



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Eino Huomo

# Voimalaitoksen SCR-järjestelmän automaattisuunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikan tut-  
kinto-ohjelma

Insinööriyö

Tekijä Otsikko	Eino Huomo Voimalaitoksen SCR-järjestelmän automaatiosuunnittelu
Sivumäärä Aika	23 sivua + 5 liitettä 4.4.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	automaatiotekniikka
Ohjaajat	insinööri Tommi Suomela lehtori Markku Inkinen
<p>Insinöörityön tavoitteena oli selvittää voimalaitosprojektia SCR-järjestelmän automaatiosuunnittelun kannalta ja siihen lukeutuvia työvaiheita. Typpioksidien vähentämismenetelmänä SCR-järjestelmä on osa kompleksista voimalaitosta, jonka suunnittelu toteutetaan useiden toimijoiden yhteistyöllä. Järjestelmän suunnittelu tehtiin osana suomalaisen insinööritoimisto Finn-Mesco Oy:n toimittamaa toiminnallista suunnittelua biomassakattilalaitokseen. Lopputuloksena jokaisesta toimilaitteesta ja instrumentista laadittiin toiminnallinen suunnittelu, jonka dokumenteista kävi ilmi toimilaitteen tarkoitus, toiminta ja toimintaan vaikuttavat seikat sekä laitteen tekniset tiedot.</p> <p>Insinöörityössä esiteltiin voimalaitosprojektin eri suunnittelualat lyhykäisyydessään ja selvennettiin automaatiosuunnittelun työvaiheita ja suunnitteludokumentteja mukaanlukien järjestelmän toimintaperiaate sekä keskeiset fysikaaliset reaktiot. Järjestelmän automaatiosuunnittelu toteutettiin pääosin COMOS- ja JALMARI-ohjelmilla, joilla tehdyt dokumentit esitettiin olennaisimmilta osin. Suunnitteluprojekti eteni aikataulun mukaisesti ja järjestelmä toteutettiin toimitettujen suunnitteludokumenttien mukaisesti pienin muutoksin projektiin edetessä. Järjestelmään perehtyminen lähtöaineiston ja aikaisempien projektien pohjalta antoi kattavan kuvan käytettävistä päästöjä vähentämismenetelmistä ja työn kohteena olevasta laitteistosta.</p> <p>Tämä työ käsittää riittävän laajan, mutta samalla käytännönläheisen tietopaketin SCR-järjestelmän automaatiosuunnitteluun ryhtyessä ja asiasta kiinnostuneelle tuoreelle insinöörille.</p>	
Avainsanat	SCR-järjestelmä, automaatiosuunnittelu, Kraftwerk-Kennzeichensystem

Author Title	Eino Huomo Automation Design for SCR System
Number of Pages Date	23 pages + 5 appendices 4 May 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Automation Engineering
Instructors	Tommi Suomela, Engineer Markku Inkinen, Senior Lecturer
<p>The purpose of this thesis work was to clarify a power plant design project by introducing the SCR-system's automation design and work as well as its stages. As emission abatement method, SCR-system was a part of complex powerplant and consequently planning the powerplant requires interacting with various engineering fields. Design work of the system was made as part of the functional design of biomass boiler powerplant delivered by Finnish engineering office Finn-Mesco Ltd. The goal of the design was to have the functional design of all actuators and instruments. Mainly from these documents should be found the purpose of the device and its working principle, including all affecting activities for behaviour, as well as detailed information of the device.</p> <p>In this thesis, different kinds of engineering fields related to the power plant design project are briefly introduced and automation design stages and documents, as well as the working principle of the SCR-system and principles of the physical reactions, were clarified. The system was designed with COMOS and JALMARI engineering software. Some of these engineering documents are introduced in the appendix. The design project proceeded as planned, and the system was constructed according to the delivered design documents, considering the small changes during the planning project. The important research made concerning examining data sheets and documents from the previous similar projects provided a good view of used emission abatement methods and the scope of the system.</p> <p>This thesis contains "a hand on data packet" of automation design that is wide enough for the use of both a fresh engineer as well as persons interested in the topic.</p>	
Keywords	SCR-system, automation design, Kraftwerk-Kennzeichensystem

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Suunnitteluprojekti	2
2.1	Voimalaitosprojekti	2
2.2	Voimalaitosprojektin osa-alueet	4
3	Päästöt ja niiden vähentäminen	5
3.1	Typpioksidien vähennysmenetelmät (SCR- ja SCRn-menetelmät)	6
3.2	SCR-järjestelmän valinta Etelä-Koreaan	7
4	SCR-järjestelmä	8
4.1	Järjestelmän prosessikuvaus	8
4.2	Järjestelmän automaatiosuunnittelu	11
4.2.1	COMOS	13
4.2.2	KKS-nimeämisjärjestelmä	14
4.2.3	Lähtötietojen tarkastaminen	16
4.2.4	Toimintokuvaukset	17
4.2.5	Toimintojen lohkoakaaviot	18
4.2.6	Periaatesäätöakaaviot	19
5	Yhteenveto	19
	Lähteet	21

### Liitteet

Liite 1 Toimintakuvaukset 6HSJ20DF901 ja 6HSJ20DF901

Liite 2 Kaavionäyttö, SCR-järjestelmä

Liite 3 Toimintakaavio 6HSJ20DF901

Liite 4 Toimintakaavio 6HSJ20DF902

Liite 5 Periaatesäätöakaavio SCR-järjestelmä

## Lyhenteet ja käsitteet

AFCU	<i>Ammonia Flow Control Unit.</i> Ammoniakin virtauksensäätöyksikkö.
BAT	<i>Best Available Techniques.</i> Paras käytettävissä oleva tekniikka.
CFB	<i>Circulating Fluidized-Bed.</i> Kiertopetikattila.
COMOS	<i>Component Object Server.</i> Komponenttiobjekti-palvelin.
EIC	<i>Electrification Instrumentation Control System.</i> Sähkö-, instrumentointi- ja automaatio-suunnittelija.
FAT	<i>Factory Acceptance Test.</i> Tehdastestit.
FBB	<i>Fluidized-Bed Boiler.</i> Leijupetikattila.
FBC	<i>Fluidized-Bed Combustion.</i> Leijupoltto.
FD-Fan	<i>Forced Draft Fan.</i> Painepuhallin.
GGH	<i>Gas Gas Heater.</i> Palokaasutoiminen lämmön talteenotto.
HSJ	SCR-järjestelmän prosessialueen KKS-järjestelmätunnus.
ID-Fan	<i>Induced Draft Fan.</i> Savuimuri.
JALMARI	Ramboll Finland Oy:n automaatio- ja sähköyksikön kehittämä suunnitteluohjelmisto.
KKS	sak. <i>Das Kraftwerk-Kennzeichensystem.</i> Identification System For Power Plants. Voimalaitoksien yksilöintijärjestelmä.
N <sub>2</sub> O	Nitrous oxide. Dityppioksidi (Ilokaasu).

NH <sub>3</sub>	Ammonia. Ammoniakki.
NO	Nitrogen Oxide. Typpimonoksidi.
NO <sub>2</sub>	Nitrogen Dioxide. Typpidioksidi.
NO <sub>x</sub>	Nitrogen Oxides. Typpioksidi.
OECD	<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i> . Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestö.
PPMV	Volume parts per million. Miljoonasosa tilavuudesta. Pitoisuus.
SAMA	<i>Scientific Apparatus Makers Association</i> . Tieteellisten laitteiden valmistajien yhdistys.
SCR	<i>Selective Catalytic Reduction</i> . Selektiivinen katalyyttinen pelkistys.
SGH	<i>Steam Gas Heater</i> . Höyry-Kaasu -lämmitin.
SNCR	<i>Selective Non-Catalytic Reduction</i> . Selektiivinen ei-katalyyttinen pelkistys.
wt%	Weight percentage. Painoprosentti.

## 1 Johdanto

Insinööriyön tavoitteena on selventää voimalaitosprojektia yleisesti automaatiosuunnittelun pohjalta ja siihen lukeutuvia työvaiheita, sivuten myös muita suunnittelualoja. Lopussa käsitellään insinööriyönä tehdyn SCR-järjestelmän automaatiosuunnittelun työvaiheet. Tarvittavien lähtötietojen ja ohjelmistojen luonnetta havainnollistetaan suunnitteludokumentaation avulla. SCR-järjestelmän automaatiosuunnittelu tehtiin osana suomalaisen Insinööritoimisto Finn-Mesco Oy:n toimittamaa toiminnallista suunnittelua biomassakattilalaitokseen Etelä-Koreaan. Suunnittelu toteutetaan aikaisempien projektien dokumentaation pohjalta, niitä muokaten ja täydentäen vastaamaan tulevaa järjestelmää.

Suunnittelun kohteena oleva biomassakattilalaitos on ympäristöystävällisiin energiantuottomuotoihin sitoutuneen energiayhtiön tilaama toinen saman kokoluokan voimalaitos samalle voimalaitosalueelle. Projektin pääurakoitsijana toimii samaan konserniin kuuluva rakennusyhtiö. Energiayhtiö sekä rakennusyhtiö ovat tytäryhtiöitä ja kuuluvat eteläkorealaiseen hallintayhtiöön, joka on seitsemäksi suurin liiketoimintaryhmä Etelä-Koreassa. Kattilatoimittajana toimi globaali, Japanilainen energiateknologiayhtiö. Voimalaitoksen toiminnallisesta suunnittelusta vastaava ja tämän insinööriyön toimeksiantaja oli insinööritoimisto Finn-Mesco Oy, joka on suomalainen, vuodesta 1975 toiminut, 10 hengen voimalaitosprojekteihin erikoistunut insinööritoimisto.

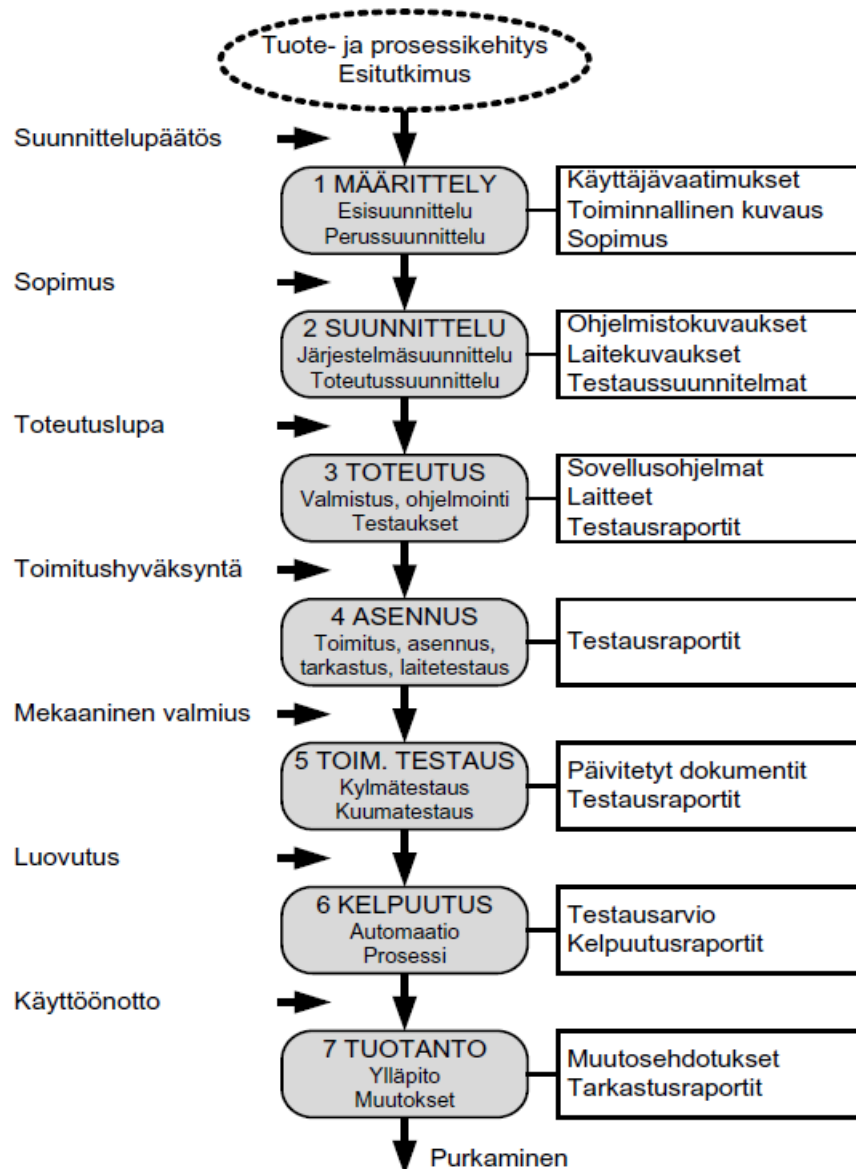
Osapuolien ehtojen mukaisesti tässä insinööriyössä ei mainita toimeksiantajan lisäksi muita osapuolia sekä projektia nimeltä. Käsiteltävä suunnitteludokumentaatio on liitetty työn loppuun ilman piirustus pohjan raameja ja näin ollen ilman projektiosapuolien tietoja.

## 2 Suunnitteluprojekti

### 2.1 Voimalaitosprojekti

Voimalaitosprojekti on investointiprojekti, joka koostuu pääosin kokonaistoimittajasta, järjestelmätoimittajasta, komponenttitoimittajasta sekä palvelujen tarjoajasta (Automaatiosuunnittelun prosessimalli 2017: 7). Lähes poikkeuksetta suunnitteluprojekti koostuu esisuunnittelusta, perussuunnittelusta ja toteutussuunnittelusta. Suunnittelun tavoitteena on tuottaa tarvittavat kuvaukset suunnittelun kohteena olevalle järjestelmälle, jotta sen toteuttaminen, ylläpito ja käyttö on mahdollista, jolloin lopputuloksena on nk. tehdasmalli (Automaatiosuunnittelun prosessimalli 2017: 13). Kuvaukset ovat useimmiten dokumentteja, 3D-malleja sekä ohjelmatiedostoja. Esisuunnittelussa mitoitetaan automaatioaste, prosessin valvonta-, säätö- ja ohjausperiaatteet, sekä tarvittavien pääkoneiden ja -laitteiden määrä, kokoluokka ja tehot (Automaatiosuunnittelun prosessimalli 2017: 7). Näiden tietojen perusteella voidaan tehdä kustannusarvio ja aikataulu projektille, mitkä muodostavat rungon projektisopimuksille. Esisuunnittelua tarkentava perussuunnittelu jakautuu yleis-, asennus- ja instrumentointisuunnitteluun, sekä projektin mukaan, myös muihin suunnittelualueisiin, jotka tehdään esisuunnittelun pohjalta. Perussuunnittelun pohjalta tehtävä toteutussuunnitelma tarkoittaa periaatteellisia säätö- ja ohjauskaavioita, sekä PI-kaaviot vastaamaan toteutettavia suunnitelmia (Sihvonen 1999). Esisuunnittelu ja perussuunnittelu on suunniteltavan kohteen määrittystä ja varsinainen toteutussuunnittelu todellisten suunnitelmien tekemistä. Automaatiojärjestelmän elinkaarenvaiheet on esitetty alla (ks. Kuva 1).





Kuva 1. Automaatiojärjestelmän elinkaaren vaiheet, niiden väliset etapit ja tärkeimmät tulokset (Automaatiosuunnittelun prosessimalli 2017).

Varsinaista suunnittelua varten on myös tehtävä suunnitelma eli *projektimalli*. Projektimalli käsittää tiedot projektin suunnitteluorganisaatiosta, suunnittelutehtävistä, siinä käytettävistä työkaluista ja menettelyistä. (Automaatiosuunnittelun prosessimalli 2017: 14).

Nykyisin projektien tiedot sijaitsevat palvelimella, missä kaikki suunnittelumateriaali sijaitsee. Näin projektin eri osapuolilla on saatavilla projektia koskeva päivitetty aineisto.

Tällaisia keskitettyjä tiedonhallintajärjestelmiä kutsutaan tietovarastoiksi. Esimerkkeinä kaupallisista tuotteista mm. dokumenttienhallintajärjestelmän toimittaja M-Files (M-Files | Dokumenttienhallintajärjestelmä.) ja Projectwise (Document Management Software | ProjectWise | Bentley Systems.).

## 2.2 Voimalaitosprojektin osa-alueet

Voimalaitoksessa ja näin ollen voimalaitosprojektissa on useita eri suunnittelutyön osa-alueita, joiden tiivis kahdenkeskinen tiedonvaihto on onnistuneen suunnitteluprojektin salaisuus (Sihvonen 1999). Alempana on lueteltuna eri voimalaitossuunnittelun osa-alueet keskittyen automaatio-suunnitteluun vaikuttaviin tekijöihin.

Ryhdyttäessä suunnittelutyöhön, on tutustuttava lähtötietoihin. Useimmiten projektien lähtötiedot ovat peräisin aikaisemmista samankaltaisista projekteista, joita muokataan kyseessä olevan suunnitteluprojektin mukaiseksi. Tietoa haetaan myös suunnitteluprojektin eri suunnittelualoilta ja kirjallisuudesta sekä eritoten myös asiakkaalta. Merkittävä osa suunnittelutyöstä onkin tiedon hankintaa eri toimijoilta. (Automaatio-suunnittelun prosessimalli 2017: 15).

### Prosessisuunnittelu

Prosessisuunnittelu on pääosin esisuunnittelua, sillä se luo lähtökohdat tarkempien suunnitelmien tekemiseen. Prosessisuunnittelussa määriteltävät dokumentit ovat mm. prosessikuvaukset, ajotapakuvaukset, taselaskelmat, virtaus- ja PI-kaaviot, virtaus- ja lämpötekniset laskelmat ja laitemäärittelyt. Merkittävässä osassa ovat mm. vaatimukset laitteiden luotettavuuteen, turvallisuuteen, käytettävyyteen ja päästöihin liittyvät tekijät. Prosessisuunnittelun luodessa lähtötiedot koko projektille, on sen oikeellisuudella ja oikea-aikaisuudella huomattavan suuri rooli. Esisuunnittelun pohjalta saatetaan myös tehdä pitkän toimitusajan omaavia laitehankintoja, jolloin virheet prosessisuunnittelussa vaikuttavat koko suunnitteluprojektiin. (Automaatio-suunnittelun prosessimalli 2017: 21; Kinnunen 2015.)

## Sähkö-, automaatio- ja instrumentointisuunnittelu

Sähkösuunnittelussa tuotetaan sähköistykseen liittyvät dokumentit, kuten prosessisähköistuksen mitoituslaskelmat ja piirustukset.

Automaatiosuunnittelu, ts. toiminnallinen suunnittelu aloitetaan prosessikuvauksen pohjalta, josta automaation kannalta tärkeimmät tiedot ovat I/O- ja säätöpiirien lukumäärät, toimilaitteiden mitoitus tiedot, näyttöjen lukumäärä sekä laitosta, henkilöstöä ja asennuksia koskevat vaatimukset. Näiden tietojen pohjalta määritellään järjestelmän kokonaisarkkitehtuuri sisältäen tiedon automaatiojärjestelmän hankintaa, ohjelmointia, testausta ja asentamista varten. (Automaatiosuunnittelun prosessimalli 2017: 23).

Automaation pääasiallinen toiminta sovitaan ajotapakeskusteluissa. Näissä kokouksissa tuotetaan ohjeet varsinaisen suunnittelun aloittamiseen. Ohjeina toimivat mm. prosessi- ja automaatiojärjestelmän toimintaselostukset, näyttömallit ja ajotapakuvaukset. Ohjeistuksia käytetään myös suunnitteluvaiheen jälkeisessä tehdastesteissä (FAT), joissa varmistetaan laitoksen järjestelmän toiminta. FAT:ia seuraava vaihe on asennusvaihe ja tämän jälkeen laitteiston toiminnallinen testaus sekä kelpuus.

Instrumentointisuunnittelun tuloksena luotavat dokumentit käsittävät mittauksiin ja toimilaitteisiin liittyvän dokumentaation, mm. instrumenttiluettelo ja kytkentälistat.

Muut suunnittelun osa-alueet

Muita suunnittelun osa-alueita ovat lisäksi layoutsuunnittelu, mekaaninen suunnittelu (laitesuunnittelu), putkistosuunnittelu, tietoverkot ja ICT-suunnittelu, arkkitehti-, rakenne- ja talotekniikan suunnittelu. (Kinnunen 2015)

### **3 Päästöt ja niiden vähentäminen**

Tuotantolaitoksien palamisprosessin yhteydessä merkittävimmät ilmastolle ja eliöstölle haitallisimmat päästöt ovat rikkidioksidi, typpioksidit ja hiukkaspäästöt. Tässä insinööriyössä keskitytään typpioksideihin. Merkittävimmät typpiyhdisteet

savukaasuissa ovat typpimonoksidi NO, typpidioksidi NO<sub>2</sub> ja dityppioksidi N<sub>2</sub>O (ilokaasu), joita kutsutaan yleisesti NO<sub>x</sub>-yhdisteiksi. Savukaasujen typpimonoksidin pitoisuus on tavallisesti noin 95 %, typpidioksidin pitoisuus noin 5 % ja dityppioksidin pitoisuus alle prosentin luokkaa kaikista typen oksideista. Poikkeuksena leijukerrospolttotekniikka (FBC), jonka tuottama N<sub>2</sub>O-pitoisuus on huomattavasti korkeampi. Typen oksideista eritoten N<sub>2</sub>O vaikutukset ovat erittäin haitallisia ylempään otsonikerrokseen, sillä se on erittäin pitkäikäinen ilmakehässä, arviolta noin 150 vuotta.

Nykyisin typpiyhdisteiden muodostuminen tunnetaan palamisprosessissa melko hyvin ja haitallisten yhdisteiden neutraloimisessa päästään parhaimmillaan jo 95 %:n tasolle. Tunnetuimmat typpioksidien haittavaikutukset ympäristölle ovat happaman laskeuman aiheuttaminen ja otsonin sekä kemiallisen saastesumun muodostaminen suurkaupungeissa (Kilpinen 2002). Hapan laskeuma on haitallinen kasvistolle vaurioittaen puiden lehtien pintakerrosta ja haitaten ravinteiden saantia maaperän kautta. Hapan laskeuma aiheuttaa myös happamoitumista vesistöissä, millä on eliöstön lisääntymistä vähentävä ja rehevöitymistä edistävä vaikutus (Happonen ym. 2004: 112—113). Saastesumun suurille pitoisuuksille altistuminen aiheuttaa hengityselinoireita ja siksi typpioksidit ovatkin otsonin rinnalla ihmisen alahengitysteitä eniten ärsyttävä kaasu (Tuomisto 2014).

### 3.1 Typpioksidien vähennysmenetelmät (SCR- ja SCRn-menetelmät)

Haitallisten typpiyhdisteiden vähennysmenetelmät jakautuvat kahteen eri luokkaan; primäärisiin ja sekundäärisiin menetelmiin. Primääriset menetelmät vaikuttavat suoraan kattilan toimintaan ja sekundääriset menetelmät palamisprosessin jälkeiseen toimintaan. Suosituin primäärisenä menetelmänä on palamisprosessin olosuhteiden muuttaminen niin, että typen oksideja ei pääse muodostumaan tai muodostuvien oksidien määrä vähennetään merkittävästi ennen palamisprosessia (Nevers 2000: 459). Esimerkki tällaisesta menetelmästä on Selektiivinen ei-katalyyttinen reaktio (SNCR), jota usein kutsutaan myös nimellä Thermal DeNO<sub>x</sub>-prosessiksi tai SNR-prosessiksi. Tässä menetelmässä pelkistäminen tapahtuu ruiskuttamalla pelkistäjää eli reagenssia suoraan tulipesään n. 900 °C:n lämpötilassa. Menetelmä eroaa SCR-tekniikasta siitä, että SNCR-tekniikassa ei käytetä katalyyttia ja lämpötila on huomattavasti korkeampi (Kilpinen 2002). Näiden tekijöiden takia SNCR-järjestelmä on myös huomattavasti edullisempi.

Sekundäärinen päästövähentämismenetelmä perustuu tekniikkaan, joka tapahtuu palamisprosessin jälkeisessä vaiheessa erillisessä yksikössä. Esimerkki tällaisesta menetelmästä on Selektiivinen katalyyttinen pelkistamisreaktio (SCR). Tämän tekniikan tehtävänä, samalla tapaa kuin SNCR-tekniikan, on muuntaa voimataitosten palamisprosessissa muodostuvan savukaasun typpioksidit harmittomiksi typpimolekyyleiksi ja vedeksi. Kuten edellä mainittu, ero SNCR-tekniikkaan on se, että SCR-järjestelmä pidentää reagenssin ja typpiyhdisteiden vaikutusaikaa katalyytilla. Katalyytin tehtävä on edistää NO<sub>x</sub>-yhdisteiden pelkistymisreaktiota käytetyn reagenssin kanssa. Kummassakin menetelmässä käytetään reagenssina ammoniakia, ammoniakkivettä tai urealiuosta. Optimaalisen reagenssin kulutus säädetään siten, että NO<sub>x</sub>-päästöjen ja reagenssin moolisuhde on hyvin lähellä 1:1. Pelkistysaineen tulee sisältää mahdollisimman vähän epäpuhtauksia kuten saasteita ja katalyyttimyrkkyjä, jotta katalyysaattorin toimintaikä ja tehokkuus säilyy (SCR-tekniikka.). Epäpuhtas reagenssi voi aiheuttaa katalyytin deaktivoitumisen, joka on seurausta katalyytin myrkyttymisestä, korroosiosta, likaantumisesta tai tukkeutumisesta (Kilpinen 2002). SCR-järjestelmälle optimaalinen lämpötila on huomattavasti matalampi, 350 °C vaihteluvälillä 250 °C — 500 °C.

SCR- ja SNCR-järjestelmä on luokiteltu suosituksiksi Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2010/75/EU mukaisesti parhaimmaksi käytettävissä olevaksi tekniikaksi (BAT) päästöjen ehkäisemis- ja vähentämismenetelmänä (EUR-Lex - 32017D1442 - FI - EUR-Lex, 2017).

### 3.2 SCR-järjestelmän valinta Etelä-Koreaan

Viimeisen kolmenkymmenen vuoden aikana Etelä-Korean hallitus on tehnyt linjauksia päästöjen vähentämiseksi. Typpioksidipäästöjen rajoittamiseen liittyviä päätöksiä ja standardeja on lueteltuna taulukossa Taulukko 1 Tiukentuvien päästörajoitusten takia uusiin tuotantolaitoksiin suunnitellaan esisuunnittelusta lähtien päästöjä vähentämisen järjestelmät.

Taulukko 1. Etelä-Korean NOx-päästöihin liittyvät linjaukset.

1983	Ympäristöstandardit yhdisteille: CO, NO <sub>2</sub> , TSP, O <sub>3</sub> ja HC (South Korea: Air Quality Standards   Transport Policy).
2005	Etelä-Korean pääkaupunki Seoul lanseerasi sen ensimmäisen ilmanlaadun parantamisohjelman, joka kesti vuoteen 2014. Ohjelman nimi oli nk. "1st Seoul Metropolitan Air Quality Control Master plan" (Seoul Policy Package of Environment Policy.pdf.) .
2007	Ympäristöstandardeja tiukennettiin NO <sub>2</sub> osalta (South Korea: Air Quality Standards   Transport Policy.).
2016	22.4.2016 Etelä-Korea allekirjoittaa Pariisin ilmastopimuksen (Republic of Korea signing Paris agreement.).
2017	Kansallinen ilmastonmuutoskomitea <i>The National Climate Change committee</i> ja Ilmanlaatukomitea <i>Air Quality committee</i> suosittelee 14 hiilivoimalaitoksen sulkemista vuoden loppuun mennessä (More South Korean coal power plant curbs needed to tackle pollution: advisory group.2019) .
2020	Vuoden 2018 maaliskuussa yhteensä 28 hiilivoimalaitosta suljetaan päästöjen vähentämiseksi (S Korea to shut up to 28 coal-fired power plants in Mar to battle emissions   S&P Global Platts.2020).

## 4 SCR-järjestelmä

Tässä luvussa käsitellään SCR-järjestelmän automaatio suunnittelun työvaiheet, kuten se tehtiin esimiehen tehtävänannosta lopullisiin toimitettaviin dokumentteihin. Järjestelmän suunnittelu aloitettiin toteutussuunnittelusta, eli vaiheesta, jolloin esisuunnittelu ja perussuunnittelu oli tehty.

### 4.1 Järjestelmän prosessikuvaus

SCR-järjestelmä koostuu seuraavista päälaitteista:

- ammoniakkin virtaussäädin (AFCU)
- selektiivinen katalyyttinen reaktori (SCR)
- katalyytti ja moduuli

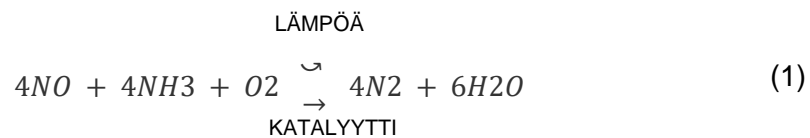
- savukaasutoiminen lämmön talteenotto (GGH)
- höyrytoiminen lämmön talteenotto (SGH)
- ammoniakkin syöttösuutin
- ammoniakkin höyrystin
- savukaasupuhallin
- ammoniakkin syöttöristikko
- ammoniakkihuoksen varastointisäiliö
- ammoniakkihuoksen suoja-säiliö
- ammoniakkihuoksen syöttöpumppu
- typpioksidipitoisuuden analyyttori
- SCR-järjestelmän tulo- ja lähtökanavien rakenteet
- SCR-järjestelmän paisuntaliitokset
- vesisprinklerijärjestelmä
- ääninuohoin
- ammoniakki-ilmaisin.

Seuraavassa järjestelmäkuvauksessa viitataan liitteenä olevaan ammoniakkijärjestelmän kaavionäyttöön (Liite 2).

SCR-järjestelmä sijaitsee savukaasupuhaltimien (ID-Fan) ja piipun välissä, millä saavutetaan reaktorin läpäisevän kaasun jatkuva katalyyttireaktio reagenssin kanssa. Kuumaa savukaasua kierrätetään savukaasupuhaltimen avulla reaktorin ulostulosta ammoniakkihöyrystimeen ja sieltä takaisin reaktoriin. Kaasun saavuttaessa 100 °C lämpötilan, savukaasupuhallinta edeltävä venttiili avautuu ja kuuman ilman kierrätys aloitetaan sekoitusyksikön läpi. Ammoniakin syöttö aloitetaan, kun lämpötila on noussut asetetulle tasolle, yleensä n. 180 °C. Ammoniakkivesi ensin höyrystetään kuuman kaasun avulla, josta sen suihkutetaan savukaasujen sekaan suihkutusuuttimen avulla. Tarvittavan ammoniakkin määrä lasketaan reaktorin poistopuolelta mitattujen NO<sub>x</sub>- ja NH<sub>3</sub>-pitoisuuksien moolisuhteen perusteella ylläpitäen NO<sub>x</sub>-pitoisuuden alle 10 ppm (6

% O<sub>2</sub>, kuiva kaasu). Määrää kontrolloidaan ammoniakkin virtausmittauksella ja säätöventtiilillä.

Käytettynä reagenssina toimii kaasumainen 25wt% (weight percentage) ammoniakki. Kulutetun reagenssin pitoisuus eroaa typpioksidin ja typpidioksidin pitoisuuksista. Reaktion lähtöaineiden ja ammoniakkin kemiallinen reaktio on kuvattuna reaktioyhtälössä 1 ja 2.



*Kun neljä typpimonoksidimolekyyliä, neljä ammoniakkimolekyyliä ja kaksi happimolekyyliä altistetaan korkealle lämpötilalle oikean katalyytin kanssa, syntyy reaktiotuotteena typpimolekyyliä ja vettä.*



*Vastaavasti kun kuusi dityppioksidimolekyyliä ja neljä ammoniakkimolekyyliä altistetaan korkealle lämpötilalle oikean katalyytin kanssa, syntyy reaktiotuotteena typpimolekyyliä ja vettä.*

Varotoimena järjestelmä on varustettu ammoniakki-ilmaisimella ja suoja-äiliöllä vuodon varalle.

Järjestelmän päätoimilaitteet on kahdennetut. Ammoniakkipumppuja ja savukaasupuhaltimia on kaksi, yksi käyttöön ja toinen varalle. Kaasutoimisen lämmönvaihtimen (GGH) ja höyrytoimisen lämmönvaihtimen (SGH) tehtävä on lämmittää reaktoriin kulkeutuvat palokaasut reaktion vaatimaan lämpötilaan, toisaalta hyödyntää piipusta muuten poistuva hukkalämpö prosessin kannalta energiatehokkaasti. (Laittoimittajan järjestelmäkuvaus 2018)



## 4.2 Järjestelmän automaatio suunnittelu

Automaatio suunnittelussa PI-kaavio on useimmiten määräävä dokumentti suunnittelijalle. Suunnittelun kohteena oleva prosessi on kuvattuna PI-kaavioissa, joihin prosessin kannalta tärkeimmät komponentit on merkitty. Tavoiteltuna lopputuloksena jokaisesta toimilaitteesta ja instrumentista on laadittu toiminnallinen suunnittelu, jonka dokumenteista selviää toimilaitteen tarkoitus, toiminta ja toimintaan vaikuttavat seikat sekä laitteen tekniset tiedot. Instrumenttien osalta suunnitteludokumentaatiosta tulisi selvitä mittauksen tarkoitus, mihin mittaus vaikuttaa ja tekniset tiedot. Edellä mainitut tiedot tulisi koostaa dokumentteihin, joista selviää jokaisen toimilaitteen ja instrumentin erillinen ja keskinäinen toiminta. Seuraavissa kappaleissa käsitellään insinööriyön kannalta tärkeimmät dokumenttilajit SCR-järjestelmää koskien sekä sivutaan osajärjestelmän lisäksi kokonaisjärjestelmän sähköasennuksia vaativat ”tarpeelliset dokumentit” (SFS 6000-1:2017, 132.13.). Tässä projektissa toimintakaavioista laadittiin SAMA-standardia (Scientific Apparatus Makers Association) noudattavat kaaviot.

Insinööriyön osalta suunnitteluprojektin kulku on kuvattu kuvassa Kuva 2. Työvaiheet kuvaavat tehdyt työvaiheet siinä järjestyksessä, kuten ne tehtiin oppaiden ja kokeneempien insinöörien opastamana. Kaavio ei siis ota kantaa siihen, missä järjestyksessä suunnittelu tulisi tehdä, sillä työvaiheiden järjestys määräytyi pääosin sopimusmäärittelyn toimitusaikataulun pohjalta sekä missä vaiheessa tarvittava informaatio on saatavissa eri suunnitteluosapuolilta.



**Kuva 2. Toiminnallisen suunnittelun toteutuneet työvaiheet**

Yleisesti voimalaitosten järjestelmät ovat hyvin samankaltaisia, jolloin suunnittelu on toteutettavissa aikaisempien projektien dokumentaation pohjalta, muokaten ja täydentäen dokumentteja vastaamaan tulevaa järjestelmää. Myös tässä projektissa aikaisempi dokumentaatio oli hyödynnettävissä suunnittelun pohjana. Tämä vaatii aluksi piirimäärien tarkastamisen. Oikea lukumäärä on erityisen tärkeää tietää etenkin riviliitinmääriä ja sitä myötä koteloiden mitoituksia tehdessä. Erheiden sekä kehitystyön takia hyvä käytäntö on varata riviliitinkiskoihin ylimääräistä tilaa myöhemmin lisättäville piireille. Nykyisillä tietokantapohjaisilla järjestelmillä piirien luettelointi on suhteellisen yksinkertaista. Kuten edellinen voimalaitos, myös uuden voimalaitoksen suunnittelu toteutettiin käyttämällä COMOS-nimistä tietokantapohjaista suunnittelualustaa, joka on laitojen ja laitteiden suunnitteluun ja elinkaarenhallintaan kehitetty ohjelmisto.

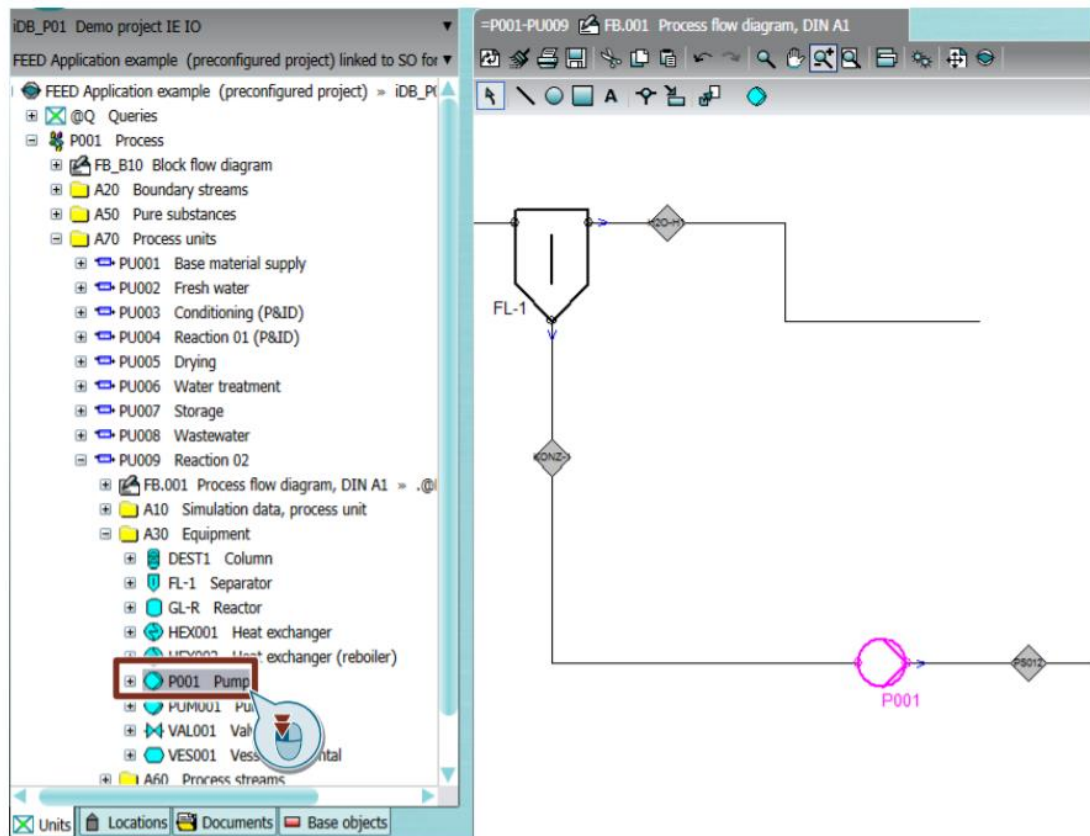
#### 4.2.1 COMOS

COMOS-ohjelmiston tietokantapohjainen alusta mahdollistaa maailmanlaajuisen ja samanaikaisen suunnittelutyön eri toimijoiden välillä. COMOS-tuoteryhmä käsittää neljä eri osa-aluetta:

- COMOS Platform
- COMOS Process
- COMOS Automation
- COMOS Operations.

COMOS Platform on tarkoitettu ylläpitämään laitoksen ja suunnitteluprojektin resursseja laitteiden teknisien tietojen osalta. COMOS Process on työkalu prosessisuunnittelua varten, mikä mahdollistaa prosessin vuokaavioiden suunnittelun projektin alkutietojen perusteella. Yksityiskohtaiset instrumentti- ja putkistokaavioiden pohjat ja ohjelman toiminnot tunnistavat ristiriitaisuudet suunnittelun alussa. COMOS Automation mahdollistaa tarkan sähkö-, instrumentti- ja säätösuunnittelun sekä automaatiojärjestelmän konfiguroinnin. COMOS Operations on laitoksen kunnossapitoon ja operointiin tarkoitettu ohjelmisto, millä laitoksen suunnittelu- ja kunnossapitotehtävien hallinta ja laitosmodernisoinnin suunnittelu perustuu yhteiseen tietokantaan. (COMOS Plant Engineering Software.)

COMOS-suunnitteluohjelman projektipuu sisältää kaikki COMOS-dokumenteissa sijaitsevat piirrosmerkit, laitteet ja dokumentit (ks. Kuva 3). Prosessin yksittäinen pumppu on löydettävissä alavalikkojen kautta. Navigointi kaikkiin pumppuun liittyviin dokumentteihin ja tietoihin onnistuu myös tätä kautta.



Kuva 3. Havainnekuva COMOS tietokannan projektipuusta, jossa valikot avattuna PI-kaaviossa sijaitsevaan pumppuun asti (COMOS FEED best practice 2018).

#### 4.2.2 KKS-nimeämisjärjestelmä

Suunnittelua tehdessä positointi on tärkeässä osassa järjestelmän osien hallinnassa. KKS-järjestelmä (sak. Kraftwerk-Kennzeichensystem) on voimalaitoksien yksilöintijärjestelmä, jonka tarkoituksena on kategorisoida koko voimalaitoksen osat. Yksilöintitunnus koostuu kolmesta osasta, jotka yhdessä yksilöivät laitoksen tai järjestelmän yksittäisen signaalin tarkkuudella. KKS-yksilöintitunnuksen osien selitys on kuvattuna kuvassa Kuva 4. Luokitustunnus voi olla joko kirjaintunnus ((A) alpha character) tai kokonaisluku ((N) numerical character).

Tämän laitoksen SCR-järjestelmän ammoniakkin syötön määrää kontrolloivan säätimen analogilähdön positio on 60HSJ20DF901.YQ01. Laitostunnuksessa numero "6" tarkoittaa energiayhtiön kuudetta voimalaitosta ja numero "0" ilmaisee laitoksen olevan yksittäinen järjestelmänsä, ei näin ollen siis kahdennettu toisella identtisellä järjestelmällä. Kirjaintunnus "HSJ" on järjestelmäluokitus KKS-tunnusluettelon

mukaisesti. Kirjaintunnuksen ensimmäinen kirjain on luettelossa aina ylimpänä hierarkiassa, jolloin aakkosellisessa hakemistossa "H" tarkoittaa lämmöntuotantokokonaisuuteen liittyvää komponenttia kuvauksella "Conventional Heat Generation". Siirryttäessä kirjaimen hakemiston alaluokkaan kohtaan "HS" position kohde tarkentuu palokaasujen kemialliseen hallintaan, sisältäen SCR-järjestelmän (Chemical Flue Gas treatment system incl. residues removal, catalytic process – SCR). Järjestelmätunnuksen viimeinen alaluokka "HSJ" tarkoittaa position kuuluvan pelkistysjärjestelmään sisältäen pelkistysaineen varastoinnin (Reduction agent supply system incl. Storage). Järjestelmätunnuksen kaksinumeroinen järjestysluku on projektissa joko seuraava vapaana oleva tai projektin kannalta järkevä valinta. Laitteistotunnuksen "DF" ensimmäinen kirjain merkitsee KKS-tunnusluettelon mukaan kuuluvan säädinten kokonaisuuteen (Loop Control Circuits) ja tunnuksen toinen kirjain merkitsee virtausta Flow rate (mass, volume), joten laitteisto kuuluu virtaussäädinten kokonaisuuteen. Laitteyksikön numerointi "901" määräytyy käytettävän mittauksen KKS-yksilöintitunnuksen perusteella. Komponentin luokittelussa kirjaintunnus "YQ" merkitsee signaalia (Signal Applications) ja komponentin numerointi "01" tarkoittaa signaalin olevan analogilähtö (Analog output 1). (KKS Dictionary 2014)

Luokitusason sarjanumero	0	1				2				3							
Luokitusason nimike	Laitos	Järjestelmätunnus				Laitteistotunnus				Komponenttitunnus							
Luokitusnumerosijainti	G	F <sub>0</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>N</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>N</sub>		A <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>N</sub>			
Luokitusnumerosen tyyppi	A tai N	N	A	A	A	N	N	A	A	N	N	N	(A)	A	A	N	N
Esimerkki	6	0	H	S	j	2	0	D	F	9	0	1		Y	Q	0	1

- **Laitostunnus**  
Järjestysnumero tai kirjaintunnus tai niiden yhdistelmä järjestelmän ja laitoksen luokitteluun.
- **Järjestelmäluokitus**  
Kirjaintunnus järjestelmän ja laitoksen luokitteluun KKS-tunnusluettelon mukaan.
- **Järjestelmän numerointi**  
Järjestysluku järjestelmien ja laitosten alayksiköiden ja osastojen numeroimiseen.
- **Laiteyksikön luokitus**  
Kirjaintunnus mekaanisen laitteen, sähköistyksen, säädön ja instrumenttien luokitteluun KKS-tunnusluettelon mukaan.
- **Laiteyksikön numerointi**  
Järjestysluku mekaanisen laitteen, sähköistyksen, säädön ja instrumenttien numerointiin.
- **Täydentävä kirjain**
- **Komponentin luokitus**  
Kirjaintunnus komponentin, signaalin tai signaalin toimintojen luokitteluun.
- **Komponentin numerointi**  
Järjestysluku komponentin, signaalin tai signaalin toimintojen numerointiin.

Kuva 4. Prosessikohtaisen yksilöintitunnuksen koostuminen KKS-järjestelmän mukaan.

#### 4.2.3 Lähtötietojen tarkastaminen

Esisuunnittelun myötä COMOS-projektipuusta tulisi löytyä EIC-suunnittelijan (Electrification Instrumentation Control System) luomat instrumentit ja laitteet, jotka on sijoitettu PI-kaavioon. Laitosmalli on kopio edellisestä, muokattuna vastaamaan nykyisiä tarpeita. Ohjelma on sijoittanut laitteiden tiedot tietokannalle tyypillisellä tavalla palvelimelle. COMOS noutaa tiedot palvelimelta käyttäjän avatessa projektin ja toimii tiedon välittäjänä sekä havainnollistajana. Työskenneltäessä COMOS-ohjelmalla kyselyt (Query) ovat keskeisessä osassa tiedon haussa (ks. Kuva 5). Kyselyiden ominaisuuksiin

kuuluu sarakkeiden tietojen suodattaminen ehtojen avulla. Kyselyjä voidaan rajata kaikilla ohjelman sisältävillä attribuuteilla, kuten esimerkiksi objektin tyypillä, dokumenttikoodilla tai laitetunnuksella. Tarkasteltaessa SCR-järjestelmän piirimäärää käytettiin ehtona KKS-positiota 60HSD, joka rajaa projektipuussa olevat positiot tähän prosessialueeseen. Kuvassa Kuva 5 on näkymä COMOS-objektikyselystä, joka tuottaa tietyn projektipuun osa-alueen objektit listanomaisessa muodossa.

=W1.H1.T1.99 CS12 Query: Engineering objects

Start object(s) =W1.H1.T1 Pure distillation

Unit	Location	Name	Label	Task description	Base object
=W1.H1.T1.01		B001	B001	Distillate vessel	@03 PID 310 EN D 01 03 03
=W1.H1.T1.01		B002	B002	Vessel	@03 PID 310 EN D 01 03 03
=W1.H1.T1.01		B003	B003	Vessel	@03 PID 310 EN D 01 03 03
=W1.H1.T1.01		B004	B004	Vessel	@03 PID 310 EN D 01 03 03
=W1.H1.T1.01		K001	K001	Column with elliptical head	@03 PID 310 EN D 01 04 02
=W1.H1.T1.01		P001	P001	Pump for liquids	@03 PID 310 EN D 02 03 01
=W1.H1.T1.01		P002	P002	Pump for liquids	@03 PID 310 EN D 02 03 01
=W1.H1.T1.01		P003	P003	Pump for liquids	@03 PID 310 EN D 02 03 01
=W1.H1.T1.01		P004	P004	Pump for liquids	@03 PID 310 EN D 02 03 01
=W1.H1.T1.01		P005	P005	Pump for liquids	@03 PID 310 EN D 02 03 01
=W1.H1.T1.01		P010	P010	Pump for liquids	@03 PID 310 EN D 02 03 01
=W1.H1.T1.01		W001	W001	Pipe bundle	@03 PID 310 EN D 01 06 05
=W1.H1.T1.01		W002	W002	Pipe bundle	@03 PID 310 EN D 01 06 05
=W1.H1.T1.01		W003	W003	Pipe bundle	@03 PID 310 EN D 01 06 05
=W1.H1.T1.01		W004	W004	Surface	@03 PID 310 EN D 01 06 01
=W1.H1.T1.01		W005	W005	Spray cooler	@03 PID 310 EN D 01 06 11
=W1.H1.T1.03		Z001	Z001	Pipe	@01 PID 01 03 01
=W1.H1.T1.03		Z002	Z002	Pipe	@01 PID 01 03 01
=W1.H1.T1.03		Z004	Z004	Pipe	@01 PID 01 03 01

Editable area

General notes

Kuva 5. COMOS näkymä objekti kyselystä (Operating Manual; COMOS Platform Queries 2012).

#### 4.2.4 Toimintokuvaukset

Toimintokuvaus (Function description) on ”Sanallinen kuvaus suljetun ohjaussilmukan tai avoimen silmukan ohjauksen tehtävästä, toiminnosta, käyttöliittymästä ja käytöstä kuten toimintojärjestys, eräohjaus ja lukitukset” (SFS-EN 62708, 2015: 34).

SCR-järjestelmän piirikohtaiset toimintokuvaukset laadittiin tietokantapohjaisella ohjelmalla. JALMARI Suunnittelujärjestelmä<sup>TM</sup> on Ramboll Finland Oy:n automaatio- ja sähköyksikön kehittämä suunnitteluohjelmisto, jolla tietokannan tietoja hyödyntäen voidaan luoda piirikaaviot, laiteluettelot, ristikytkentäluettelot, toimintokuvaukset sekä kaapeliluettelot. Vuonna 2012 Rejels Oy:n ostaessa Ramboll Finland Oy:n sähkö- ja automaatioliiketoiminnan, on Rejels Oy:n sittemmin jatkokehittänyt ohjelmaa. (Rambollin teollisuuden automaatio- ja sähköliiketoiminta siirtyy Rejersille.)

Kaikki projektin tiedot ovat vietävissä projektikohtaisesta COMOS-palvelimesta välipalvelimeen, jolloin tiedot ovat käsiteltävissä JALMARI-ohjelmalla taulukkomuodossa. JALMARI perustuu HTML-komennoilla luotaviin tekstipohjiin. Kuvauksen muokkausohja sisältää tietojen poimintakomentojen lisäksi fontti- ja asetelukomentoja. JALMARIN poimintakomentojen hyödyt realisoituvat etenkin tehdessä useita toimintakuvauksia samankaltaisesta piiristä, sillä piirien vastaavat tiedot sijaitsevat samoissa sijainneissa. Etenkin voimalaitoksissa on tyypillistä mitata lämpötilaa prosessilinjan useasta eri kohdasta, jolloin toimintakuvauksen sisältö ei juurikaan muutu, mutta mittauksen piiritunnukset, nimet sekä putkistotunnukset vaihtelevat jokaisessa piirissä. Tällöin samankaltaisista piireistä on mahdollista luoda toimintakuvaukset vain pienillä muutoksilla. Lopullinen toimintakuvaus on määritellyn pohjan mukainen, sisältäen spesifit tiedot mittauksesta (Liite 1).

#### 4.2.5 Toimintojen lohkokaaaviot

Toimintojen lohkokaaaviot, joista käytetään useimmin nimitystä toimintakaaviot (Functional diagrams), pääasiallinen tarkoitus on ”suljettujen tai avoimien ohjaussilmukoiden graafinen kuvaus” (SFS-EN 62708, 2015: 36), eli kuvata piirien loogiset toiminnot, jotka toimivat ohjeina ohjelmoijalle sekä muille, joiden on tarpeellista ymmärtää piirin yksityiskohtainen toiminta (Ruppa & Perkiö 1996). Toimintakaavioissa tulot sijaitsevat vasemmassa- ja lähdöt oikeassa reunassa. Keskelle jäävälle alueelle sijoitetaan niiden välillä tapahtuvat loogiset toiminnot.

Syötettävän ammoniakkin virtausta SCR-järjestelmässä säädetään säätöventtiilin (Ammonia water from pumps control valve) avulla, jonka ohjausarvo on peräisin säätöpiireistä 60HSJ20DF901 (Liite 3) tai 60HSJ20DF902 (Liite 4) valinnan mukaan.



Operaattorilla on valittavissa puoliautomaattinen "semi-auto"-moodi ja automaatti- sekä manuaalimoodi.

#### 4.2.6 Periaatesäätökaaviot

Monimutkaiset järjestelmät koostuvat usein monista toimintakaavioista, jolloin yksittäisen järjestelmän ja siihen vaikuttavien tekijöiden toimintaa on usein hankala hahmottaa. Periaatesäätökaaviot (Principle control diagrams) ovat järjestelmän kokonaistoiminnan hahmottamista varten. Niihin kootaan järjestelmän tärkeimmät säätimet ja niiden väliset toiminnot. Niihin voidaan myös sisällyttää havainnollistavia kuvia PI-kaavioista, kuten venttiilejä ja kuljettimia. COMOS-periaatesäätökaavioissa järjestelmään vaikuttavat tulot sijoitetaan kaavion yläosaan ja järjestelmän lähdöt sijoitetaan kaavion alaosaan. Tulojen ja lähtöjen väliset toiminnot sijoitetaan kaavion keskelle (COMOS EIC käyttöohjeet: EDMS EIC TRAINING Principle control diagrams 2017).

SCR-järjestelmän periaatesäätökaavioon (Liite 5) on kuvattuna järjestelmän päätoiminnot ja säätimet. Kaaviosta on nähtävissä samat toiminnot, jotka on selitetty kappaleessa *Toimintojen lohkokaaaviot* yllä. Järjestelmän toimintaan olennaisesti vaikuttavat ammoniakkiliuoksen paineen ja lämmityshöyryn virtauksen säätöpiirit ovat merkittynä periaatesäätökaavioon positioilla 60HSJ15DP901 ja 60LBG44DF901.

Kun automaattimoodi on valittuna, ammoniakin virtausta säädetään piipusta poistuvien savukaasujen typpioksidipitoisuuden (Stack Flue gas NO<sub>x</sub> Emission) mukaan 60HSJ20DF901 säätimellä. "Semi-auto"-moodin ollessa päällä ammoniakin virtausta säädetään 60HSJ20DF902 säätimen mukaan. Syötettävän ammoniakin virtauksen asetusarvo muodostuu tällöin pelkästään kattilaan syötetyn biopolttoaineen määrän mukaan (Boiler load).

## 5 Yhteenveto

Insinööriyössä käsiteltiin voimalaitosprojektin eri suunnittelualat lyhykäisyydessään syventyen SCR-järjestelmän automaatio suunnittelun työvaiheisiin ja suunnitteludokumentteihin. Lisäksi järjestelmän toimintaperiaate sekä keskeiset

fysikaaliset reaktiot esitettiin. Suunnitteluprojekti eteni aikataulun mukaisesti ja järjestelmä toteutettiin toimitettujen suunnitteludokumenttien mukaisesti, pienin muutoksin projektin edetessä. Järjestelmään perehtyminen lähtöaineiston ja aikaisempien projektien pohjalta antoi kattavan kuvan käytettävistä päästöjä vähentämismenetelmistä ja työn kohteena olevasta laitteistosta. Voimalaitosprosessin ja laitteiston tunteminen voisi kuitenkin luoda paremman pohjan alajärjestelmien kokonaiskuvan hallitsemiseen. Tiukentuvien ympäristövaatimusten tiukentuessa aiheen käsittely tulisi ottaa nykyisin alan insinöörikoulutuksessa huomioon. Tämä työ käsittää riittävän laajan, mutta samalla käytännönläheisen raportin automaattisuunnitteluun ryhtyessä. Tarvittavien työvaiheiden ja dokumenttien hahmottaminen tuoreelle insinöörille voi olla vaikeaa, sillä voimalaitos on kompleksinen järjestelmä, jonka suunnittelu toteutetaan useiden toimijoiden yhteistyöllä.

## Lähteet

Automaatiosuunnittelun prosessimalli. Yhteiset käsitteet verkottuneen suunnittelun perustana. 2017. Verkkoaineisto. Suomen Automaatioseura ry. <[https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1367/automaatiosuunnittelun\\_prosessimalli.pdf](https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1367/automaatiosuunnittelun_prosessimalli.pdf)>. Luettu 26.3.2020.

EDMS EIC TRAINING: Principle control diagrams. 2017. Julkaisematon materiaali. COMOS EIC käyttöohjeet. Luettu 26.3.2020.

COMOS FEED best practice. 2018. Julkaisematon materiaali. COMOS käyttöohjeet. Luettu 13.4.2020.

COMOS Plant Engineering Software. Verkkoaineisto. Siemens. <[http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden\\_tuotteet\\_ja\\_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/comos-ohjelmistoratkaisu.html](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/comos-ohjelmistoratkaisu.html)>. Luettu 26.3.2020.

Document Management Software ProjectWise Bentley Systems. Verkkoaineisto. <<https://www.bentley.com/en/products/brands/projectwise>>. Luettu 28.2.2020.

EUR-Lex - 32017D1442 - FI - EUR-Lex. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2010/75/EU mukaisten parhaita käytettävissä olevia tekniikoita (BAT) koskevien päätelmien vahvistamisesta suuria polttolaitoksia varten. 2017. Euroopan parlamentti ja euroopan unionin neuvosto.

Happonen, Päivi, Holopainen Mervi, Sotkas Panu, Tenhunen Antero, Tihtarinen-Ulmanen Marja & Venäläinen Juha. 2004. BIOS 3 ympäristöekologia 1. painos. Helsinki: WSOY.

Kilpinen, Pia. 2002. Poltto ja palaminen 2. painos. Typen oksidien muodostuminen ja hajoaminen. Suomen kansallinen osasto, Gummerus, Jyväskylä.

Kinnunen, Lotta. 2015. Laitossuunnittelu. Verkkoaineisto. <[www.poyry.fi/palvelut/suunnittelupalvelut/laitossuunnittelu](http://www.poyry.fi/palvelut/suunnittelupalvelut/laitossuunnittelu)>. Luettu 26.3.2020.

KKS Dictionary. 2014. Verkkoaineisto. The Israel Electric Corp. Ltd. <[https://www.iec.co.il/Suppliers/GC7000/8.9.1.1%20%20KKS\\_Generic%20Project\\_00.pdf](https://www.iec.co.il/Suppliers/GC7000/8.9.1.1%20%20KKS_Generic%20Project_00.pdf)>. Luettu 1.8.2019.

Laitetoimittajan järjestelmäkuvaus. 2018. Julkaisematon materiaali. Luettu 26.3.2020.

M-Files Dokumenttienhallintajärjestelmä. Verkkoaineisto. M-Files. <<https://www.m-files.com/fi/dokumentinhallinta>>. Luettu 28.2.2020.

More South Korean coal power plant curbs needed to tackle pollution: advisory group. 2019. Verkkoaineisto. Reuters. <<https://www.reuters.com/article/us-southkorea-pollution-coal-idUSKBN1WF04Y>>. Luettu 24.2.20.

Nevers Ne Doel. 2000. Air pollution control engineering 2. painos. Boston: McGraw-Hill.

Operating Manual; COMOS Platform Queries. 2012. Verkkoaineisto. <[https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/60605437/Queries\\_enUS\\_en-US.pdf?download=true](https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/60605437/Queries_enUS_en-US.pdf?download=true)>. Luettu 10.4.2020.

Rambollin teollisuuden automaatio ja sähkö -liiketoiminta siirtyy Rejlersille. 2011. Verkkoaineisto. <<http://fi.ramboll.com/Media/rfi/ramboll-rejlers>>. Luettu 30.6.2019.

Republic of Korea signing Paris agreement. 2016. Verkkoaineisto. United Nations Framework Convention on Climate Change secretariat. <<https://unfccc.int/node/61147>>. Luettu 25.2.2020.

Ruppa, E., & Perkiö, T. 1996. Sähkötekniinen dokumentointi. Helsinki: Opetushallitus.

S Korea to shut up to 28 coal-fired power plants in Mar to battle emissions. 2020. Verkkoaineisto. S&P Global Platts. <<https://www.spglobal.com/platts/en/market-insights/latest-news/coal/030220-s-korea-to-shut-up-to-28-coal-fired-power-plants-in-mar-to-battle-emissions>>. Luettu 13.4.2020.

SCR-tekniikka: Savukaasujen NOx-päästöjen käsittely selektiivisellä katalyyttisellä pelkistämällä. Verkkoaineisto. YARA. <<https://www.yara.fi/kemikaalit-ja-ymparistoratkaisut/nox-paastojen-hallinta-teollisuuden-toimipisteissa/scr-sncr-tai-hybridijarjestelmat/scrtekniikka/>>. Luettu 24.2.2020.

Seoul Policy Package of Environment Policy. 2017. Verkkoaineisto. University of Seoul. <<https://seoulsolution.kr/sites/default/files/gettoknowus/Seoul%20Policy%20Package%20of%20Environment%20Policy.pdf>>. Luettu 24.2.2020.

SFS 6000-1:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 1: Perusperiaatteet, yleisten ominaisuuksien määrittely ja määritelmät. 2017. Suomen Standardisoimisliitto.

SFS-EN 62708. Prosessiteollisuuden sähkö- ja automaatioprojekteissa käytettävät dokumenttilajit. 2015. Suomen Standardisoimisliitto.

Sivonen Markku. 1999. Teollisuuden instrumentointi. Helsinki: AEL.

South Korea: Air Quality Standards. Verkkoaineisto. Transport Policy.  
<<https://www.transportpolicy.net/standard/south-korea-air-quality-standards/>>. Luettu  
25.2.2020.

Tuomisto Jouko. 2014. Voiko ilma palaa? Verkkoaineisto.  
<[http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p\\_artikkeli=asy00403](http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=asy00403)>. Luettu  
19.3.2020.

**Liite 1 Toimintakuvaukset 6HSJ20DF901 ja 6HSJ20DF901****60HSJ20DF901 Ammonia flow control****Function**

Measures and controls ammonia flow as well calculated molar ratio between NO<sub>x</sub> and NH<sub>3</sub> at upstream of catalyst layer and maintain NO<sub>x</sub> at downstream of catalyst layer less than 10ppm (@6% O<sub>2</sub>dry) by controlling 60HSJ20AA211 Ammonia water from pumps control valve

**Measurement**

60HSJ20CF901 Ammonia from pumps calculated flow

**Control**

Controller have 3 modes: AUTO, SEMI AUTO and MANUAL. Mode can be selected with push button on HMI. 60HSJ20DF901 changes over to M-mode, if 60HSD00EB100 SCR system start and stop logic is not on A-mode.

M-mode: Operator can control the valve 0-100%, if:

60HSD00EB100 SCR system start and stop logic is on M-mode.

A-mode: Controller controls according to setpoint given by operator, if:

60HSD00EB100 SCR system start and stop logic is on A-mode.

C-mode: The external setpoint is 60HNA80DA201 Flue gas stack NO<sub>x</sub> control output.

SEMI-AUTO: Control value is 60HSJ20DF902 Ammonia flow control output. Feed flow rate will be designated for each step of boiler load.

Controller closes 60HSJ20AA211 control valve if 60HSJ20AA101 ON/OFF-valve is closed.

**Output****Process interlockings****Alarm****Other limits****Related documents**

Function diagram: 052940-60HSJ20DF-EFF1701

PI-diagram: EFA0523

## 60HSJ20DF902 Ammonia flow control

### Function

Measures and controls 60HSJ20CF901 Aqueous NH<sub>3</sub> Flow by controlling 60HSJ20AA211 Ammonia water from pumps control valve.

### Measurement

60HSJ20CF901 Ammonia from pumps calculated flow

### Control

60HSJ20DF902 Control value is used when 60HSJ20DF901 Ammonia flow control is on SEMI-AUTO -mode.

M-mode: Operator controls directly the output.

A-mode: Controller controls according to setpoint given by operator.

C-mode: The external setpoint is calculated based on the boiler load according to the following table:

NH <sub>3</sub> Feed Flow Rate	
MW kg/h	
101	23
125	27
190	38
253	50

### Output

Control output is tracking 60HSJ20AA211 Ammonia water from pumps control valve position, if:

- 60HSJ20DF901 Ammonia flow control Semi-auto mode is not active  
OR
- 60HSJ20DF901 Ammonia flow control is on M-mode

### Process interlockings

### Alarm

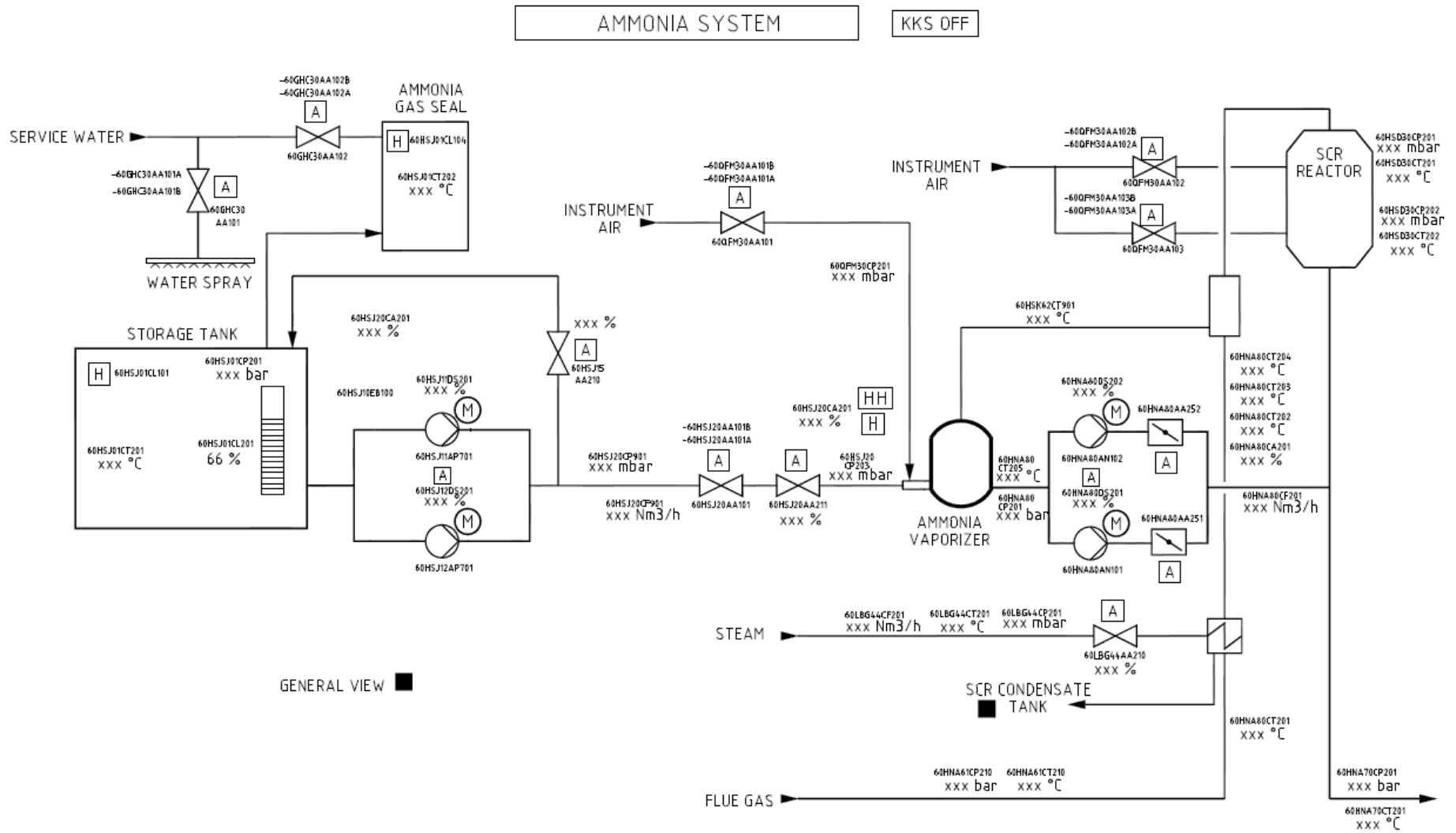
### Other limits

### Related documents

Function diagram: 052940-60HSJ20DF-EFF1702

Principle diagram:

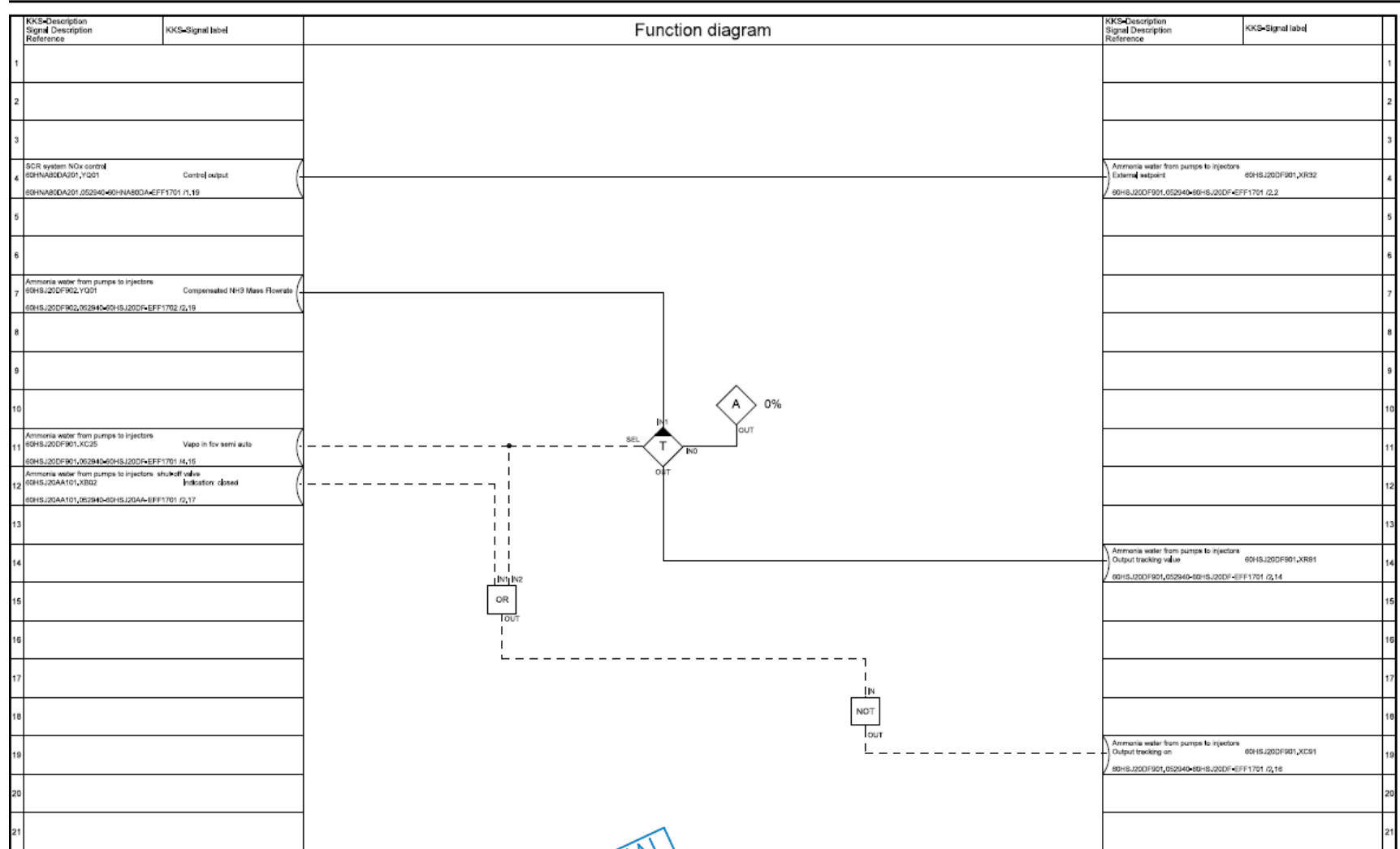
Liite 2 Kaavionäyttö, SCR-järjestelmä

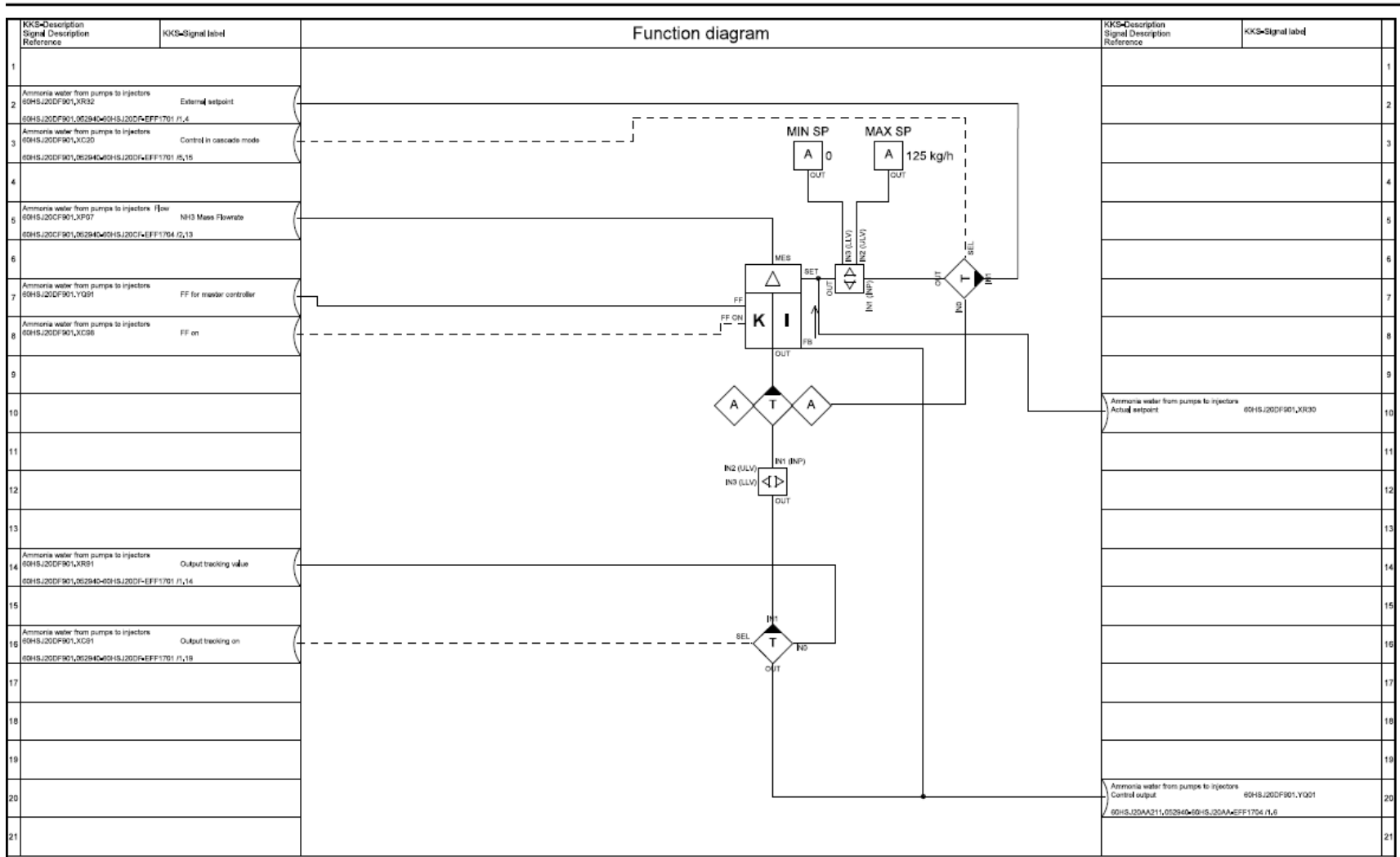


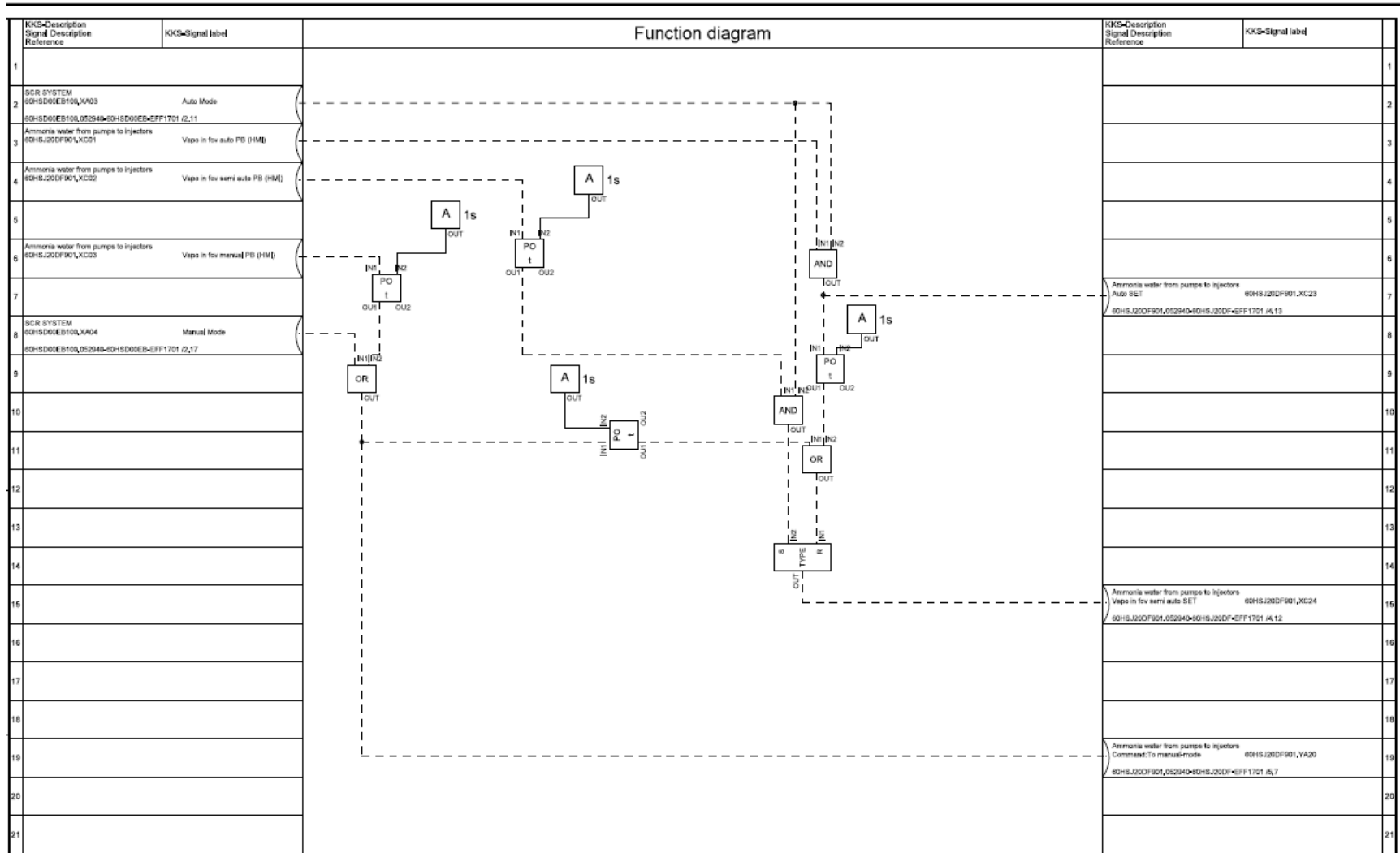
GENERAL VIEW ■

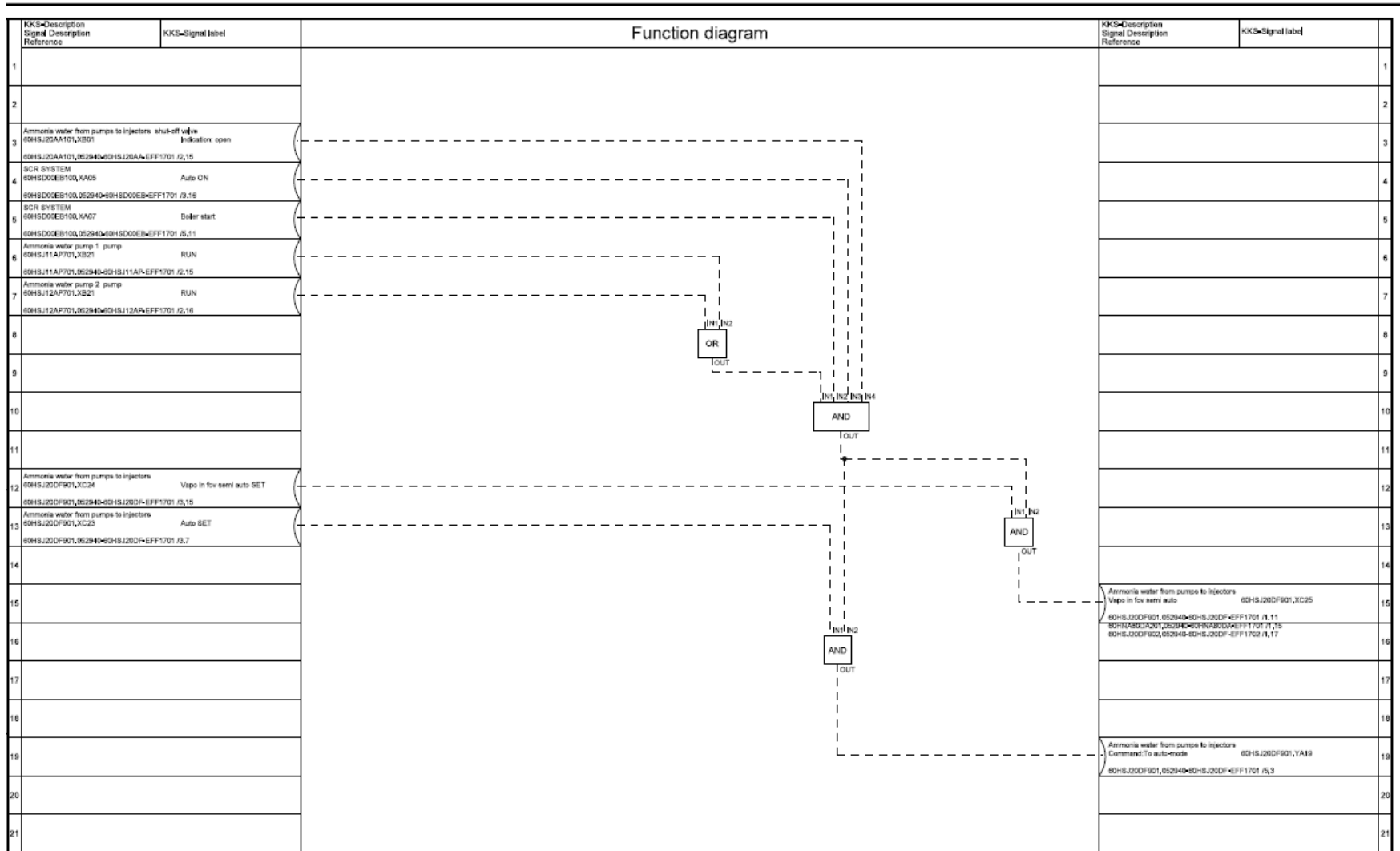


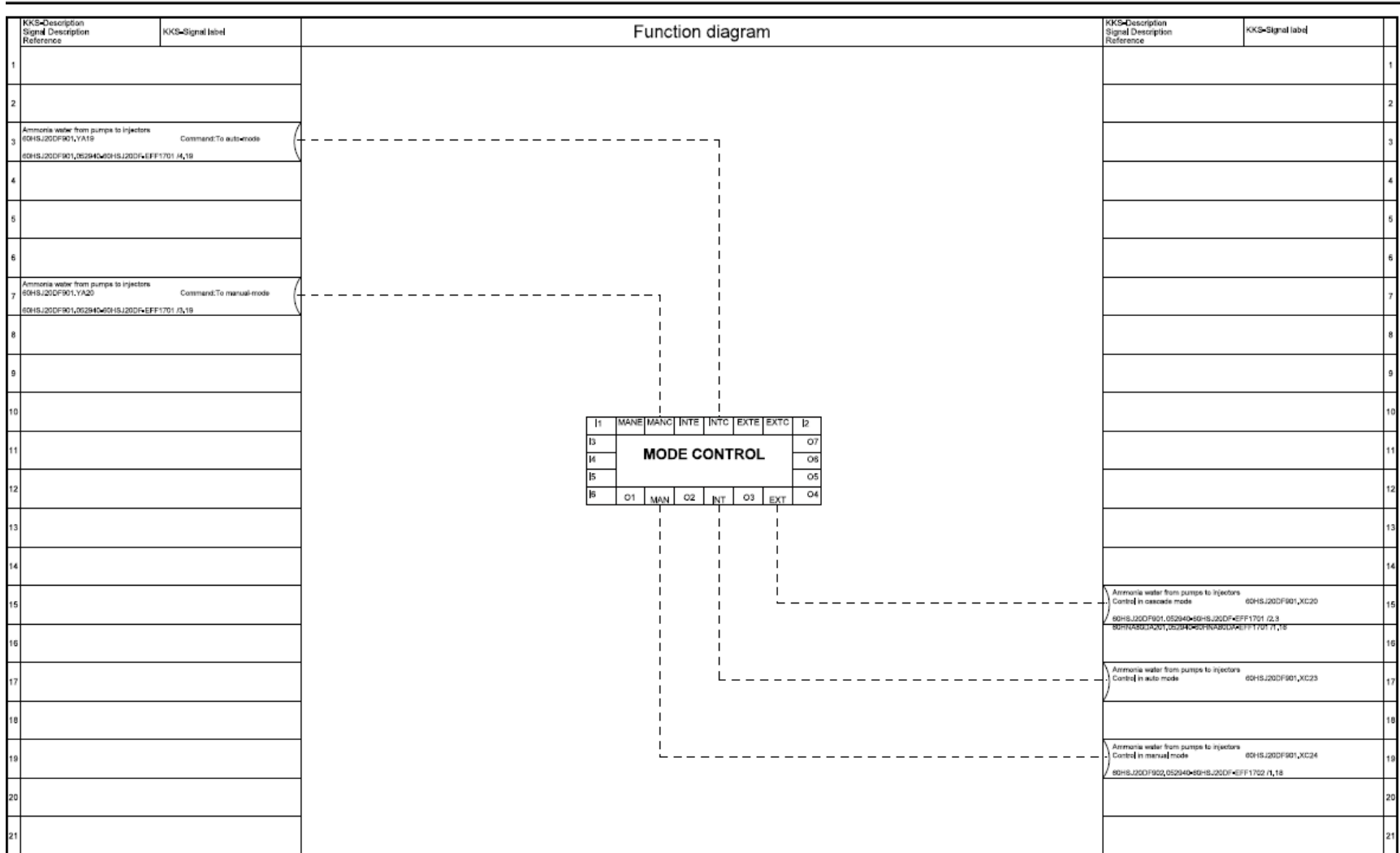
Liite 3 Toimintakaavio 6HSJ20DF901



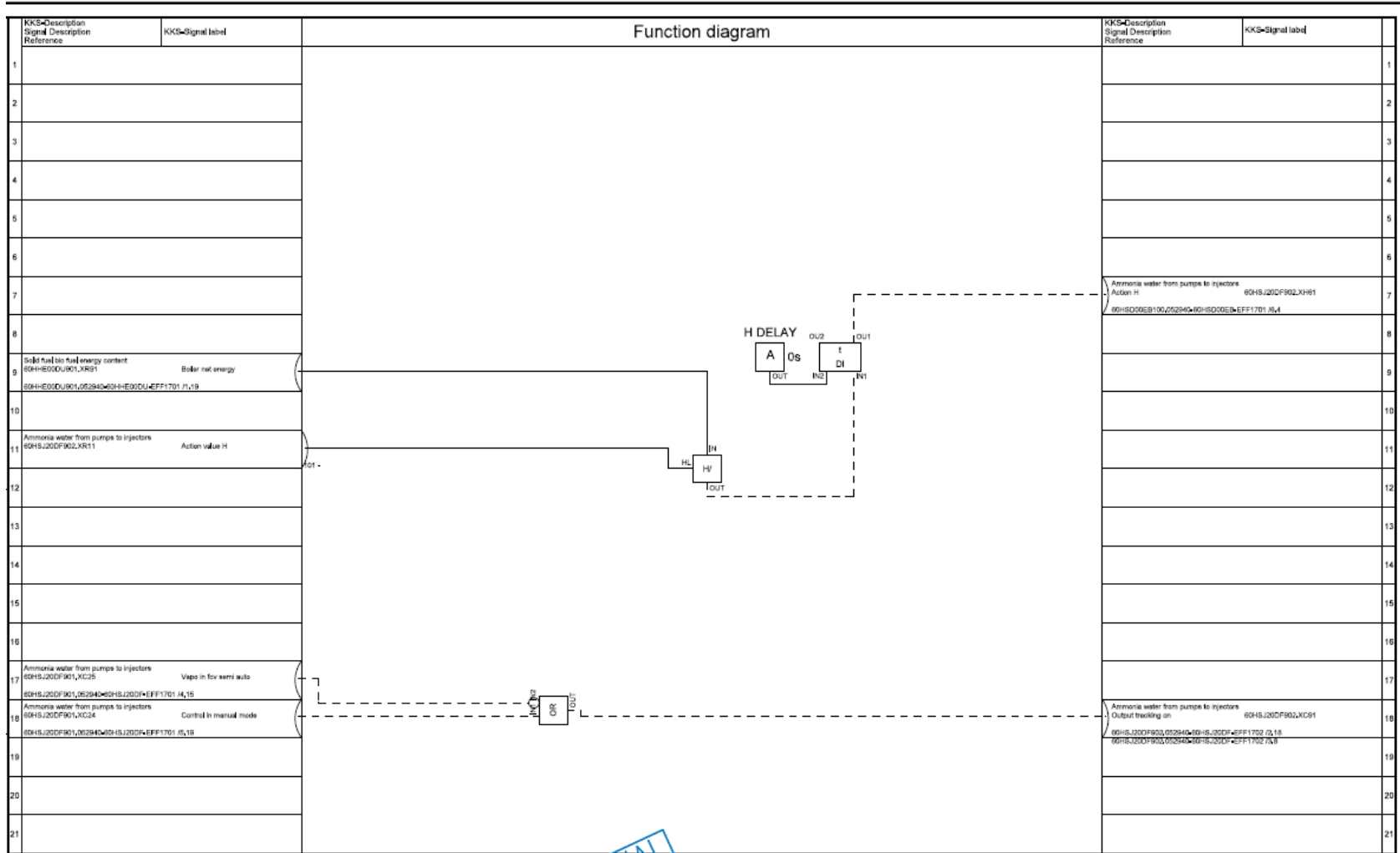


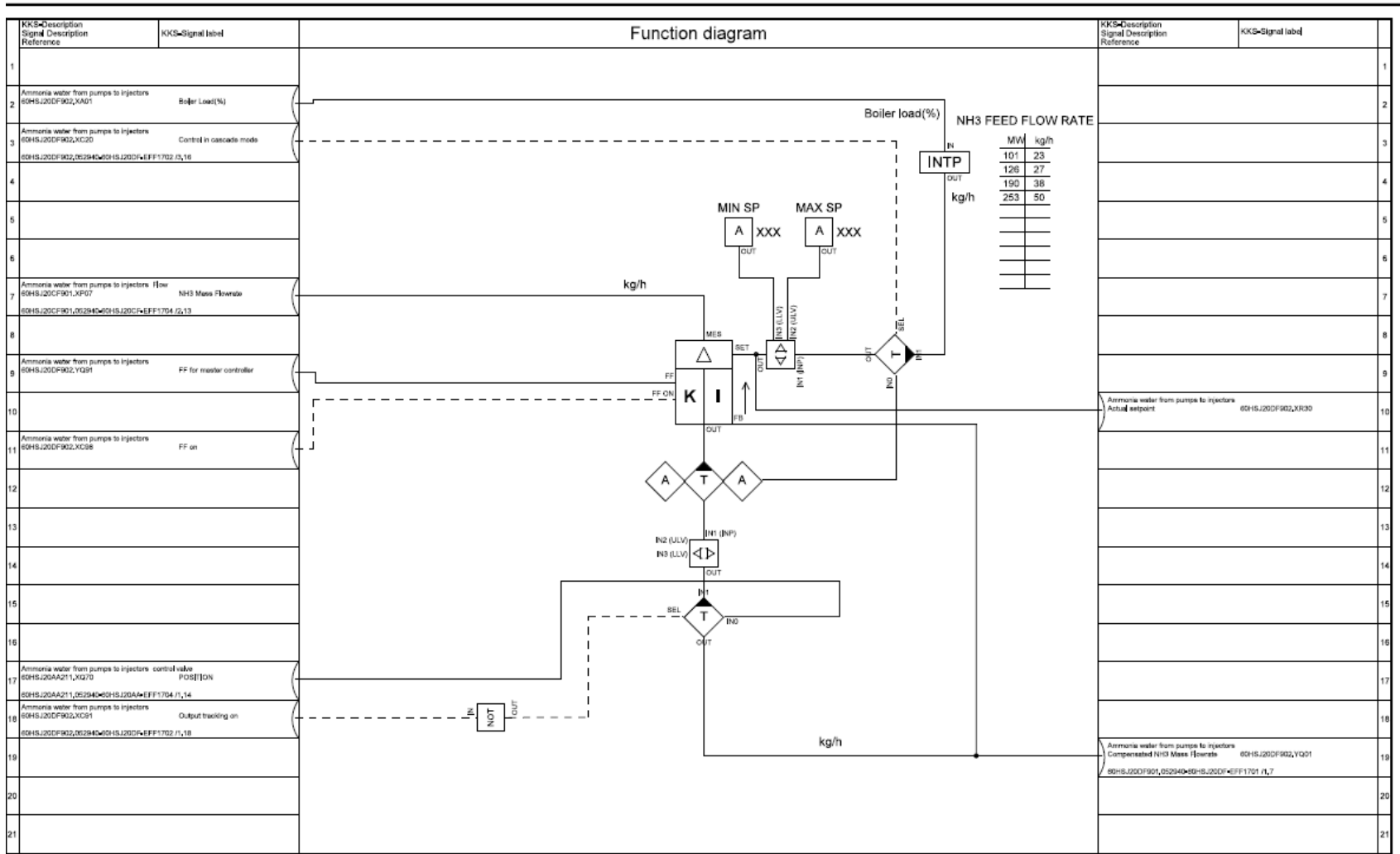


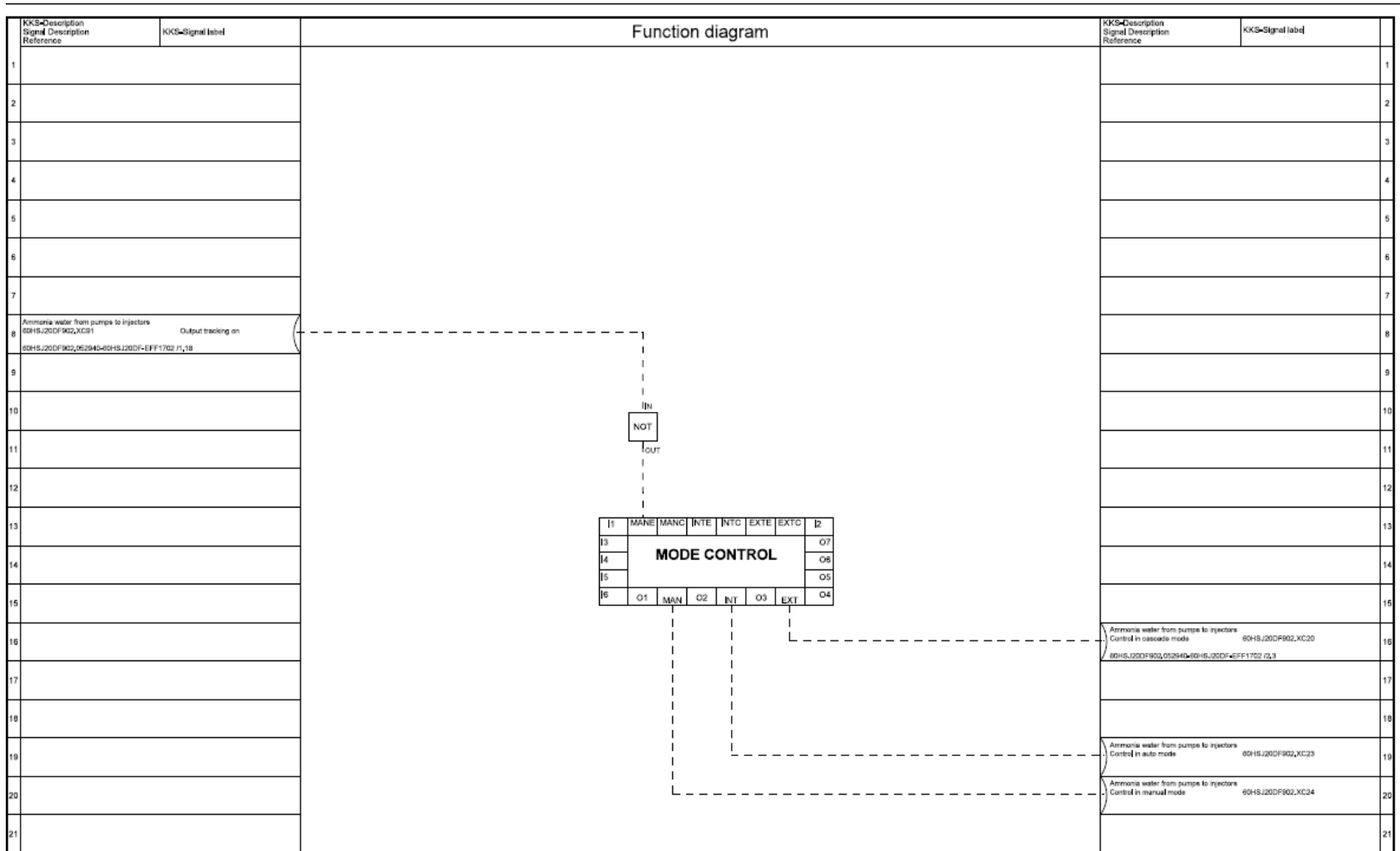




Liite 4 Toimintakaavio 6HSJ20DF902









Liite 5 Periaatesäätökaavio SCR-järjestelmä

