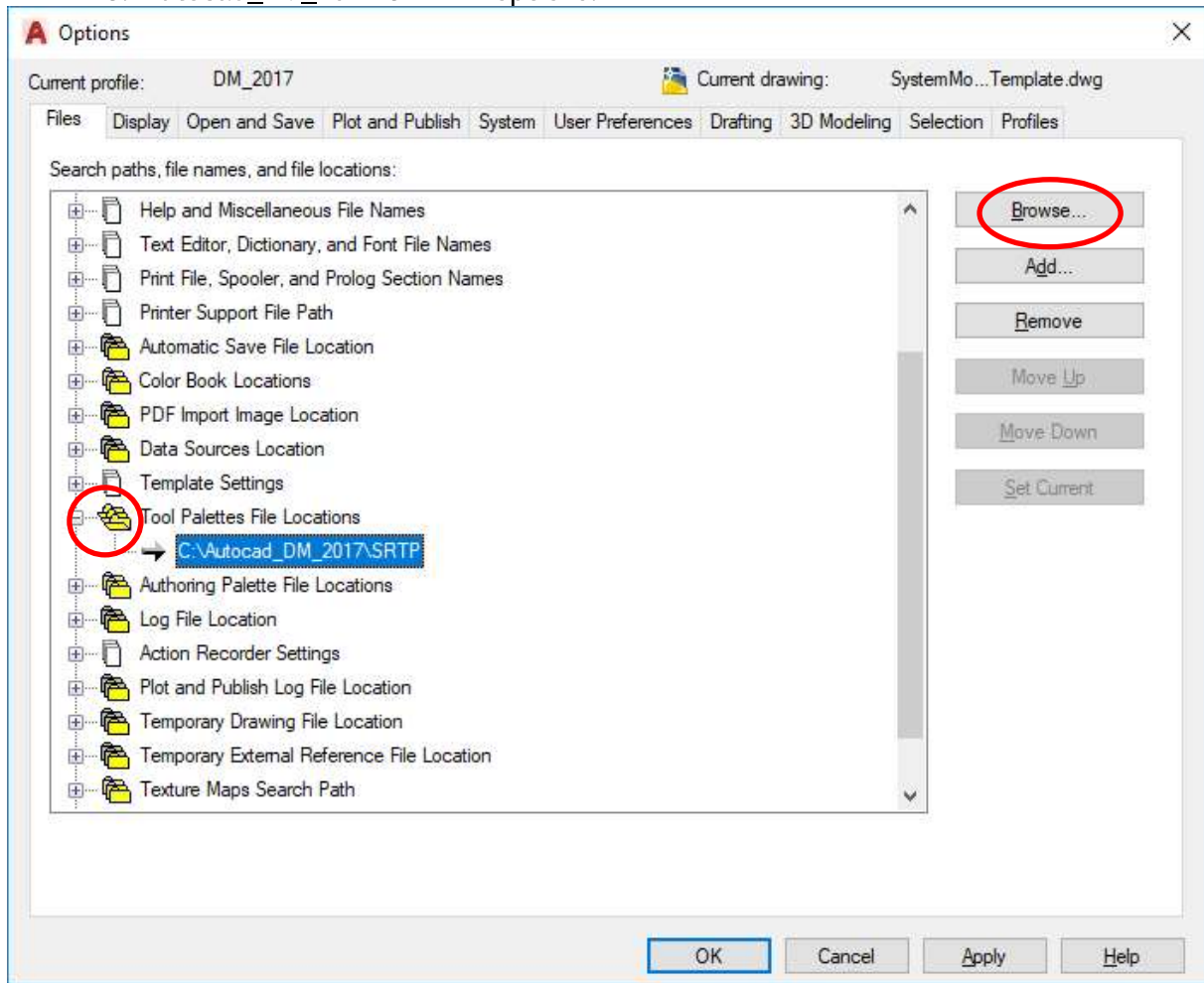
CAD-ohjeistus -> AutoCADin kustomoinnit.pdf

- b) To use the System Models-palette **outside the DM offices in Finland**, you can copy the necessary folder (SRTP) to your computer to the directory:  
C:\Autocad\_DM\_2017 . In options, set the Support File Search Path to include  
C:\AutoCAD\_DM\_2017\SRTP



Then using the templates in the folder, you can use the palette. To display/hide the palette, hit ctrl+3. If you are unable to access the SRTP-palette after using another palette, set the palette directory to

C:\Autocad\_DM\_2017\SRTP in options:



## 1.2. Use the Template

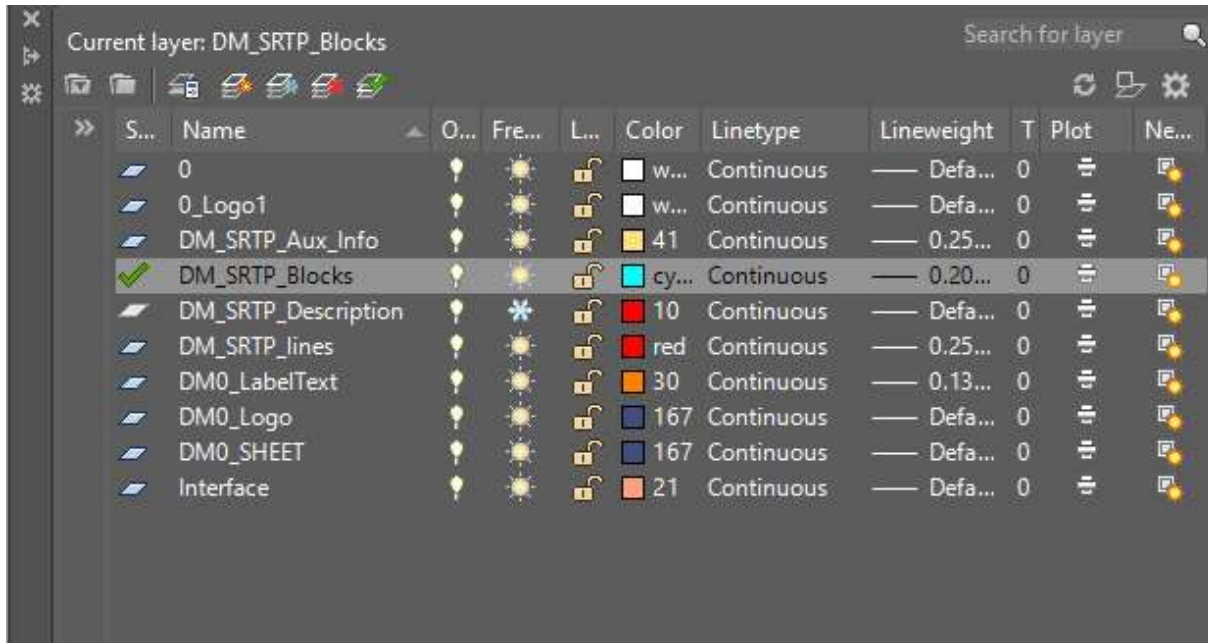
Use the template: SRTP\_Template.dwt, which has appropriate settings including a snap grid and drawing properties. This can be found in the directory with the path C:\Autocad\_DM\_2017\SRTP\. If another template is used, a snap grid of 2mm x 2mm for example would be very helpful to set up.

Snap grid is accessed from:



In the C:\ directory there is also the file 'SystemModelTemplate.dwg', where all blocks are stored. 'TITLEBLOCK.dwg' is where all project logos for different visibility states of the DM Title Block are added. New logos need to be manually copied into a new visibility state of the block: 'TitleBlock' in in Block Editor.

It would be recommended to use the DM\_SRTP\_blocks -layer for insertable items and DM\_SRTP\_lines layer for connector lines between the items in the drawing. If these are inserted using the SRTP palette, the layer will be implemented automatically.





## 2. Blocks

**INPUT:** An input to the subsystem. Usually an output from another subsystem.

**BLOCK:** A vulnerable part of the system. There is a square and a round shape of the block. When using the round shape for a basic event, an INPUT X is needed too.

**NODE:** Combines statuses of individual items connected to it, performs a “K out of N” -operation based on the given K. Give nodes a number as the CODE-attribute name

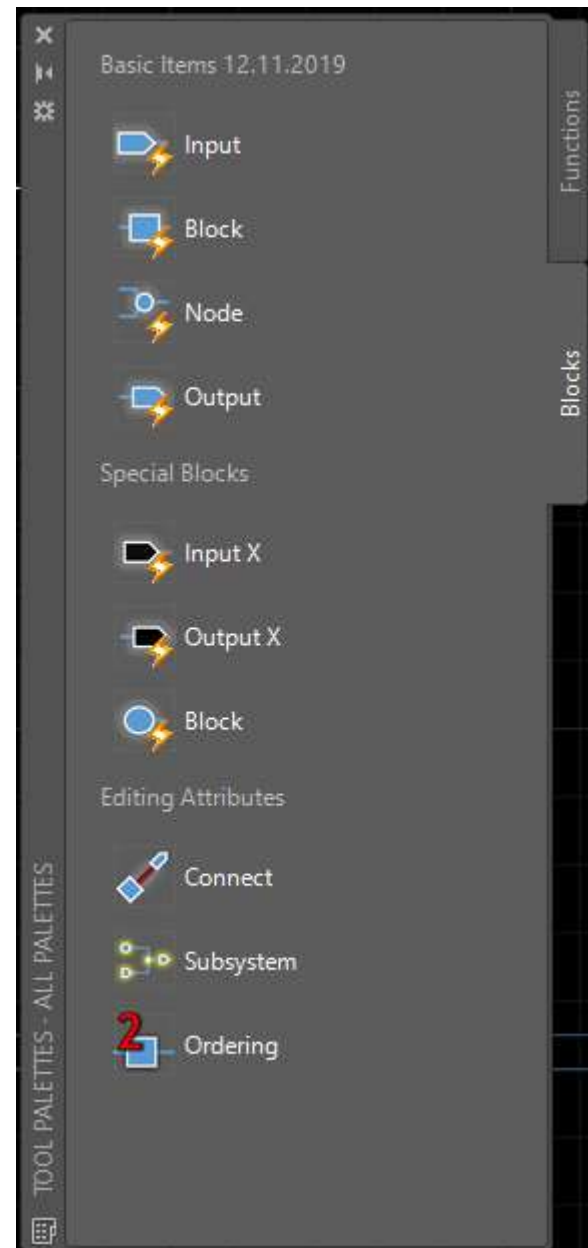
**OUTPUT:** Will deliver the final state of the subsystem. May be selected to include a small circle denoting the final output of a larger collection of subsystems.

**INPUT X:** A “dummy”-input. Must be named ‘X’ as the default suggests. Use only one Input X for one subsystem. Will be set to DM\_SRTP\_Aux\_Info-layer by default. You might need to manually hide the connector line attached to it by moving the line to another layer once it’s created.

**OUTPUT X:** A “dummy”-output. Must be named ‘X’ as the default suggests. Use only one Output X for one subsystem. Will be set to DM\_SRTP\_Aux\_Info-layer by default. You might need to manually hide the connector line attached to it by moving the line to another layer once it’s created.

To hide connector reliability lines below items, there is a wipeout-frame incorporated in the blocks. In case the frames are visible in any of the blocks, use the WIPEOUT-command in ACAD and set the value to 0.

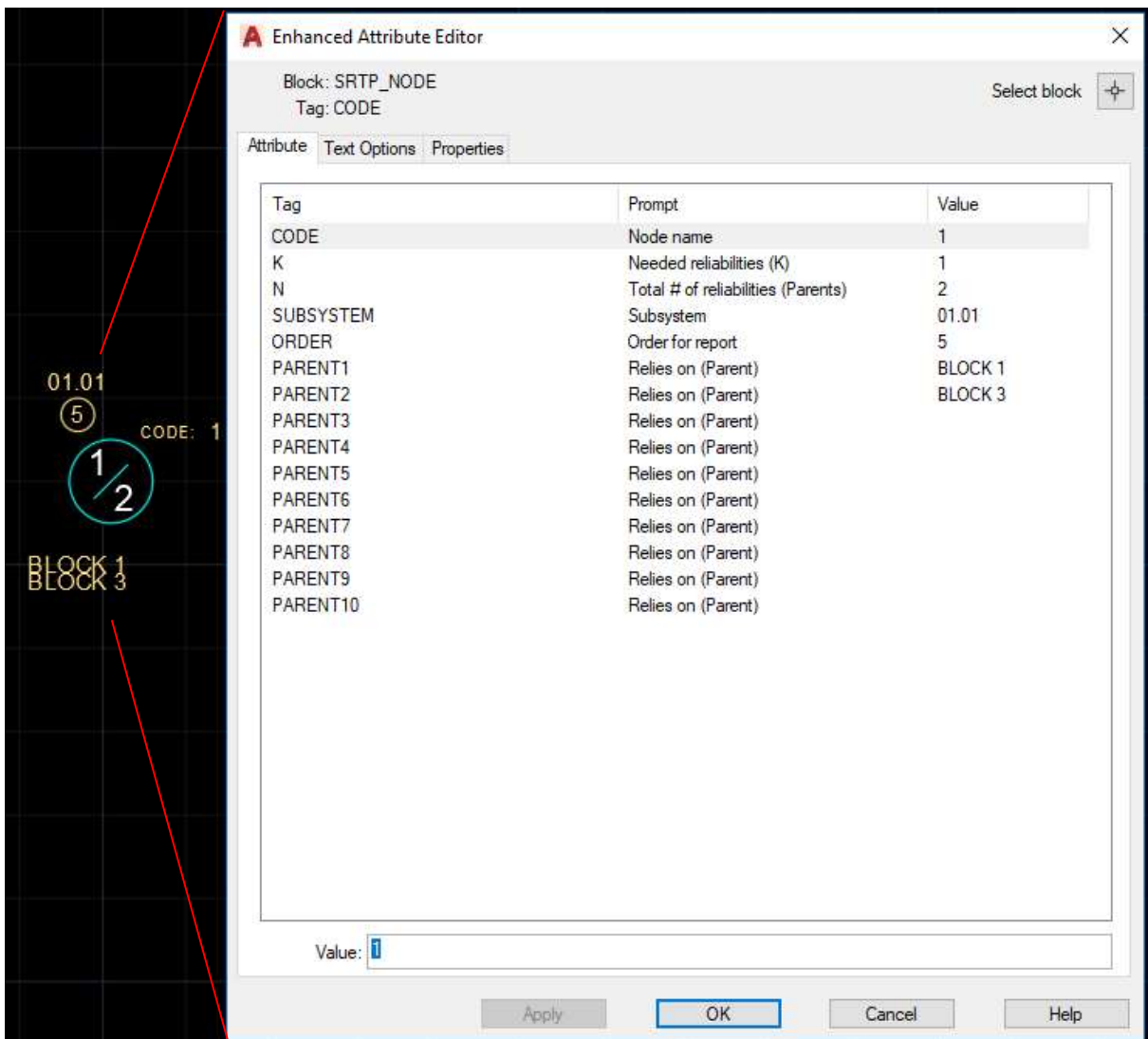
Some of the items have many visibility states they can have. This is indicated by the lightning-symbol of a dynamic block in the palette. To adjust the size of the block to have a different shape or fit different amounts of text, insert the block and click the arrow next to the block when you focus on it by clicking once:






### 3. Applying attributes

When inserting an item, there will be a prompt to define attributes for the block. The attributes are the means of indicating logic for analysis. Most of the attributes will be displayed in the drawing in the AUX\_INFO layer. All items need to be given a name, subsystem and an ordinal number. In addition many items require at least one “parent”. The attributes can be edited at any time by double clicking the block.



Enhanced Attribute Editor

Block: SRTP\_NODE  
Tag: CODE

Select block 

Attribute Text Options Properties

Tag	Prompt	Value
CODE	Node name	1
K	Needed reliabilities (K)	1
N	Total # of reliabilities (Parents)	2
SUBSYSTEM	Subsystem	01.01
ORDER	Order for report	5
PARENT1	Relies on (Parent)	BLOCK 1
PARENT2	Relies on (Parent)	BLOCK 3
PARENT3	Relies on (Parent)	
PARENT4	Relies on (Parent)	
PARENT5	Relies on (Parent)	
PARENT6	Relies on (Parent)	
PARENT7	Relies on (Parent)	
PARENT8	Relies on (Parent)	
PARENT9	Relies on (Parent)	
PARENT10	Relies on (Parent)	

Value:

Apply OK Cancel Help

#### 4. Explanation of all attributes

##### CODE; Input/Block/Node/Output Name

The name that individualizes the block and by which it is referred to in logic. The type of the item is added by default, this doesn't need to be named.

##### DESCRIPTION

Used as an explanation of what item exactly is. Can be exported into a table inside the drawing.

##### SUBSYSTEM

used for categorizing diagrams: all items of a specific subsystem will be grouped together to be calculated relying on each other

##### ORDER; Order for report

number to represent order, used for the final report in the analysis

##### PARENT; Relies on (Parent)

represents another item(s), indicates reliability on the item

##### K; Needed reliabilities

(specific for nodes)

Indicates the quality of the logical operator (K out of N) together with attribute N.

Represents the amount of working items needed for the node to work.

##### N; Total # of reliabilities (Parent)

(specific for nodes)

Indicates the quality of the logical operator (K out of N) together with attribute K.

Represents the amount of total items (or parents) attached to a node  
This is used only for the graphical presentation.

##### EXTRA; Extra line for text

(Optional: for inputs and blocks)

Used for descriptions of inputs if extra space for text is needed in the drawing.

Most of the attributes are displayed on the layer "AUX\_INFO" by default which you can hide when you want to plot the diagram. It would be advisable to keep the information visible otherwise.

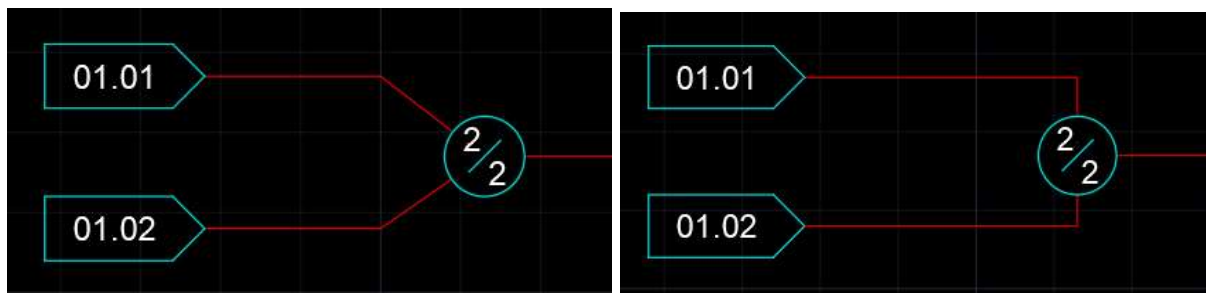
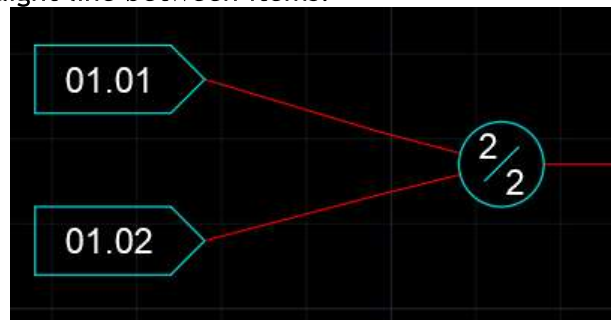
## 5. Instructions

When inserting an item, it would be necessary to define a name (attribute **CODE**) and a description for a table in the drawing (attribute **DESCRIPTION**). When inserting a node, it would be good to define the value for **K and N**, too. Other attributes can be left for later.

By drawing a line using the 'Connect' command on the palette you copy the **CODE** of the first (leftmost) item and paste it to the **PARENT** attribute of the rightmost item. This creates a dependability between the blocks. For fast and easy drawing, you can hit Enter to repeat the command after having drawn one line. Note, that if you need **to remove parents/dependencies of an item**, this needs to be done manually by double clicking the item to **edit the attribute manually**.

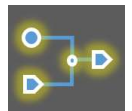


Also note that there is a joint in the created line, which allows some freedom in how the diagram will look. You could for example edit the lines to straighten near the items rather than having just a straight line between items.



Remember to set inputs to every branch of blocks! A **round Block**, 'Input Block' representing a basic event in a space, **needs an INPUT X**.

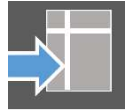
To set the subsystem conveniently for all blocks of one system, use the command 'Subsystem'. Specify a name for the subsystem and define an area, inside which all items should have a common subsystem.



To set the ordinal numbers for blocks of a subsystem, use the command 'Order'. Specify from which number you want to start (usually 1) and assign numbers in increasing order by clicking different items. End the command by pressing the ESC key. The order will affect the ordering in the assessment report on the SRTP-Tool. It would be advisable to have a logical order, for example in an order of categories of item types: Inputs, Blocks and nodes from left to right, and last, Outputs.



In order to construct a table describing the items in the drawing, use the command 'Table'. Specify an area. This command will gather the data given in the attribute DESCRIPTION and create a table. Nodes will not be displayed and will leave a gap so it would be necessary to adjust the table after.



To continue with the analysis for SRtP-assessments you need to export data with the command 'Export to Excel'. This will save your subsystems as an Excel sheet adding the postfix "SRTP" to the filename.



It is fine to have multiple subsystems in one file.

To add title block information for the PDF-print:

- 1) When using 'SRTP\_Drawing\_Template' you can add 'drawing properties' which will be copied to every title block. After entering the data in 'drawing properties' the drawing may need to be regenerated (command 'RE'). There are some fields of information that need to be individualised for each layout afterwards (drawing name and attachment number).



**A** esimerkki02.dwg Properties

General Summary Statistics Custom

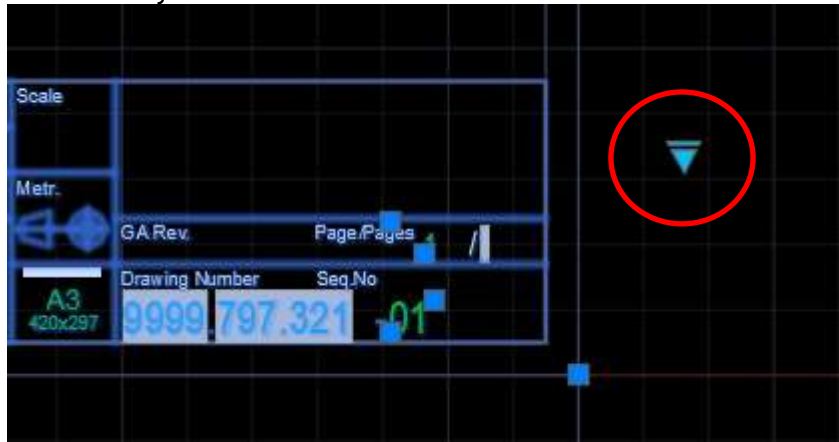
Custom properties:

Name	Value
Project	9999
Drawing Number	123.456
Drawing Name (line 1)	System Model Diagram
Drawn by	ABC / 01.01.1111
Total Pages	

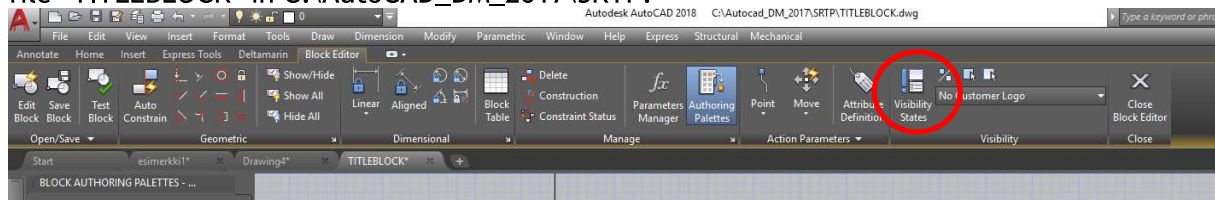
Add... Delete

OK Cancel Help

- 2) To insert a Project logo into the Title block, see if it can be found among the visibility states.



If not, add the logo by creating a new visibility state in Block Editor of the file 'TITLEBLOCK' in C:\AutoCAD\_DM\_2017\SRTP.



After a new logo has been added, the Title Block in a system model drawing can be updated with the command in the palette.



- 3) More layouts should be copied when needed. Viewports need to be adjusted. (easily done with 'zoom' command (define viewport) and 'end' command (snap to the end of lines accurately))
- 4) Hide any layers which are not needed for the print. DM\_SRTP\_Aux\_Info containing subsystem, order and parent data can be hidden with one click on the palette.
- 5) Batch plot the layouts.

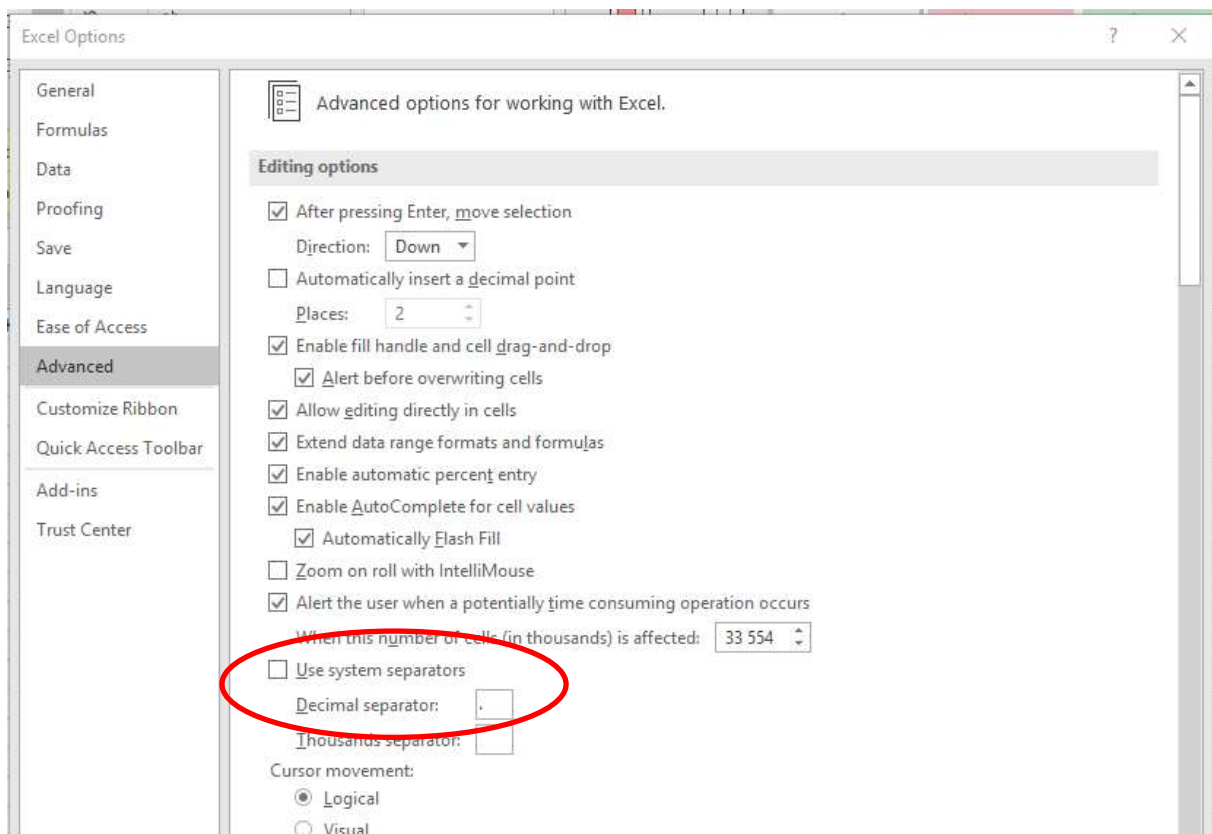


## 6. Exported Excel Sheet

This is what the Excel sheet will look like when created with the command 'Export to Excel':

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	PROJECT	SUBSYSTEM	NAME	TYPE	PARENT	ORDERINCK				
2	P4000	803.1	OUTPUT 107	OUTPUT	BLOCK S-7	23	0			
3	P4000	803.1	BLOCK S-7	BLOCK	BLOCK 016	22	0			
4	P4000	803.1	BLOCK 016	BLOCK	INPUT 790-FS37	21	0			
5	P4000	803.1	OUTPUT 106	OUTPUT	BLOCK S-6	19	0			
6	P4000	803.1	BLOCK S-6	BLOCK	BLOCK 012	18	0			
7	P4000	803.1	BLOCK 012	BLOCK	INPUT 790-FS33	17	0			
8	P4000	803.1	OUTPUT 105	OUTPUT	BLOCK S-5	16	0			
9	P4000	803.1	BLOCK S-5	BLOCK	BLOCK 010	15	0			
10	P4000	803.1	BLOCK 010	BLOCK	INPUT 790-FS33	14	0			
11	P4000	803.1	OUTPUT 104	OUTPUT	BLOCK S-4	13	0			
12	P4000	803.1	OUTPUT 103	OUTPUT	BLOCK S-3	10	0			
13	P4000	803.1	BLOCK S-4	BLOCK	BLOCK 008	12	0			
14	P4000	803.1	BLOCK S-3	BLOCK	BLOCK 006	9	0			
15	P4000	803.1	BLOCK S-2	BLOCK	BLOCK 004	6	0			
16	P4000	803.1	BLOCK S-1	BLOCK	BLOCK S-1	3	0			
17	P4000	803.1	OUTPUT 102	OUTPUT	BLOCK S-2	7	0			
18	P4000	803.1	BLOCK 008	BLOCK	INPUT 790-FS33	11	0			
19	P4000	803.1	BLOCK 006	BLOCK	INPUT 790-FS33	8	0			
20	P4000	803.1	BLOCK 004	BLOCK	INPUT 790-FS33	5	0			
21	P4000	803.1	BLOCK 002	BLOCK	INPUT 790-FS33	2	0			
22	P4000	803.1	OUTPUT 803-101	OUTPUT	BLOCK S-1	4	0			

If you have problems with Excel displaying numbers as dates, change the settings in Excel to match the picture below: Don't use system separators, rather a decimal point as the decimal separator.



## 7. Notes

### Input X and Output X:

The connector lines must be manually hidden i.e. moved to a layer that is not meant to be printed.

It is recommended to use only one Input/Output X for a subsystem and use it as a parent for all items that need an Input/Output X. It is possible to also use multiple items and name them differently, for example 'X1', 'X2' and 'X3'.

### Removing parents:

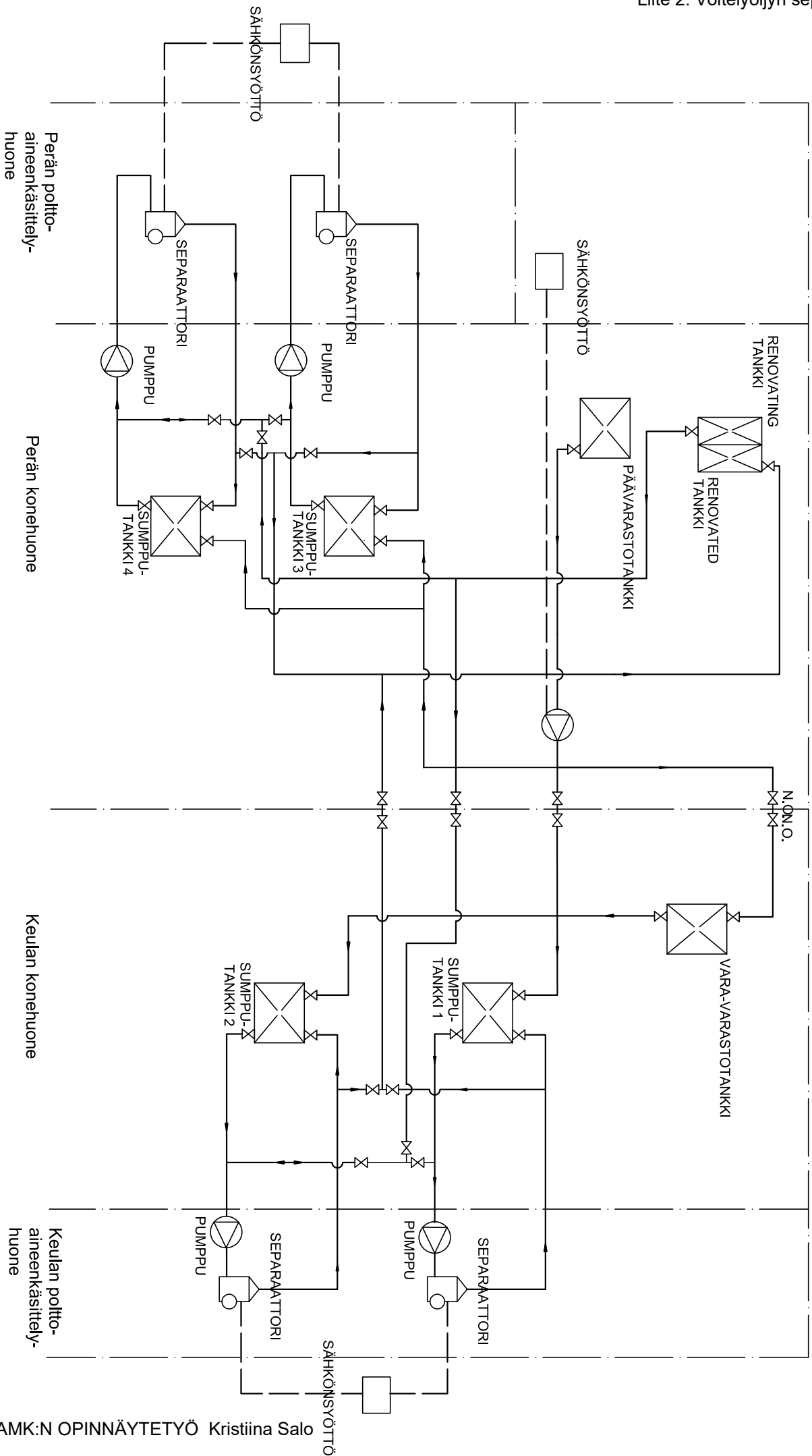
For most blocks "parents" or reliabilities to other blocks get removed when you assign a new parent for it. For nodes it is necessary to remove the parents manually, since a node can have 10 parents in total. You can remove parents by editing the attributes in properties of the block.



— Sähköreitti  
 — Putkireitti  
 — Huoneraja

# VOITTELUÖLJYN SEPAROINTI ESIMERKKIALUKSESSA: NORMAALITILANNE

muokattu Deltamarin Oy:n materiaaleista

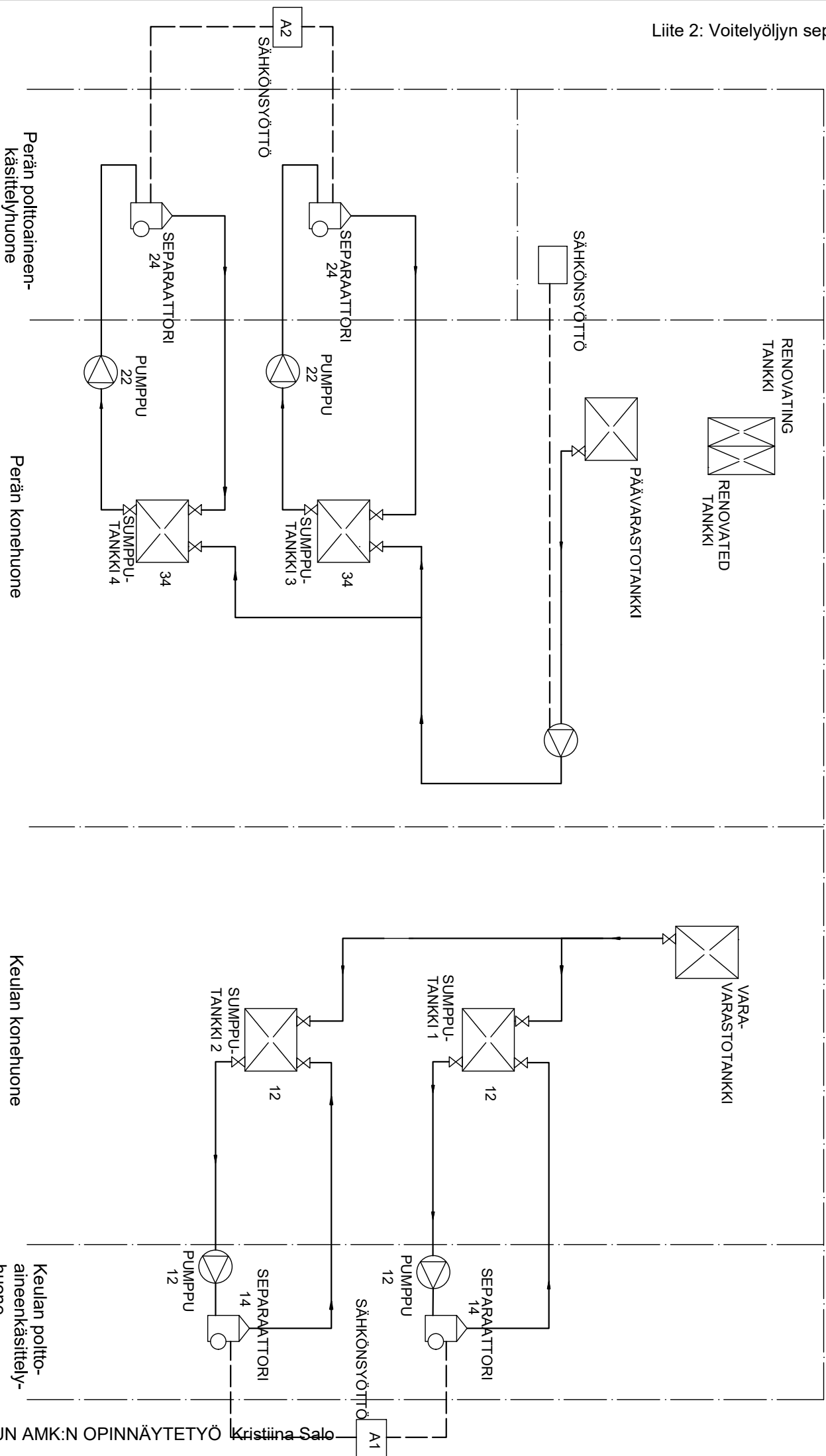


# VOITELUÖLJYN SEPAROINTI ESIMERKKIALUKSESSA: SRTP-TILANNE

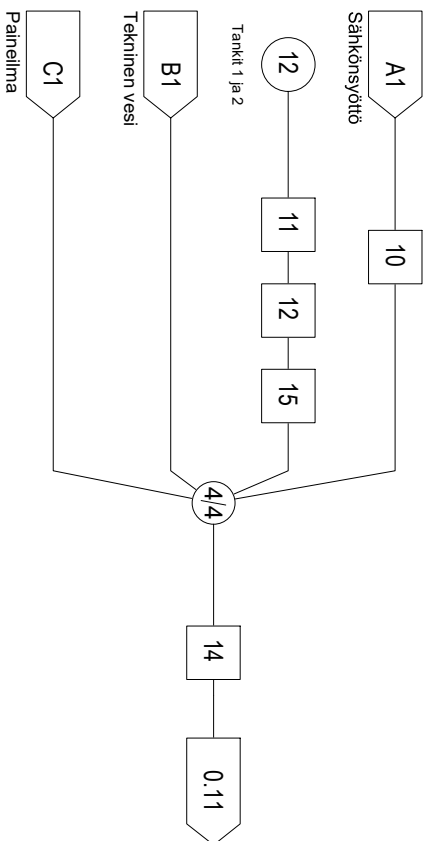
muokattu Deltamarin Oy:n materiaaleista

--- Sähköreitit  
 --- Putkireitit  
 - - - Huoneraja

Liite 2: Voiteluöljyn separointi



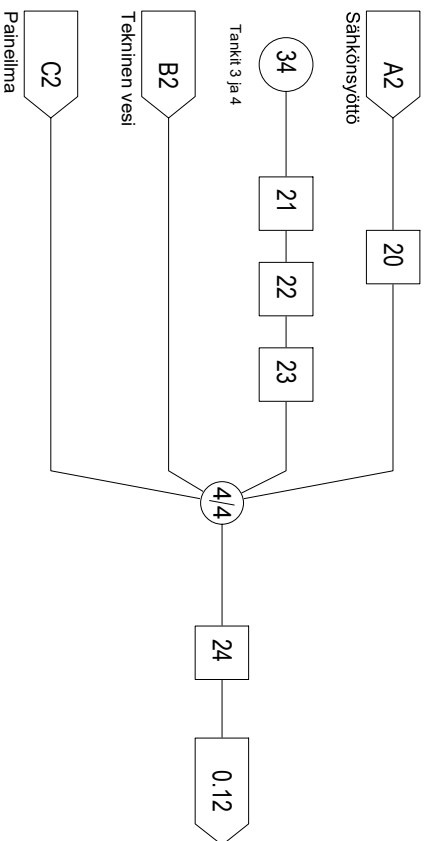
## Keulan konehuoneen voiteluöljyn separointi



BLOCK	TYPE	DESCRIPTION
A1	INPUT	Sähkönsyöttö keskuksella A1
12	BLOCK	Pääkoneiden sumpptankki 1 ja 2
B1	INPUT	Teknisen veden syöttö
C1	INPUT	Paineliman syöttö
10	BLOCK	Kaapelireitti sähkökeskuksen ja separaattorin välillä
11	BLOCK	Putkireitti sumpptankkien ja separaattoripumppujen välillä
12	BLOCK	Separattoripumput 1 ja 2
15	BLOCK	Putkireitti separaattoripumppujen ja separaattorin välillä
14	BLOCK	Separattorit 10 ja 20
0.11	OUTPUT	Voiteluöljyn status keulan konehuoneessa

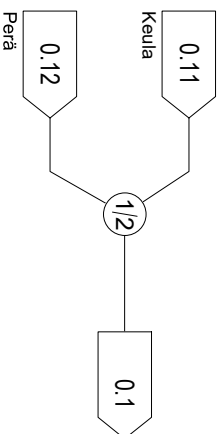
## Liite 2: Voiteluöljyn separointi: järjestelmämalli

### Perän konehuoneen voiteluöljyn separointi



BLOCK	TYPE	DESCRIPTION
A2	INPUT	Sähkönsyöttö keskuksella A2
B2	INPUT	Teknisen veden syöttö
C2	INPUT	Paineliman syöttö
34	BLOCK	Konehuoneen sumpptankki 3 ja 4
20	BLOCK	Kaapelireitti sähkökeskuksen A2 ja separaattorin välillä
21	BLOCK	Putkireitti sumpptankkien ja separaattoripumppujen välillä
22	BLOCK	Separattoripumput 3 ja 4
23	BLOCK	Putkireitti separaattoripumppujen ja separaattorin välillä
24	BLOCK	Separattorit 30 ja 40
0.12	OUTPUT	Voiteluöljyn status perän konehuoneessa

### Aluksen voiteluöljyn separointi



BLOCK	TYPE	DESCRIPTION
0.11	INPUT	Voiteluöljyn status keulan konehuoneessa
0.12	INPUT	Voiteluöljyn status perän konehuoneessa
0.1	OUTPUT	Voiteluöljyn saatavuuden status



DEL T A M A R I N

Drawn: KrSa/21.11.2019

Scale

Checked

Approved

Metr.

GA Rev.

Page/Pages

Drawing Name

Järjestelmämallidiagrammi  
Voiteluöljyjärjestelmä

Original Paper Size

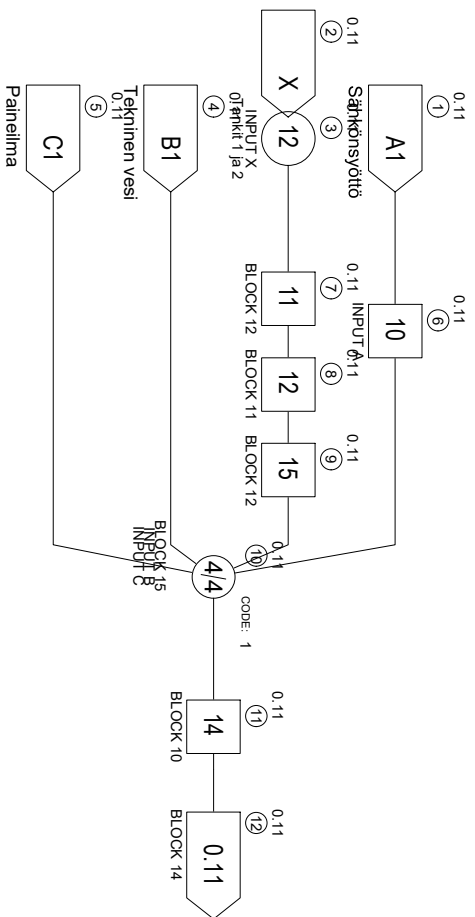
A3  
420x297

Drawing Number

0000.000.000 -01

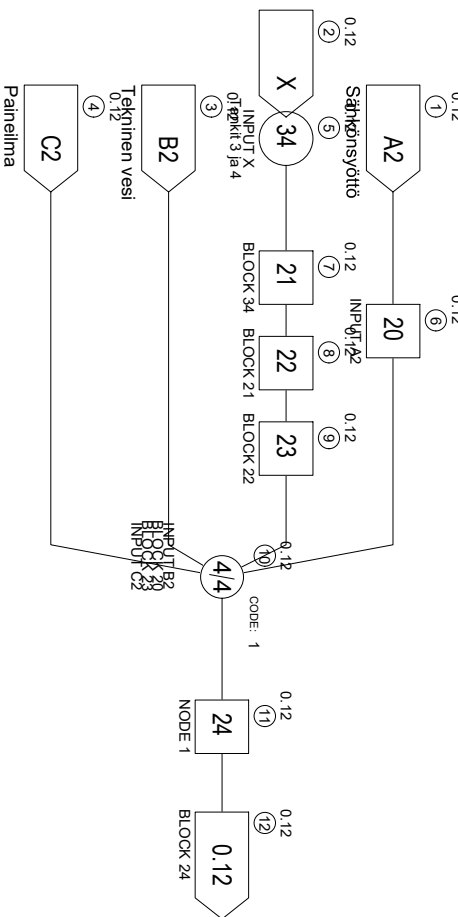
Seq. No

## Keulan konehuoneen voiteluöljyn separointi



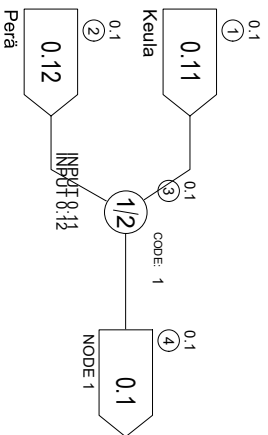
BLOCK	TYPE	DESCRIPTION
A1	INPUT	Sähkönsyöttö keskuksella A1
12	BLOCK	Pääkoneiden sumppitankit 1 ja 2
B1	INPUT	Teknisen veden syöttö
C1	INPUT	Paineliman syöttö
10	BLOCK	Kaapelitehti sähkökeskuksen ja separaattorin välillä
11	BLOCK	Putkireitti sumppitankkien ja separaattoripumppujen välillä
12	BLOCK	Separattoripumput 1 ja 2
15	BLOCK	Putkireitti separaattoripumppujen ja separaattorin välillä
14	BLOCK	Separattorit 10 ja 20
0.11	OUTPUT	Voiteluöljyn status keulan konehuoneessa

## Perän konehuoneen voiteluöljyn separointi



BLOCK	TYPE	DESCRIPTION
A2	INPUT	Sähkönsyöttö keskuksella A2
B2	INPUT	Teknisen veden syöttö
C2	INPUT	Paineliman syöttö
34	BLOCK	Konehuoneen sumppitankit 3 ja 4
20	BLOCK	Kaapelitehti sähkökeskuksen A2 ja separaattorin välillä
21	BLOCK	Putkireitti sumppitankkien ja separaattoripumppujen välillä
22	BLOCK	Separattoripumput 3 ja 4
23	BLOCK	Putkireitti separaattoripumppujen ja separaattorin välillä
24	BLOCK	Separattorit 30 ja 40
0.12	OUTPUT	Voiteluöljyn status perän konehuoneessa

## Aluksen voiteluöljyn separointi



BLOCK	TYPE	DESCRIPTION
0.11	INPUT	Voiteluöljyn status keulan konehuoneessa
0.12	INPUT	Voiteluöljyn status perän konehuoneessa
0.1	OUTPUT	Voiteluöljyn saatavuuden status



Drawn: KrSa/21.11.2019  
Checked:  
Approved:

Scale: A3  
Mett.

GA Rev. Page/Pages

Järjestelmämallidiagrammi  
Voiteluöljyjärjestelmä

Original Paper Size: 420x297  
Drawing Number: 0000.000.000  
Seq. No: -01