

Tero Sundgren

PI-KAAVIONPIIRUSTUKSEN KEHITYSTYÖ ALFA LAVAL
AALBORG OY:SSÄ

Merenkulun koulutusohjelma
2017

PI-KAAVIONPIIRUSTUKSEN KEHITYSTYÖ ALFA LAVAL AALBORG OY:SSÄ

Sundgren, Tero
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Merenkulun koulutusohjelma
Toukokuu 2017
Ohjaaja: Haapanen, Toni
Sivumäärä: 31
Liitteitä: 1

Asiasanat: tekninen piirustus, koneenpiirustus, graafinen esitys, piirrosmerkit, kaaviot

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää mahdollisuuksia kehittää putki- ja instrumentointikaavion (PI-kaavion) laadintamenetelmiä höyrykattiloita ja -järjestelmiä suunnittelevassa ja valmistavassa yrityksessä.

Vallinneen käytännön mukaan PI-kaavio on laadittu omana työvaiheenaan toimitusprojektin alussa, minkä jälkeen kaavion pohjalta on omana työvaiheenaan laadittu projektin komponenttilista. Työmenetelmän ongelmaksi muodostuivat erillisten työvaiheiden aikaansaama kaksinkertainen työ sekä erillisistä vaiheista johtuvat inhimilliset virheet.

Tavoitteeksi asetettiin luoda työkalu, jonka avulla sekä helpotettaisiin kaavion laatimista että yhdistettäisiin kaavion ja komponenttilistan laatiminen yhdeksi työvaiheeksi. Työn tekoa aloitettaessa tarkat menetelmät tavoitteen saavuttamiseksi eivät olleet tiedossa.

Edellämainitun työkalun luomisen lisäksi tavoitteeksi asetettiin olemassaolevan symbolikirjaston siistiminen ja tarvittaessa päivitys, uuden kaaviopohjan luominen sekä yhtiön sisäisen kaavionlaatimista koskevan yleisohjeen laatiminen.

Työn lähtökohtana käytettiin kirjoitushetkellä voimassaolevia kansainvälisiä standardeja.

DEVELOPMENT OF P&ID DRAFTING IN ALFA LAVAL AALBORG OY

Sundgren, Tero

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Marine Engineering

May 2017

Supervisor: Haapanen, Toni

Number of pages: 31

Appendices: 1

Keywords: technical drawing, mechanical drawing, graphical representation, graphical symbols, diagrams

The purpose of this thesis was to study the practical problems of P&ID drafting as well as developing the methods of PI-diagram design within a company designing, manufacturing and delivering steam boilers and boiler systems globally.

As per current practice for any given delivery project within the company, drafting of the P&ID and generating the component list have been undertaken as two separate work stages at the very beginning of the project phase; the P&ID has been drafted first and the component list after that based on the P&ID. The main problems with this practice are the double labour involved and the human errors caused by the separate stages.

The target was to create a tool or procedure with which these two stages could be combined into one, essentially so that the component list would be generated at the same time as the P&ID. At the beginning of the process the exact methods for reaching this goal were not defined.

In addition to aforementioned improvements in the working practices, the currently used P&ID symbol library would be checked and if necessary updated as well as a new drawing template and a general instruction for P&ID drafting created.

The latest international standards were used as a basis for this thesis.

SISÄLLYS

1	LYHENTEITÄ JA MÄÄRITELMIÄ.....	5
2	JOHDANTO.....	5
3	KAAVIOT YLEISESTI.....	6
3.1	Erilaisia kaaviotyyppejä.....	8
3.1.1	Lohkokaavio	8
3.1.2	Virtauskaavio	9
3.1.3	PI-kaavio	10
4	PIIRTÄMISEN YLEISOHJEET.....	12
4.1	Piirustusarkki ja otsikkotaulu.....	12
4.2	Kaavion asettelu.....	13
4.3	Yhdysviivat.....	13
4.4	Viivojenvälinen etäisyys.....	14
4.5	Kaavion virtaussuunta.....	14
4.6	Nuolet (kaavioon tulevat ja poistuvat virrat).....	14
4.7	Virtaussuuntaa kuvaavat nuolet.....	15
4.8	Putkistojen risteyskohdat.....	15
4.9	Kirjoitus.....	16
4.9.1	Kirjasintyyli	16
4.9.2	Kirjasinkoko	16
4.9.3	Tekstin asettelu.....	17
4.10	Mittasuhteet.....	18
4.11	Rajat.....	18
5	KÄYTÖSSÄOLEVAT TYÖKALUT JA JÄRJESTELMÄT.....	19
5.1	AutoCAD Mechanical 2014.....	19
5.2	Paavo.....	19
6	NYKYTILANNE JA ONGELMAKOHTIEN MÄÄRITTELY.....	19
7	PARANNUS- JA KORJAUSTOIMENPITEET.....	21
7.1	Komponenttietojen integrointi dynaamisiin bloqueihin.....	21
7.2	Symbolikirjaston päivitys.....	26
7.3	Yleisohjeita kaavion piirtämisestä.....	27
8	TYÖN TULOKSET JA JATKOKEHITYSKOHTTEET.....	27
8.1	Kaaviopohja.....	27
8.2	Symbolikirjasto.....	29
8.3	Komponenttilistatyökalu.....	29
	LÄHTEET.....	31
	LIITTEET	

1 LYHENTEITÄ JA MÄÄRITELMIÄ

PI-kaavio = Putki- ja instrumentointikaavio

CAD = Computer Assisted Design, tietokoneavusteinen suunnittelu

AutoCAD = AutoDesk Inc.:n yleisesti käytetty 2D-suunnitteluohjelmisto

ERP = Entrepreneur Resource Planning, yritysresurssien suunnitteluohjelmisto, toiminnanohjausjärjestelmä

HAZOP = Hazard and Operability Analysis, poikkeamatarkastelu

2 JOHDANTO

Alfa Laval Aalborg Oy on höyrykattiloiden suunnitteluun ja valmistukseen erikoistunut yritys. Tuotevalikoimaan kuuluvat sekä tuliputki- että vesiputkikattilat ja sekä erilaiset poltinkattilat että dieselkoneiden lämmöntalteenottokattilat. Yhtiön avainasiakkaita ovat suuret dieselmoottorivalmistajat kuten Wärtsilä ja MAN sekä telakat kuten Meyer Werft ja Fincantieri.

Kaupan solmimisen jälkeen seuraava vaihe toimitusprojektissa on käytännössä aina putki- ja instrumentointikaavion (PI-kaavio) laatiminen. Usein kaaviota on jo kaupantekovaiheessa ainakin luonnosteltu. Kaaviossa kuvataan erilaisilla symboleilla järjestelmän päälaitteet kuten kattilat ja säiliöt sekä yksittäiset komponentit kuten pumput, venttiilit, mittarit ym. instrumentit sekä näiden väliset putkitukset. Kaavion laatimiseen käytetään Autodeskin AutoCAD Mechanical -suunnitteluohjelmaa. Laatimisen jälkeen kaaviota käytetään perustana projektin jatkosuunnittelussa ja sen pohjalta laaditaan erillinen komponenttista omana työvaiheenaan. Lisäksi valmista PI-kaaviota voidaan käyttää esimerkiksi HAZOP- eli poikkeamatarkastelututkimuksen pohjana.

Koska kaavion ja komponenttilistan laadinta on käytännössä joka projektin alussa toistuva työvaihe, on työvaiheita virtaviivaistamalla ja käytettyjä työkaluja kehittämällä mahdollista saavuttaa säästöä työvoimakustannuksissa sekä pienentää

erillisistä työvaiheista johtuvaa inhimillisen virheen riskiä ja tätä kautta pienentää virheiden aiheuttamia takuukustannuksia.

Sen lisäksi että työllä tavoiteltiin säästöjä mm. edellämainituissa kustannuksissa, asetettiin tavoitteeksi kaavion ja komponenttilistan laatijan työn helpottaminen. Käytetyn nk. symbolikirjaston rakenne tulisi tehdä nykyistä selkeämmäksi, symbolit päivittää nykystandardien mukaisiksi ja luotujen työkalujen tulisi helpottaa päivittäisen työn tekemistä.

Yritykseltä saadussa toimeksiannossa ei oltu etukäteen määritelty menetelmiä, joilla lopullinen tavoite saavutettaisiin, joten näiden menetelmien löytäminen oli kehitystyön ensimmäinen vaihe. Työmenetelmät tulisi kuitenkin luoda yhtiön käyttämien ohjelmistojen puitteissa; kaavion piirtäminen tullaan toistaiseksi tekemään AutoCAD-ohjelmalla, komponenttilistat laatimaan Excel-pohjaista työkalua (nk. ”Paavo”) käyttäen sekä komponenttilistoja käyttämään komponenttihankintoja tehtäessä käyttäen yhtiön nykyistä toiminnanohjaus- eli ERP-järjestelmää (Axapta). Luotujen työkalujen ja toimintamallien tulisi olla yhteensopivia näiden kanssa.

3 KAAVIOT YLEISESTI

Teknisellä prosessikaaviolla pyritään antamaan lukijalle selkeä yleiskäsitys kaavion kuvaamasta järjestelmästä sekä havainnollistamaan yksittäisten laitteiden toimintaperiaatteet. Kaavionpiirtämistä sääntelevät kansainväliset standardit, joista keskeisimpinä mainittakoon seuraavat:

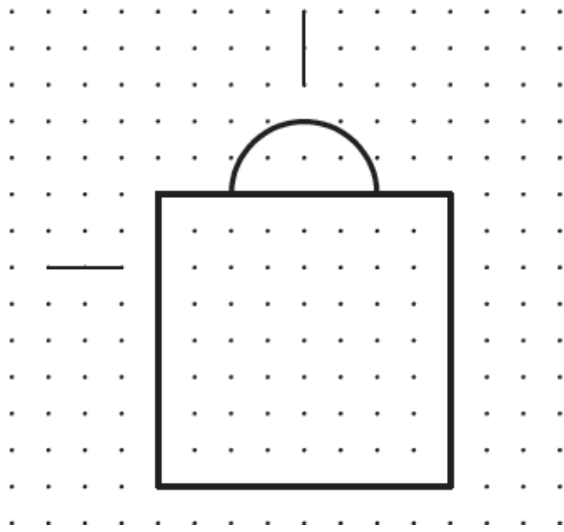
- SFS-EN ISO 10628: Diagrams for the chemical and petrochemical industry
- SFS-ISO 14617: Graphical symbols for diagrams

Ensimmäinen mainittu on kansainvälinen ja Suomessa kansalliseksi standardiksi hyväksytty yleisesti käytetty kemianteollisuuden, metsä-, vuori-, elintarvike- yms. teollisuuden, energiantuotannon sekä muita prosessiteollisuuden kaavioita määrittävä standardi,

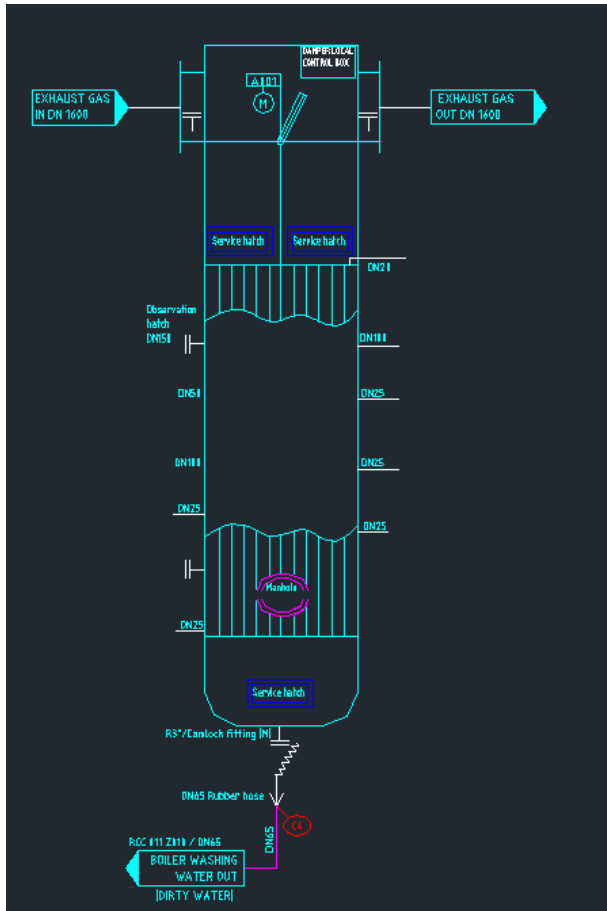
joka määrittelee yksityiskohtaiset kaavion piirrosmerkit sekä yleisiä ohjesääntöjä kaavionpiirtämisestä.

Siinä missä ISO 10628 käsittelee vain prosessiteollisuuden kaavioita, ISO 14617 on laajudeltaan huomattavasti suurempi ja säätelee mm. piirikaavioissa sekä hydraulikka- ja pneumaattikkakaavioissa käytettäviä piirrosmerkkejä sekä näiden soveltamista.

SFS-EN ISO 10628 määrittelee yksityiskohtaiset piirrosmerkit niin venttiileille ym. prosessilaitteille kuten myös yleiset piirrosmerkit päälaitteille kuten säiliöille ja kattiloille. Kaavion luettavuuden ja yksiselitteisen ymmärrettävyyden vuoksi venttiilien ym. yksittäisten komponenttien suhteen on syytä noudattaa standardin määrittelemiä piirrosmerkkejä, mutta havainnollisuussyistä päälaitteet kuten kattilat, syöttövesisäiliöt ym. on syytä näyttää oikeanmuotoisina kuten alla, kts. kuva 1 ja 2.



Kuva 1. SFS-EN ISO 10628 mukainen höyrykattilaa esittävä piirrosmerkki (SFS 10628-2, 13)



Kuva 2. Kaksivetoinen pystymallinen pakokaasukattila HU-4, kaavioesitys. (Alfa Laval Aalborg Oy sisäinen tietokanta 2017.)

3.1 Erilaisia kaaviotyyppejä

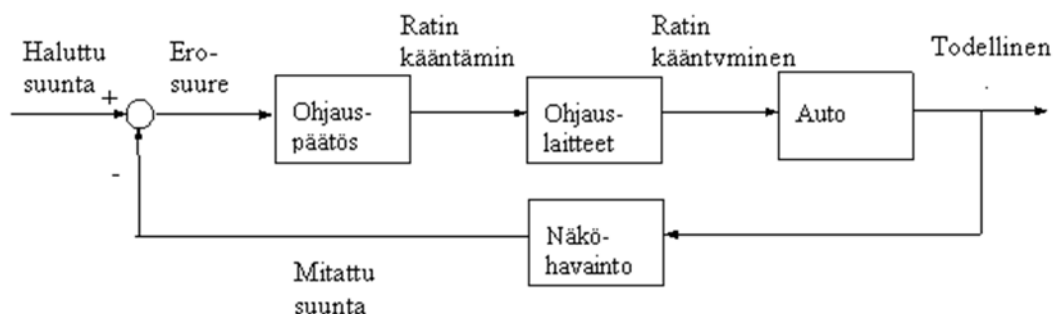
Kaavion esittämän prosessi-informaation yksityiskohtaisuuden perusteella kaaviot on SFS-ISO EN 10628 mukaisesti yleisesti jaoteltu kolmeen kategoriaan, jotka on alla esitelty järjestyksessä yksinkertaisimmasta yksityiskohtaisimpaan.

3.1.1 Lohkokaavio

Lohkokaaviossa (engl. Block diagram) prosessi esitetään hyvin yleisellä ja yksinkertaistetulla tasolla suorakulmaisilla osaprosessimerkeillä (lohkoilla) sekä niiden välisillä virtausviivoilla. Yksittäisiä venttiileitä, pumppuja ym. ei esitetä lohkoaviossa. Kaavio piirretään prosessin mukaisesti vasemmalta oikealle ja/tai ylhäältä alas. Lohkokaavio antaa:

- Yleisinformatiota prosessista

- Perustiedot jatkosuunnittelua varten
- Perustiedot alustavaa kustannusarviota sekä asemakaava- ja laitesijoitussuunnittelua varten.



Kuva 3. Lohkokaavioesitys auton suunnan säätämisestä (Aalto-yliopiston automaatio- ja systeemitekniikan laitoksen WWW-sivut, 2017)

Lohkokaaviossa esitetään koko prosessi jaoteltuna tarkoituksenmukaisiin osaprosessilohkoihin, prosessiin tulevat ja siitä lähtevät sekä osaprosessilohkojen väliset virtaukset, lohkojen ja prosessivirtojen nimitykset sekä tarvittaessa prosessivirtoja ja materiaalitasaita koskevia tietoja. (Pere 2016, 13 – 18)

3.1.2 Virtauskaavio

Virtauskaavio (engl. Process flow diagram) on lohkokaaviota yksityiskohtaisempi, mutta PI-kaaviota yleistasoisempi prosessikaaviotyyppi jossa esitetään tapahtumajärjestyksessä ne mekaaniset, fysikaaliset ja kemialliset käsittelyt, joihin prosessiaine joutuu (Pere 2016, 13 – 19)

Virtauskaavion tarkoitus on esittää periaatetasolla prosessi sekä keskeiset prosessitiedot, jotka ovat tarpeellisia esimerkiksi:

- PI-kaavion laatimisessa
- Alustavissa putkisto- ja laite-erittelyissä
- Kustannusarvion laatimisessa
- Laitesijoitussuunnittelussa
- Suunnitteluun ja toteutukseen osallistuvien sekä käyttöhenkilöstön koulutuksessa

- Lupahakemuksissa

Virtauskaavion tulee sisältää vähintään seuraavia tietoja prosessista:

- Prosessin kaikki päälaitteet ja koneistot sekä niiden kokoa tai kapasiteettia kuvaavat suureet
- Em. laitteiden ja koneistojen nimitykset
- Putkitunnukset
- Prosessiin tulevien ja siitä lähtevien materiaali- ja energiavirtojen reitit ja virtaussuunnat sekä tulo- ja lähtöosoitteet
- Em. virtojen prosessin kannalta oleelliset virtaustiedot kuten virtausnopeus, paine, massavirta jne.
- Tyypilliset käyttöolosuhteet.

Näiden lisäksi virtauskaaviossa voidaan esittää tarvittaessa:

- Laitteiden ja koneistojen korkeusasemat ja/tai etäisyydet toisistaan
- Prosessin sisäisten materiaali- ja energiavirtojen nimitykset ja virtaustiedot
- Keskeisimmät venttiilit ja niiden järjestelyt prosessissa
- Prosessimittausten toiminnalliset vaatimukset sekä ohjauslaitteet keskeisissä kohdissa
- Lisätietoja käyttöolosuhteista

Virtauskaavio tulee järjestellä siten, että virtauskaaviota ja PI-kaaviota voidaan helposti käyttää yhdessä; toisin sanoen prosessin päälaitteet on sijoiteltu molemmissa samoin, projisoituna molemmissa joko sivusta, edestä tai ylhäältä. Pystysuunnassa olevat yksinkertaiset järjestelmät on tarkoituksenmukaista projisoida sivulta tai edestä, kun taas suuria pinta-aloja kattavat monimutkaiset prosessit on yleensä tarkoituksenmukaista esittää ylhäältä projisoituina.

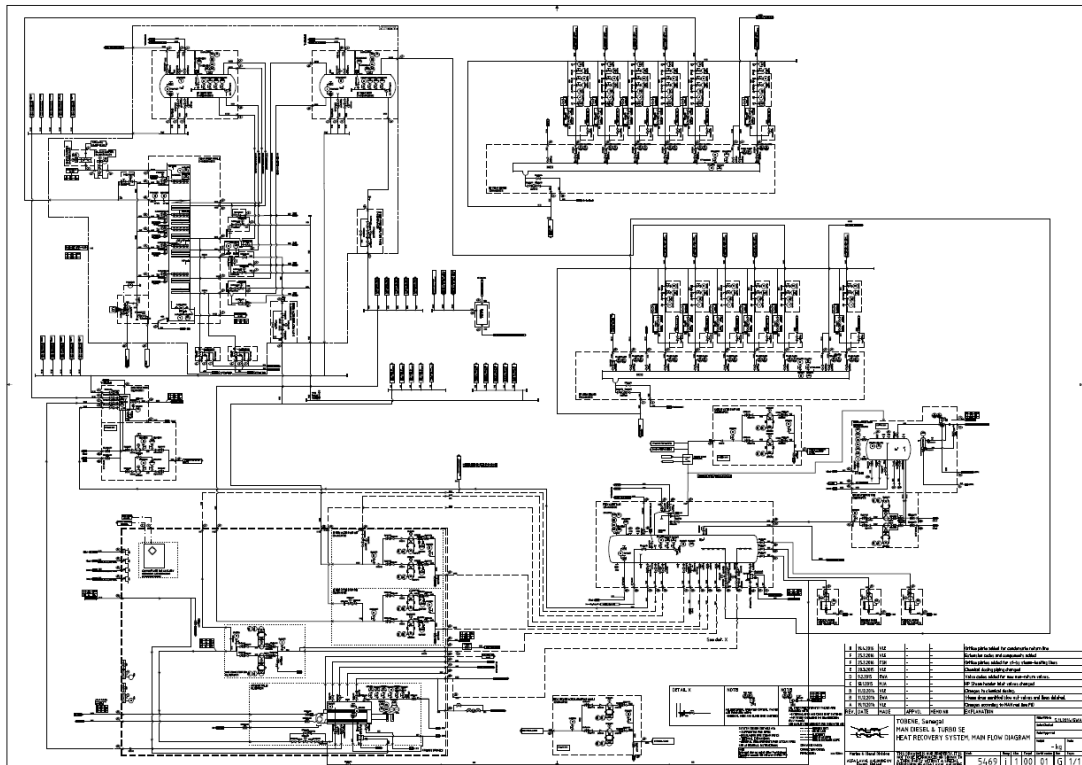
3.1.3 PI-kaavio

PI-kaavio on kaaviotyypeistä yksityiskohtaisin ja teknisin. PI-kaavio pohjautuu virtauskaavioon ja kuvaa prosessin teknisen toteutuksen putkistoja, prosessimittausta ja -ohjausta kuvaavia graafisia symboleja käyttäen. (SFS-EN ISO 10628-1, 3)

PI-kaaviossa tulisi esittää:

- Prosessin kaikki laitteet
- Laitteiden tyyppi, laitetunnukset, kapasiteettitiedot
- Laitteiden kaikki yhteen mukaanlukien käyttämättömät varayhteet
- Yhdetunnukset
- Kaikki putket ym. kuljetustiet
- Putkitunnukset, putkien nimelliskoko
- Putkistojen keskeiset virtaustiedot (esim. paine, massavirta, virtausnopeus jne)
- Kaikki venttiilit ISO 10628-2 mukaisia piirrosmerkkejä käyttäen, paitsi erillisissä piirustuksissa esitettävien kokonaisuuksien sisältämät venttiilit
- Venttiilitunnukset
- Mittauspisteet ja säätöpiirit ISO 14617 mukaisia yleispiirrosmerkkejä käyttäen
- Saattolämmitykset
- Tyhjennus-, puhdistus-, ja ilmastusyhteet
- Käyttöhyödykeyhteet, esim. paineilmayhteet.
- Toimitus- ja laiterajat ym.
- Prosessiin tulevien ja siitä lähtevien virtojen osoitteet

(Pere 2016, 13-24)



Kuva 4. Moottorivoimalaitoksen lämmöntalteenottohöyryjärjestelmää esittävä PI-kaavio (Alfa Laval Aalborg Oy sisäinen tietokanta, 2017)

4 PIIRTÄMISEN YLEISOHJEET

ISO 10628-1 mukaisia yleisohjeita tulisi noudattaa kaavionlaadinnan ohjenuorana ja laadittaessa kaavionpiirtämisen yleisohjeita yhtiön käyttöön. Tässä kappaleessa on esitelty keskeisimmät edellämainitun standardin mukaiset yleisohjeet kaavionpiirtämisestä.

4.1 Piirustusarkki ja otsikkotaulu

A1 on PI-kaavioille suositeltu arkkikoko. Tästä suurempia paperikokoja ei suositella, mutta tarvittaessa yksinkertaisten prosessien tai yksittäisten laitteiden osalta voidaan käyttää pienempi arkkikokoja esim. A3 tai A4.

Otsikkokentän tulee olla ISO 7200 mukainen.

Alfa Laval Aalborg Oy:ssä PI-kaavion otsikkokenttänä käytetään pääasiassa samaa yhtiön omaa otsikkotaulua kuin muissakin piirustuksissa. Tarvittaessa käytetään asiakaskohtaisia otsikkotauluja.

4.2 Kaavion asettelu

Korkeimmalla sijaitsevat laitteet asetellaan piirustusarkin yläosaan ja alimmalla tasolla sijaitsevat laitteet arkin alaosaan; esimerkiksi pumput sijaitsevat pääasiassa säiliön alapuolella jolloin ne asetellaan näin myös kaaviossa.

Prosessimittaukseen ja -ohjaukseen liittyvät laitteet, putkistot ja mittausinstrumentit ym. sijoitetaan loogisesti niiden tehtävää vastaaviin asemiin.

Prosessin virtaussuunnan tulisi yleisesti olla vasemmalta oikealle ja ylhäältä alaspäin.

4.3 Yhdysviivat

Selkeän esitysmuodon saavuttamiseksi, kaavioissa näytetyt putkistot tulee eritellä toisistaan käyttämällä eri viivanleveyksiä. Päävirtoja kuvaavat viivat tulee esittää korostetulla viivanpaksuudella.

Seuraavia ISO 128-standardin mukaisia viivanleveyksiä tulee käyttää:

- a) 1,0mm pääputkistoille,
 - b) 0,5mm seuraaville;
 - Päälaitteita ja koneistoja kuvaavat graafiset symbolit, poislukien venttiilit ym. putkistonosat,
 - Suorakulmionmuotoiset prosessilaitteita ym. kuvaavat kehykset,
 - Toissijaiset putkistot,
 - Käyttöhyödykelinjojen (esim. paineilma) sekä apujärjestelmien viivat.
 - c) 0,25mm seuraaville;
 - Venttiileitä ym. putkistonosia kuvaavat graafiset symbolit;
 - Prosessimittausta ja -ohjausta kuvaavat graafiset symbolit sekä tiedonsiirtoa kuvaavat viivat;
 - Referenssi viivat;

-Muut apuviivat ym.

Alle 0,25mm viivanleveyksiä ei tule käyttää.

4.4 Viivojenvälinen etäisyys

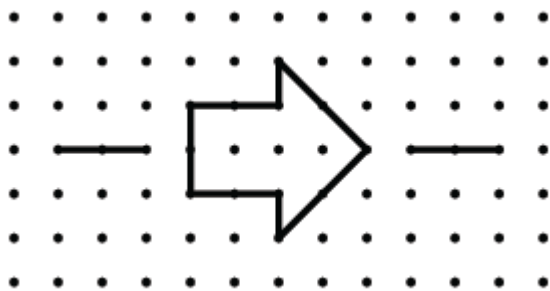
Samansuuntaisten viivojen välisen etäisyyden tulee olla vähintään kaksi kertaa leveimmän viivan leveys, mutta vähintään 1,0mm. Putkistoja esittävien samansuuntaisten viivojen välinen vähimmäisetäisyys toisistaan tulee olla vähintään 10mm.

4.5 Kaavion virtaussuunta

Yleisesti kaavion päävirtaussuunnan tulee olla piirrettynä vasemmalta oikealle ja ylhäältä alas.

4.6 Nuolet (kaavioon tulevat ja poistuvat virrat)

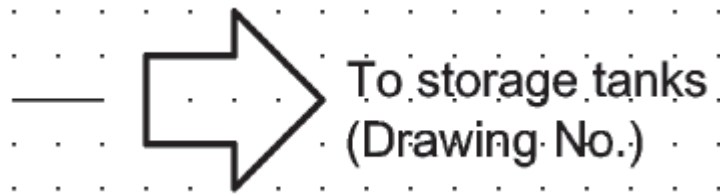
Kaaviosta lähtevät ja siihen tulevat virrat tulee esittää kuvan 5 mukaisilla nuolilla



Kuva 5. Saapuvan ja lähtevän virran nuoli 2,5mm ruudukolla (SFS-EN ISO 10628-1, 6)

Mikäli kaavio koostuu useista arkeista, suositellaan saapuvien ja lähtevien virtojen viivat piirrettäväksi siten, että viivojen päät ovat samassa tasossa kun yksittäiset arkit asetetaan toistensa vierelle.

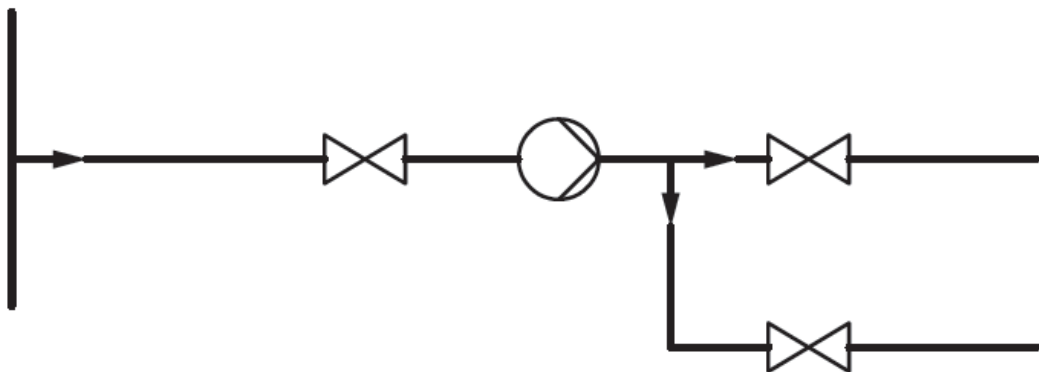
Kun yhdysviiva jatkuu toiseen kaavioon, tulee viivan päähän merkitä putken osoite molemmissa kaavioissa kuvan 6 tyyllisesti.



Kuva 6. Toisella kaaviolla jatkuva putkisto ja osoiteviittaus (SFS-EN ISO 10628-1, 6)

4.7 Virtaussuuntaa kuvaavat nuolet

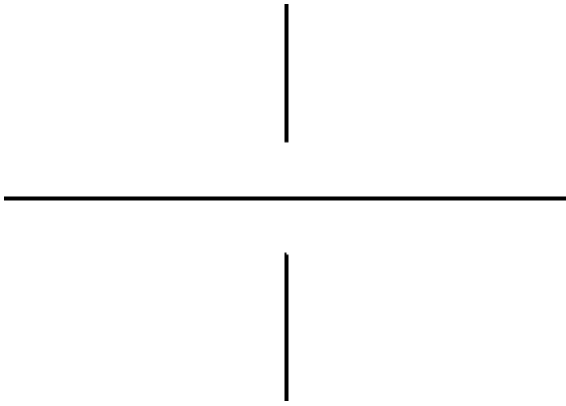
Virtaussuuntaa kuvaavia nuolia tulee liittää putkistoja kuvaaviin viivoihin osoittamaan väliaineen virtaussuuntaa. Havainnollistettavuuden vuoksi nuolia voidaan sijoittaa laitteiden tuloyhteisiin (pumput poislukien) sekä putkiston haarojen jälkeen kuvan 7 esimerkin mukaisesti. Venttiileiden ohituksiin yms. ei piirretä virtaussuuntanuolia.



Kuva 7. Esimerkki virtaussuuntaa kuvaavista nuolista (SFS-EN ISO 10628-1, 6)

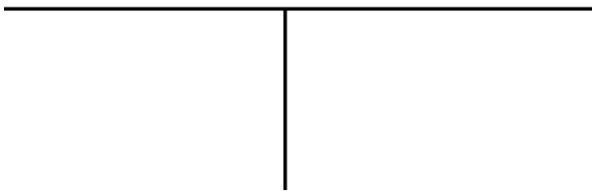
4.8 Putkistojen risteyskohdat

Kahden samanleveyisen viivan risteytyessä yhtymättä toisiinsa, pystysuoraa putkea kuvaavaa viiva katkeaa. Erilevyisten viivojen tapauksessa puolestaan ohuempi viiva katkeaa.



Kuva 8. Samanlevyisten toisiinsa yhtymättömien viivojen risteys (SFS-EN ISO 10628-1, 7)

Toisiinsa yhtyvät putket esitetään kuvan 9 mukaisesti.



Kuva 9. Toisiinsa yhtyvien putkien risteys (SFS-EN ISO 10628-1, 7)

4.9 Kirjoitus

4.9.1 Kirjasintyyli

Suosittelut kirjasintyyli on määritelty standardissa ISO 3098-2.

Kaavioissa tulee pääasiassa aina käyttää isoja kirjaimia. Poikkeuksen tekevät kemialliset kaavat (esim. NaCl) ym. vastaavat asiat joiden kohdalla on olemassa väärinymmärryksen mahdollisuus käytettäessä pelkkiä isoja kirjaimia.

4.9.2 Kirjasinkoko

Seuraavia kirjasinkorkeuksia tulee käyttää;

- a) 5,0 mm päälaitteiden ym. tunnuksille,

- b) 2,5 mm muulle kirjoitukselle.

4.9.3 Tekstin asettelu

- a) Laitteet

Päälaitteiden ym. laitetunnukset tulee sijoittaa laitteen läheisyyteen siten että laitteen ja siihen liittyvän tunnuksen välinen yhteys on yksiselitteinen, mutta normaalisti laitetunnuksia ei sijoiteta itse laitteen graafisen symbolin sisäpuolelle.

Lisätiedot (esim. laitteen malli, teho tai kapasiteetti ym.) voidaan esittää suoraan laitetunnuksen alapuolella tai omassa taulukossaan.

- b) Putkistot

Vaakasuorissa putkistoviivoissa putkistotunnukset tulee sijoittaa viivan yläpuolelle ja sen suuntaisesti; pystysuorissa viivan vasemmalle puolelle ja viivansuuntaisesti.

- c) Venttiilit ym. putkistonosat

Venttiileiden ym. tunnuksia tulee sijoittaa laitteen graafisen symbolin viereen ja viivansuuntaisesti.

- d) Virtaustiedot, käyttöolosuhteet ym.

Virtaustiedot (esim. virtausnopeus, massavirta, paine jne.) tulee tavallisesti esittää joko suorakulmionmuotoisissa kehyksissä tai erillisissä taulukoissa. Taulukon tai kehyksen tulee olla viivan avulla liitettynä pisteeseen, jota virtaustiedot edustavat.

- e) Yksiköt

Kaavioissa käytetään standardin ISO 80000-1 mukaisia SI-järjestelmän yksiköitä.

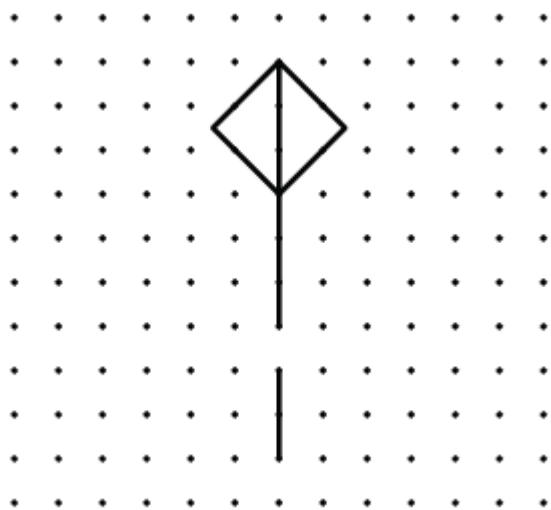
4.10 Mittasuhteet

Seuraavat asiat otetaan huomioon PI-kaaviota laadittaessa;

- a) Yleisesti ottaen PI-kaavioita ei piirretä mittasuhteeseen. Laitteiden suhteellisen koon hahmottamiseksi on kuitenkin suositeltavaa, että nämä esitetään toisiinsa suhteessa oikeankokoisina aina kun se on mahdollista
- b) Säiliöt ja laitteet esitetään riittävän suurina, jotta kaikki niihin liittyvät putkiyhteet näkyvät selkeästi
- c) Korkeusasemat tulee esittää vain mikäli se on tarpeellista kaavion luettavuuden parantamiseksi tai se on teknisestä näkökulmasta välttämätöntä.
- d) Putkistot eivät ole sidottuja korkeusasemiin, mikäli näitä kaaviossa esitetään.

4.11 Rajat

Materiaali-, toimittaja-, laite- ym. rajojen esittämiseksi käytetään kuvan 10 mukaista symbolia.



Kuva 10. Rajasymboli (SFS-EN ISO 10628-1, 9)

5 KÄYTÖSSÄOLEVAT TYÖKALUT JA JÄRJESTELMÄT

5.1 AutoCAD Mechanical 2014

Yhtiön toistaiseksi kaavioiden laatimiseen käyttämä ohjelma on AutoCAD Mechanical 2014. 2D-suunnitteluohjelmana ohjelma soveltuu kaavionpiirtämiseenkin, muttei ole varsinaisesti siihen käyttötarkoitukseen tarkoitettu työkalu. Kaavion piirtäjällä on käytössään yhtiön sisäinen nk. symbolikirjasto, jossa eri mm. putkistonosat kuten venttiilit on määritelty standardienmukaisiksi symboleiksi.

5.2 Paavo

“Paavo” on yrityksessä sisäisesti käytetty Microsoft Excel -pohjainen projektinhallintatyökalu jota käytetään projektinhoitotehtävissä sekä mm. sähkö- ja mekaniikkasuunnittelun apuna. Paavoä käyttäen laaditaan myös projektin komponenttilistat; erilaisia PI-kaavioissa esiintyviä komponentteja on Paavossa n. 2200 ja tietokantaa päivitetään jatkuvasti tarpeen mukaan.

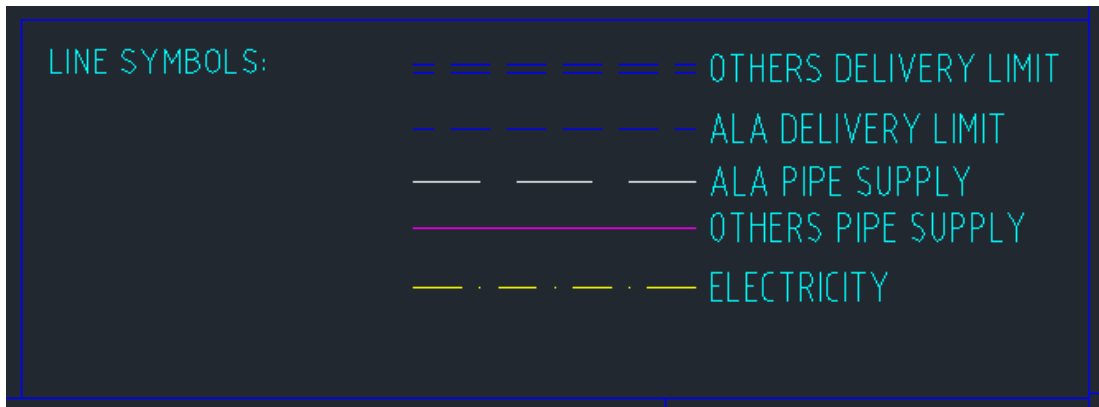
6 NYKYTILANNE JA ONGELMAKOHTIEN MÄÄRITTELY

Symbolikirjasto on laadittu käyttäen kirjoitushetkellä jo vanhentuneita standardeja SFS 4285 ja SFS 4286. Nämä standardit on sittemmin kumottu ja korvattu standardeilla SFS-EN ISO 10628-1 ja SFS-EN ISO 10628-2, jotka on aikaisemmin esitelty.

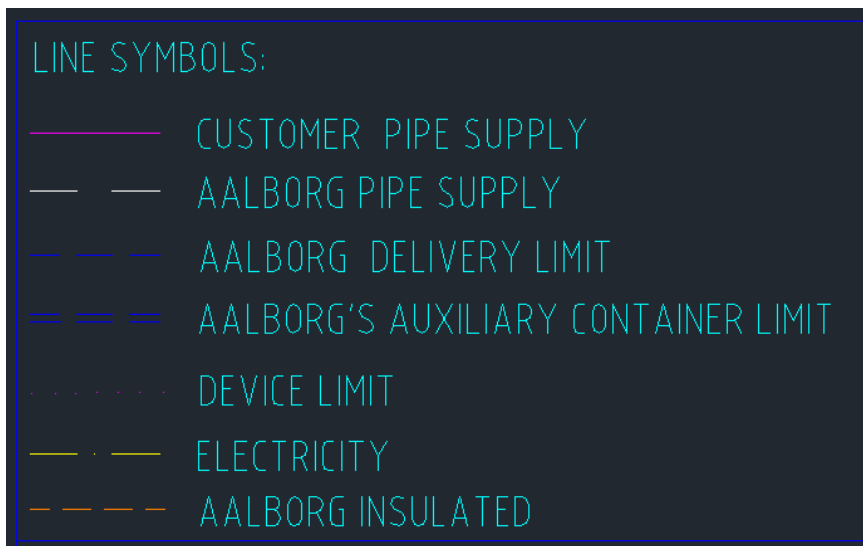
Yhtiön käytössä on kaavionpiirtopohja eli .dwt-muotoinen AutoCAD Template -tiedosto joka sisältää mm. ennaltamääritellyt tasot, joille eri virtausväliaineita kuvaavat putkistot tulee piirtää.

Viivatyypein ilmaistaan nykyisin virtausväliaineiden lisäksi toimitusrajoja ja laitekokonaisuuksien kuten pumppuyksiköiden rajoja, mutta kaaviosta olisi saatavissa informatiivisempi määrittämällä omat viivatyyppinsä esim. eristettäville ja

eristämättömille putkistoille sekä omat viivatyypinsä esim. höyry- ja syöttövesiputkistoille.

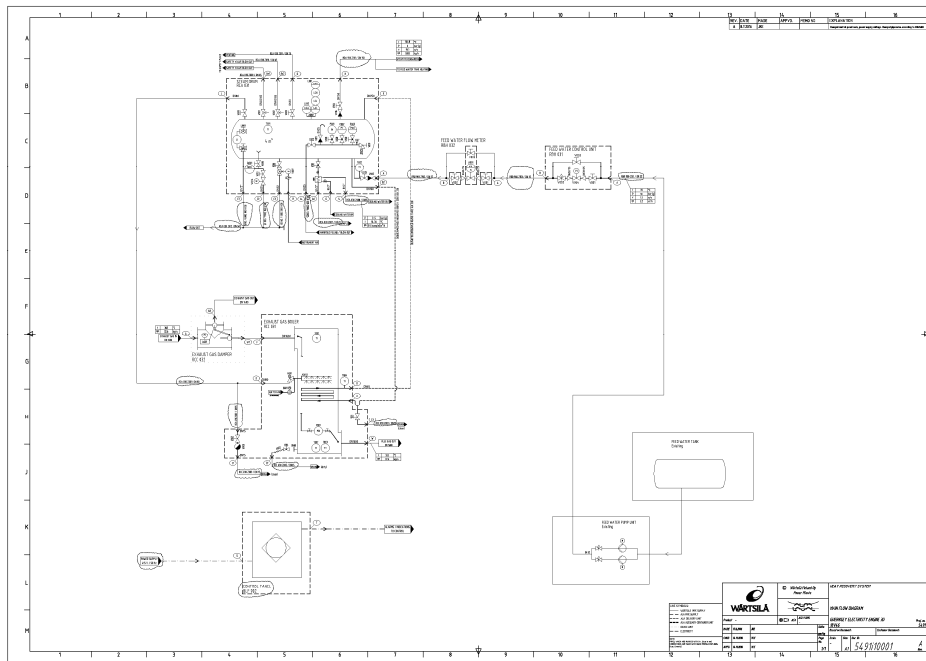


Kuva 11. Esimerkki 1; kaaviossa käytetty viivatyypiseloste (Alfa Laval Aalborg Oy sisäinen tietokanta, 2017)



Kuva 12. Esimerkki 2; kaaviossa käytetty viivatyypiseloste (Alfa Laval Aalborg Oy sisäinen tietokanta, 2017)

Kirjallista yhtiön sisäistä ohjeistusta kaavion laatimisesta ei ole – näinollen kaavioiden ulkoasu vaihtelee suuresti osastojen ja yksittäisten työntekijöiden välillä. Yleinen ongelma ovat esimerkiksi kaaviot, jotka on piirretty liian suurelle arkille liian pienessä skaalassa, jolloin tulostetussa kaaviossa symbolit ja varsinkin laitetunnukset ym. teksti ovat vaikeasti luettavissa tai niitä on mahdotonta lukea ja piirustusarkille jää tarpeettoman paljon käyttämätöntä pinta-alaa, kts. kuva 13 alla.



Kuva 13. Tarpeettoman pieni skaala johtaa kaavion heikkoon luettavuuteen. (Alfa Laval Aalborg Oy sisäinen tietokanta, 2017)

7 PARANNUS- JA KORJAUSTOIMENPITEET

7.1 Komponenttitietojen integrointi dynaamisiin blockeihin

“Eri alojen kaaviopiirtämissovelluksissa, joita on saatavissa eri CAD-ohjelmien yhteyteen, on usein muitakin kaavion tekoa helpottavia ominaisuuksia. Eräs tärkeimmistä on mahdollisuus tulostaa komponenttiluettelo kaavioon sijoitetuissa symboleissa olevien attribuuttien avulla” (Pere 1997, 9-22)

Komponenttilistan laatimisen tueksi tutkittiin mahdollisuutta yhdistää kaavion piirtäminen ja komponenttilistan laatiminen erillisistä työvaiheista yhdeksi työvaiheeksi. Tällä vähennettäisiin komponenttilistan laatimisessa tarvittavaa työmäärää ja sitä kautta pienennettäisiin työn yksikkökustannuksia, pienennettäisiin erillisten työvaiheiden aiheuttamaa inhimillisen virheen riskiä ja sitä kautta takuukustannuksia.

Koska valmista mallia toteutukselle ei ollut, oli ensimmäisessä vaiheessa perehdyttävä parhaan toteutusmallin etsimiseen. Vaihtoehtoina oli esimerkiksi oman räätälöidyn ohjelman laatiminen AutoCAD:n ohjelmointikieliä kuten AutoLISP ja DCL käyttäen, mutta tätä kautta ei löydetty selkeää tapaa tavoitteen saavuttamisesta ja näinollen vaihtoehto karsiutui pois.

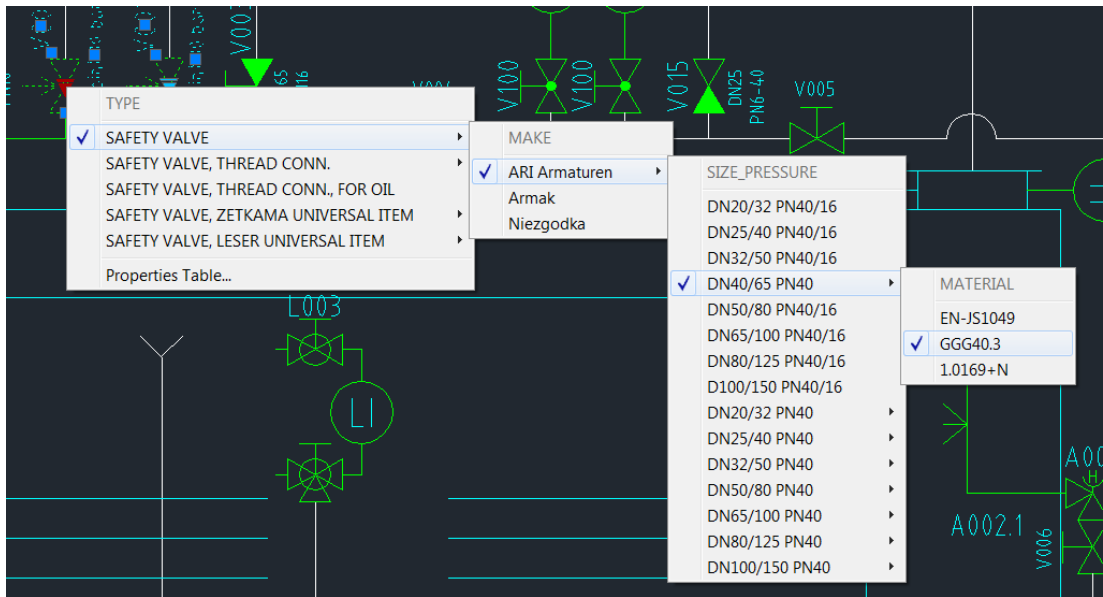
Lopulta toteutuskelpoisimmaksi vaihtoehdoksi päätyi AutoCADin sisäänrakennettujen ominaisuuksien hyödyntäminen ja tarvittavien tunniste- ja teknisten tietojen sisällyttäminen nk. dynaamisiin blockeihin attribuuttitietona. Näin komponenttivalinta olisi mahdollista tehdä jokaisen kaaviosymbolin kohdalla helposti ja nopeasti joko alasetolaatikosta tai taulukosta valitsemalla. Tämän lisäksi käyttäjän tehtäväksi jäisi käsintäytettävien tietojen lisääminen, kuten venttiili- tai laitetunnus, kuvaus ja lisätiedot.

Tarvittavat tiedot lisättiin blockeihin luomalla tarvittavat attribuutit kullekin kaaviosymbolille erikseen ja sen jälkeen taulukoimalla tiedot attribuuttitaulukkoon. Attribuutit asetetaan näkymättömiksi poislukien näkyviin haluttavat tiedot kuten positiotunnus.

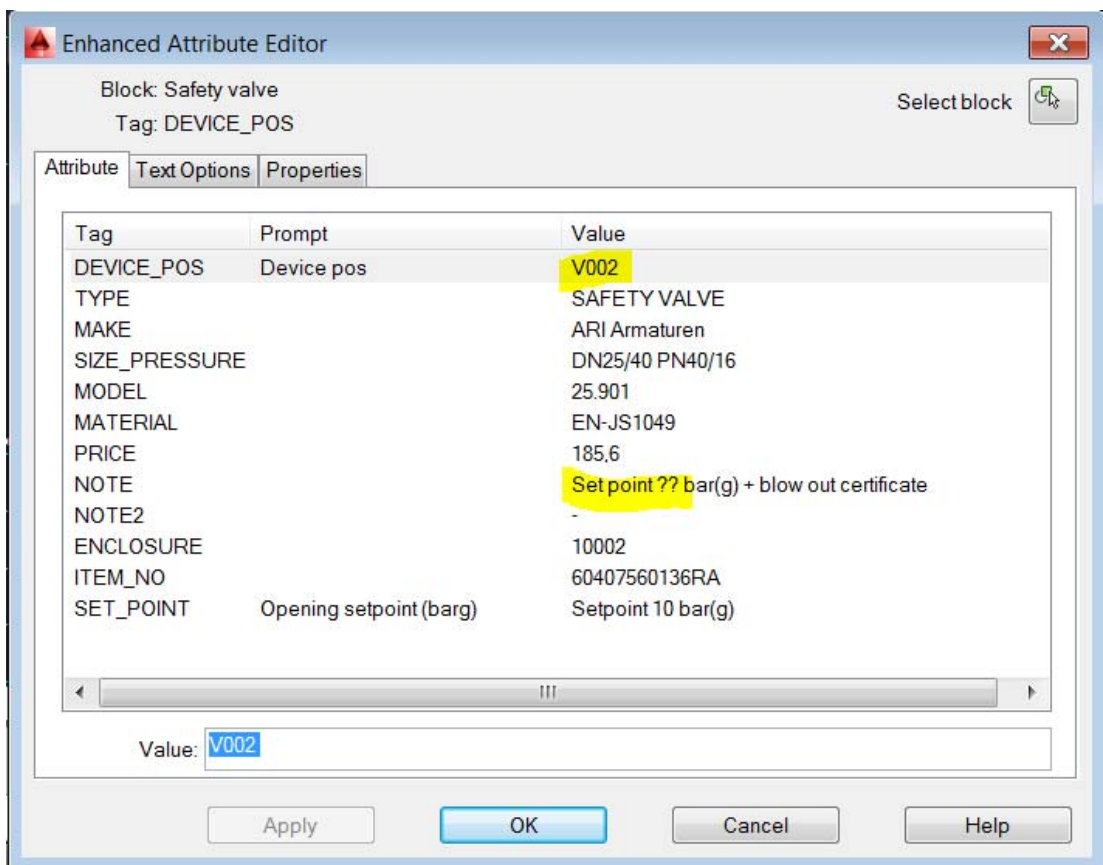
TYPE	MAKE	SIZE_PRESSURE	MATERIAL	MODEL	PRICE	NOTE	NOTE2	ENCLOSURE	ITEM_NO
SAFETY VALVE	ARI Armaturen	DN20/32 PN40/16	EN-JS1049	25 901	185,6	Set point ?? b.	-	10002	6040756013HRA
SAFETY VALVE	ARI Armaturen	DN25/40 PN40/16	EN-JS1049	25 901	185,6	Set point ?? b.	-	10002	6040756013BRA
SAFETY VALVE	ARI Armaturen	DN32/50 PN40/16	EN-JS1049	25 901	231,1	Set point ?? b.	-	10002	6040756013BRA
SAFETY VALVE	ARI Armaturen	DN40/65 PN40	EN-JS1049	25 901	280	Set point ?? b.	-	10002	6040756014BRA
SAFETY VALVE	ARI Armaturen	DN50/80 PN40/16	EN-JS1049	25 901	341,1	Set point ?? b.	-	10002	6040756014BRA
SAFETY VALVE	ARI Armaturen	DN65/100 PN40/16	EN-JS1049	25 901	501,1	Set point ?? b.	-	10002	6040756014BRA
SAFETY VALVE	ARI Armaturen	DN80/125 PN40/16	EN-JS1049	25 901	660	Set point ?? b.	-	10002	6040756014BRA
SAFETY VALVE	ARI Armaturen	DN100/150 PN40/16	EN-JS1049	25 901	935,6	Set point ?? b.	-	10002	6040756014BRA
SAFETY VALVE, THREAD CONN.	ARI Armaturen	G1/2" - 3/4" PN40	GGG40.3	25 941 (Closin...	147,8	Set point ?? b.	Closing lifting device	10002	6040756015ORA
SAFETY VALVE, THREAD CONN.	ARI Armaturen	G1/2" - 3/4" PN40	GGG40.3	25 942 (Open...	132,2	Set point ?? b.	Open lifting device	10002	6040756015ORA
SAFETY VALVE, THREAD CONN.	ARI Armaturen	G1/2" - 3/4" PN40	GGG40.3	25 943 (Gas b...	123,7	Set point ?? b.	Gas tight cap	10002	6040756015ORA
SAFETY VALVE	ARI Armaturen	DN20/32 PN40	GGG40.3	25 912	172,2	Set point ?? b.	-	10002	6040756016ORA
SAFETY VALVE	ARI Armaturen	DN25/40 PN40	GGG40.3	25 912	172,2	Set point ?? b.	-	10002	6040756017ORA
SAFETY VALVE	ARI Armaturen	DN32/50 PN40	GGG40.3	25 912	213,3	Set point ?? b.	-	10002	6040756017ORA
SAFETY VALVE	ARI Armaturen	DN40/65 PN40	GGG40.3	25 912	262,2	Set point ?? b.	-	10002	6040756018ORA
SAFETY VALVE	ARI Armaturen	DN50/80 PN40	GGG40.3	25 912	318,9	Set point ?? b.	-	10002	6040756019ORA
SAFETY VALVE	ARI Armaturen	DN65/100 PN40	GGG40.3	25 912	470	Set point ?? b.	-	10002	6040756019ORA
SAFETY VALVE	ARI Armaturen	DN80/125 PN40	GGG40.3	26 910	617,8	Set point ?? b.	-	10002	6040764000ORA
SAFETY VALVE	ARI Armaturen	DN100/150 PN40	GGG40.3	25 912	882,2	Set point ?? b.	-	10002	6040756021ORA
SAFETY VALVE	ARI Armaturen	DN20/32 PN40	1.0169-N	35 912	204,4	Set point ?? b.	-	10002	6040756022ORA
SAFETY VALVE	ARI Armaturen	DN25/40 PN40	1.0169-N	35 912	204,4	Set point ?? b.	-	10002	6040756022ORA
SAFETY VALVE	ARI Armaturen	DN32/50 PN40	1.0169-N	35 912	251,1	Set point ?? b.	-	10002	6040756023ORA
SAFETY VALVE	ARI Armaturen	DN40/65 PN40	1.0169-N	35 912	306,7	Set point ?? b.	-	10002	6040756024ORA
SAFETY VALVE	ARI Armaturen	DN50/80 PN40	1.0169-N	35 912	386,7	Set point ?? b.	-	10002	6040756024ORA
SAFETY VALVE	ARI Armaturen	DN65/100 PN40	1.0169-N	35 912	522,2	Set point ?? b.	-	10002	6040756025ORA
SAFETY VALVE	ARI Armaturen	DN80/125 PN40	1.0169-N	35 912	686,7	Set point ?? b.	-	10002	6040756026ORA
SAFETY VALVE	ARI Armaturen	DN100/150 PN40	1.0169-N	35 912	982,2	Set point ?? b.	-	10002	6040756026ORA
SAFETY VALVE, THREAD CONN.	ARI	R3/8" - R3/8"	-	VMP/140/38	43	Range 10-50...	-	20174	6040756028ORA
SAFETY VALVE, THREAD CONN.	ARI Armaturen	G1/2" - G1/2" PN100	-	ARI 67 953	70	Set point ?? b.	-	10002	6040756029ORA
SAFETY VALVE, THREAD CONN.	ARI Armaturen	G1/2" - G3/4" PN100	-	ARI 67 953	70	Set point ?? b.	-	10002	6040756029ORA
SAFETY VALVE, ZETKAMA LINNVE	Zetkama	DN??/?? PN40	-	630	0	Material ? D...	-	10294	6040756030ORA
SAFETY VALVE, ZETKAMA LINNVE	Zetkama	DN??/?? THREA...	FLUG 35-100,16	735	0	DN1??/?? 5...	-	10385	6040756031ORA

Kuva 14. Varoventtiilin tekniset ym. tiedot taulukoituna block properties tableen. (Tero Sundgren, 2017)

Kaavioissa käytettyjä yksilöllisiä nimikkeitä Alfa Laval Aalborgilla on n. 2200, joten taulukointi on aikaavievää manuaalista työtä. Toisaalta työ on monin kohdin suoraviivaista tietojen kopiointia, käsittelyä ja liittämistä taulukkoon, toisaalta taas harvoin käytettyjen nimikkeiden kohdalla blockien luominen vaatii perehtymistä ja lisätiedon hankkimista.

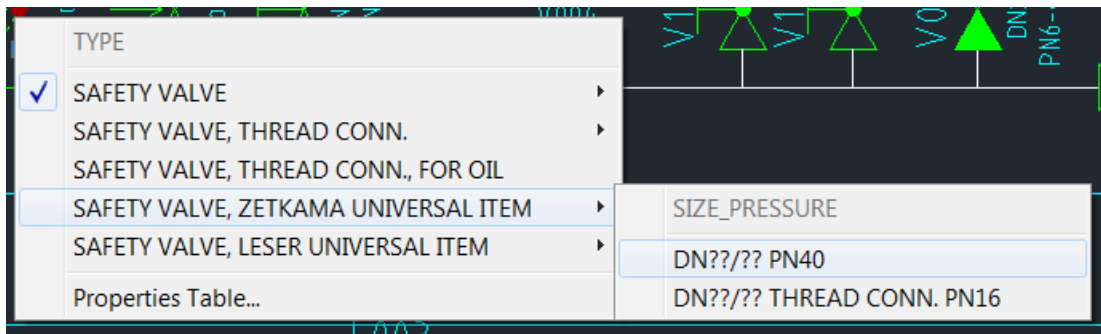


Kuva 15. Varoventtiilin valinta. Käyttäjä valitsee ensin tyyppin, jonka jälkeen valmistajan, koon ja venttiilin materiaalin... (Tero Sundgren, 2017)



Kuva 16. ...Tämän jälkeen valitulle komponentille valikoituu taulukosta yksilöivä nimketunnus (Kuvassa tag: ITEM_NO). Käyttäjän käsintäytettäväksi jää venttiilitunnus (DEVICE_POS) sekä tehtaalla asetettava avautumispaine (set point). (Tero Sundgren, 2017)

Suurin osa yhtiön PI-kaavioissa käytettävistä n. 2200 nimikkeestä on valmiiksi eritelty esimerkiksi koon, paineluokan, materiaalin ym. teknisten tietojen mukaan, jolloin käyttäjän käsinsyötettäväksi jäisi tällä toteutustavalla vain joitain kuvaavia tietoja. Jotkin harvemmin käytetyt nimikkeet ovat kuitenkin olemassa nk. yleisnimikkeinä, joille suurin osa tai kaikki tiedot ovat käsintäytettäviä.



Kuva 17. Käyttäjän on käsin syötettävä myös nimelliskoko aiemmin mainittujen venttiilitunnusten ja avautumispaineiden lisäksi.

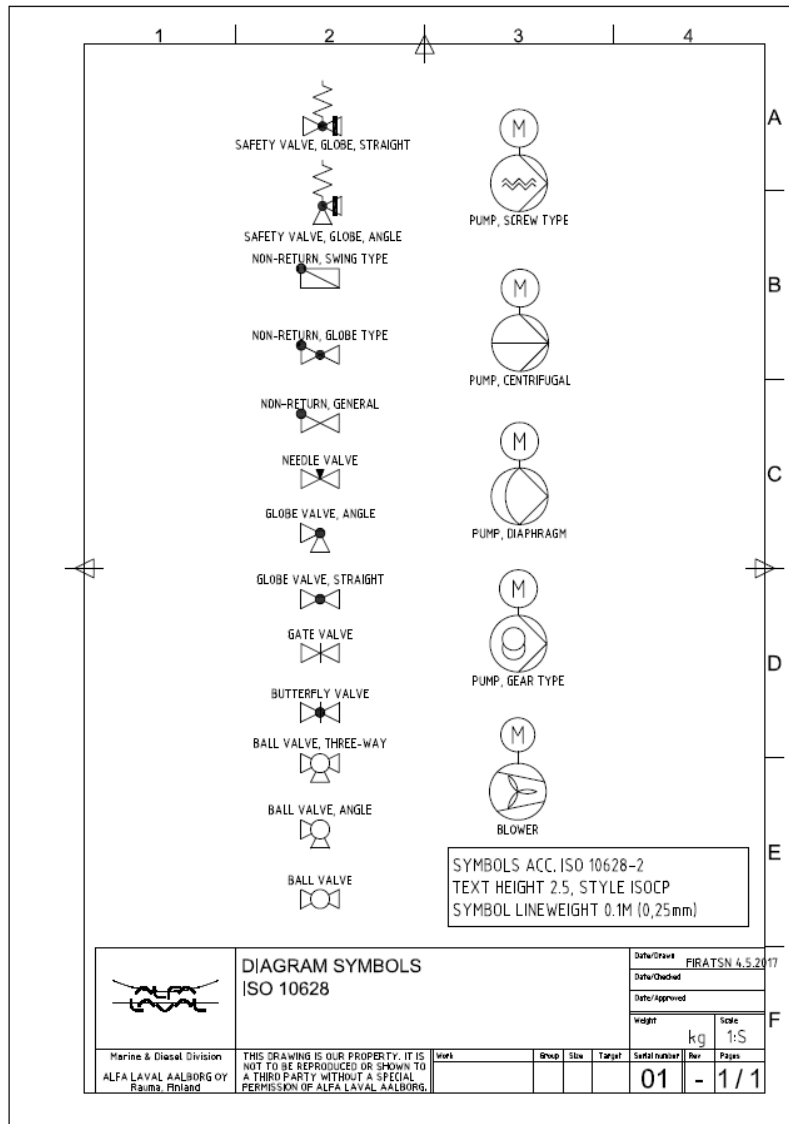
Sen jälkeen kun kaavio tai kaavion sisältämä yksittäinen laitekokonaisuus on piirretty valmiiksi, komponenttilista on tulostettavissa Excel-tiedostoksi käyttäen AutoCADin sisäänrakennettua Attribute extraction -komentoa.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
30	1	CONNECTION CODE													
31	1	CONNECTION CODE													
32	1	check valve_left	V016	10113	60207520241RA	Gestra	1.4107/1.4571	RK 76		PN6-40	DN20		24,2	NON-RETURN VALVE	
33	1	Globe valve	V001	10011	60107200262RA		GGG40.3	ARI-STOBU		PN16	DN20		48,9	GLOBE VALVE	
34	1	Globe valve	V003	10011	60107200262RA		GGG40.3	ARI-STOBU		PN16	DN20		48,9	GLOBE VALVE	
35	1	Steam trap	V013	10120	70207080157RA	Gestra	C22.8	BK 45		PN40	DN15		153,5	THERMOSTATIC TYPE	
36	1	ball valve	V014	10035	60007340304RA	ALFA VALVOLE	A105	Alfa 10N/F CS-PTFE		PN40	DN32	180C 12 b	55,9	BALL VALVE	
37	1	Globe valve	V007	10011	60107200262RA		GGG40.3	ARI-STOBU		PN16	DN20		48,9	GLOBE VALVE	
38	1	Globe valve	V012	10011	60107200255RA		GGG40.3	ARI-STOBU		PN16	DN15		40	GLOBE VALVE	
39	1	Globe valve_throttling	V002	10011	60007460220RA	ARI Armaturen	GGG40.3	22.006SK		PN16	DN20		61,1	GLOBE VALVE THRO	
40	1	Instrument_local	P001	20032	80508400255RA	WIKA	AI51316/304	233.50.100.16 bar LM G1/2B					30	PRESSURE GAUGE P	
41	1	Pressure switch	P002	20025	80008120213RA	Danfoss	1.4301/Brass	RT 116					60,5	PRESSURE SWITCH P	
42	1	Soot blower pipe	A002.1												
43	1	Control va M	V004	10165	60507940150RA	ARI Armaturen	GGG40.3	23.470		PN25	DN15		575,6	Control valve, electroni	
44	1	Globe valve	V007	10011	60107200283RA		GGG40.3	ARI-STOBU		PN16	DN40		77,8	GLOBE VALVE	
45	1	Soot blower	A002	20069	85404420185RA	Finlon		H-40						ROTATING TYPE	
46	1	Globe valve	V011	10011	60107200262RA		GGG40.3	ARI-STOBU		PN16	DN20		48,9	GLOBE VALVE	
47	1	Capacitive probe	L001	10168	81254620157RA	Gestra	1.4571/PTFE/Al	NRG 26 40					66,5	LEVEL CONTROL EIL	
48	1	Conductive probe	L002	10261	81254700157RA	Gestra	1.4571	NRG 16 50					482,6	LEVEL CONTROL EIL	
49	1	Safety valve	V001	10002	60407560136RA	ARI Armaturen	EN-JS1049	25.901					185,6	SAFETY VALVE	
50	1	Globe_NRV_Left	V003	10011	60207440304RA		GGG40.3	22.006LK					127,8	GLOBE VALVE NON F	
51	1	Safety valve	V002	10002	60407560136RA	ARI Armaturen	EN-JS1049	25.901					185,6	SAFETY VALVE	
52	1	Instrument_local	T002	20037	80808340262RA	WIKA	AI51316/304	A54/2.100.0/500C.L1-400.8.G1/2B.AL-TW45.G1/2B.AIS		PN16	DN32	180C 12 b	72	THERMOMETER WI T	
53	1	Globe valve	V009	10011	60107200276RA		GGG40.3	ARI-STOBU		PN16	DN32		67,8	GLOBE VALVE	
54	1	ball valve	V010	10035	60007340304RA	ALFA VALVOLE	A105	Alfa 10N/F CS-PTFE		PN40	DN32	180C 12 b	55,9	BALL VALVE	
55	1	Sample cooler	A003	20092	70004500150RA		AI51304						295,6	SAMPLE COOLER	
56	1	Globe valve_throttling	V008	10011	60007460227RA	ARI Armaturen	GGG40.3	22.006SK		PN16	DN25		68,9	GLOBE VALVE THRO	
57	1	level indicator	L003	10100	70108540206RA	Diesse	A105	DS Reflex					372,4	LEVEL GAUGE REFL	
58	1	Instrument_local	T003	20037	80808340248RA	WIKA	AI51316/304	A54/2.100.0/250C.L1-250.8.G1/2B.AL-TW45.G1/2B.AIS		PN16	DN25		60	THERMOMETER WI T	
59	1	Instrument_local	T001	20037	80808340262RA	WIKA	AI51316/304	A54/2.100.0/500C.L1-400.8.G1/2B.AL-TW45.G1/2B.AIS		PN16	DN25		72	THERMOMETER WI T	
60	2	Globe valve	V005	10011	60107200269RA		GGG40.3	ARI-STOBU		PN16	DN25		56,7	GLOBE VALVE	
61	2	Gauge valve	V100	20086	80007800192RA		AI51316						24	GAUGE VALVE WITH	

Kuva 18. Esimerkkikaaviosta tulostettu Excel-muotoinen komponenttilista

7.2 Symbolikirjaston päivitys

Yhtiön käytössäoleva symbolikirjasto on laadittu vanhentuneita standardeja SFS 4285 ja SFS 4286 käyttäen joten se päivitettiin voimassaolevan ISO 10628 -standardin mukaiseksi.



Kuva 19. Esimerkki ISO 10628 mukaisista kaaviosymboleista

ISO 10628 on kansainvälisesti hyväksytty ja laajalti käytetty standardi. Näinollen yhdenmukaistamalla yhtiön käyttämät piirrosmerkit tämän standardien mukaisiksi parannetaan kaavion ulkoasua sekä luettavuutta ja informaatioarvoa erityisesti asiakkaiden näkökulmasta.

Symbolien päivityksen lisäksi luotiin joitain uusia symboleja, esimerkiksi kuvassa 19 esitetyt ruuvi-, ja hammasrataspumppujen symbolit entisen yleispiirrosmerkin lisäksi.

7.3 Yleisohjeita kaavion piirtämisestä

Yhtiön käyttöön laadittiin kirjallinen yleisohje kaavionpiirtämisestä. Aikaisemmin tällaista ohjetta ei ole ollut käytössä. Ohjeen tarkoituksena on asettaa tiettyjä perusvaatimuksia ja ehtoja PI-kaavioiden ulkoasulle, koota yhteen nykyisiä yrityksessä käytössä olevia käytäntöjä sekä toimia ohjeena uusille työntekijöille.

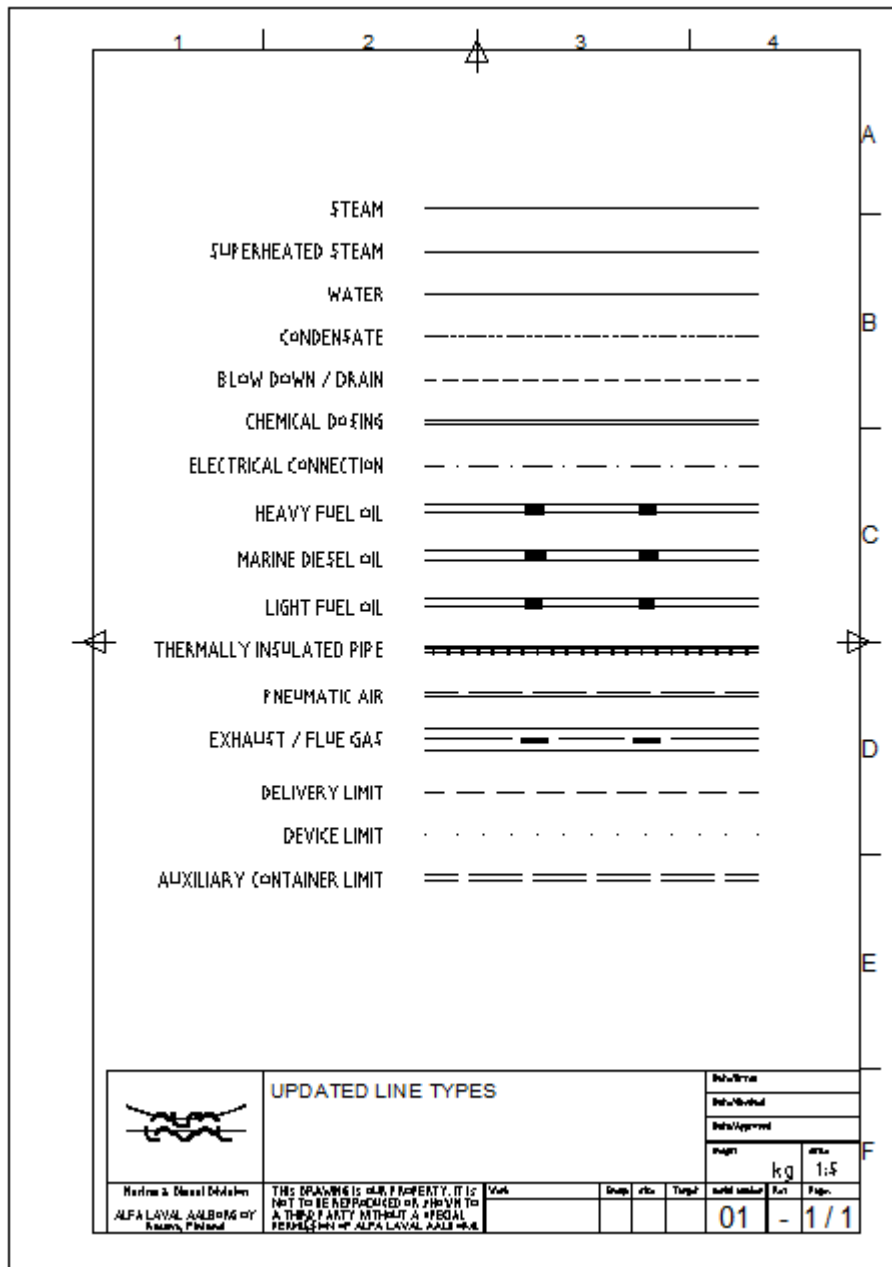
Ohjeistuksen lähtökohtana käytettiin standardien SFS EN-ISO 10628-1:2014, Specification of diagrams sekä ISO 15519-1:2010 Specification for diagrams for process industry asettamia vaatimuksia kaavionpiirtämiselle sekä Aimo Peren Koneenpiirustus 1 -kirjassa annettuja PI-kaavionlaatimisen yleisohjeita Alfa Laval Aalborg Oy:n tarpeita ja käytössä olevia käytäntöjä mukaillen. Ohjetta päivitetään tarpeen mukaan.

Laadittu yleisohjeistus on liitetty tämän raportin liitteeksi.

8 TYÖN TULOKSET JA JATKOKEHITYSKOhteet

8.1 Kaaviopohja

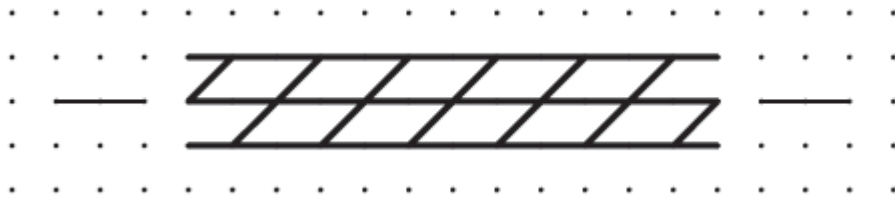
Selvitettiin käytetyn kaaviopohjan päivittämistä ja kaavioiden informaatioarvon lisäämistä luomalla lisää viivatyyppejä kuvaamaan mm. ulospuhallus- ja polttoaineputkistoja.



Kuva 20. Esimerkki mahdollisista kaavion viivatyypeistä

Lopputuloksena todettiin kuitenkin, että uusia viivatyypejä lisäämällä heikennettäisiin kaavion luettavuutta lisäämättä informaatioarvoa merkittävästi, joten toistaiseksi käytetään olemassaolevia määriteltyjä viivatyypejä.

Kaavioiden informaatioarvoa voitaisiin kuitenkin putkistojen osalta lisätä osoittamalla nykyistä paremmin eristettäväksi tulevat putkistot käyttäen esim. kuvassa 21 esitettyä ISO 10628 mukaista piirrosmerkkiä.



Kuva 21. Eristetty putki, kaaviosymboli. (SFS-EN ISO 10628-2, 42)

8.2 Symbolikirjasto

Yhtiössä käytetty symbolikirjasto päivitettiin SFS-EN ISO 10628-2 mukaiseksi ja päivitetty symbolit luovutetaan yhtiön käytettäväksi. Toistaiseksi käytetään edelleen nykyistä symbolikirjastoa ja päivitetty symbolit otetaan käyttöön myöhemmin.

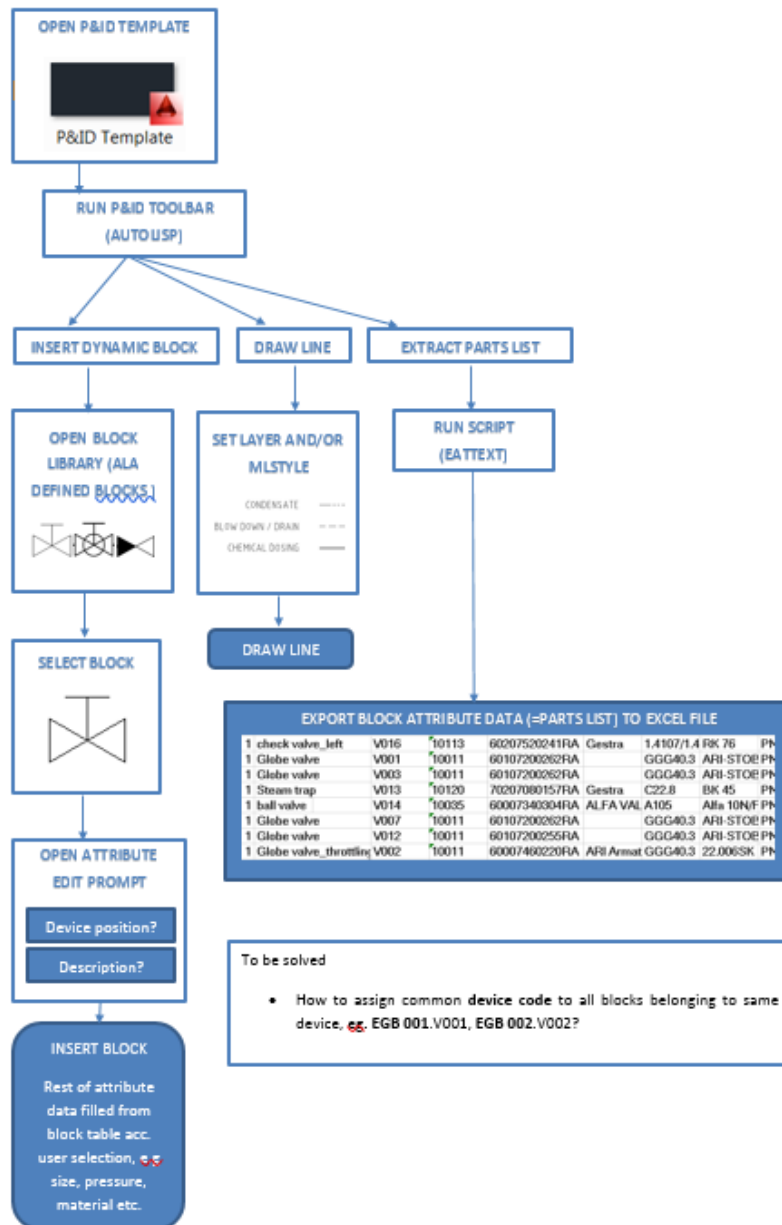
8.3 Komponenttilistatyökalu

Työn tuloksena saatiin jatkokehityskelpoinen toteutusmalli, jonka avulla PI-kaavion piirtäminen ja komponenttilistan laatiminen olisi yhdistettävissä yhdeksi työvaiheeksi.

Suurin osa kaavioissa käytetyistä nimikkeistä integroitiin työn aikana kaaviosymboleihin, mutta järjestelmä tulee vaatimaan jatkokehitystä ennen lopullista käyttöönottoa.

Kaikki keskeiset kaavionpiirtotoiminnot tulisi ennen käyttöönottoa sisällyttää omaksi työkaluvalikokseen, jonka kautta onnistuisi ainakin;

- Komponenttien lisääminen kaavioon
- Viivatyyppin valinta
- Komponenttilistan automaattinen tulostaminen



Kuva 22. Mahdollisen työkaluvalikon havainnollistava vuokaavio. (Tero Sundgren, 2017)

Edellä esitellyn työkaluvalikon/lisäohjelman laatiminen tulee vaatimaan yhtiön ulkopuolista ohjelmointiasiantuntemusta, joten sen kehittäminen ja käyttöönotto jätetään jatkekehityskohteeksi.

Markkinoilla on myös useita erityisesti PI-kaavionlaatimiseen luotuja ohjelmistoja, joista mainittakoon esimerkiksi Autodesk P&ID, jonka julkaisu ollaan kirjoitushetkellä lopettamassa Autodeskin yhdistäessä kyseistä kaavionpiirtämisohjelmistoa AutoCAD Plant 3D -ohjelmistoon. Vaihtoehtona edellä kuvaillun kaltaiselle räätälöidylle sovellukselle tulisi kartoittaa ja harkita myös näitä markkinoilla saatavilla olevia valmiita sovelluksia ja arvioida niiden käyttöarvoa Alfa Laval Aalborg Oy:ssä.

LÄHTEET

Pere, A. 1997. Koneenpiirustus 1. Espoo: Kirpe Oy.

Pere, A. 2016. Koneenpiirustus 1 & 2. Espoo: Kirpe Oy.

SFS EN-ISO 10628. Diagrams for the chemical and petrochemical industry. Part 1: Specification of diagrams (ISO 10628-1:2014). Suomen Standardisoimisliitto SFS. Helsinki: SFS.

SFS EN-ISO 10628. Diagrams for the chemical and petrochemical industry. Part 2: Graphical symbols (ISO 10628-2:2012). Suomen Standardisoimisliitto SFS. Helsinki: SFS.

SFS-ISO 14617. Graphical symbols for diagrams. Part 1: General information and indexes. (ISO 14617-1:2005). Suomen Standardisoimisliitto SFS. Helsinki: SFS.

ISO 15519. Specification for diagrams for process industry. Part 1: General rules (ISO 15519-1:2010). Suomen standardisoimisliitto SFS. Helsinki: SFS.

Alfa Laval Aalborg Oy sisäinen tietokanta, viitattu 2017.

Aalto-yliopiston automaatio- ja systeemitekniikan laitoksen www-sivut, viitattu 29.4.2017.

<http://www.autsys.aalto.fi/pub/control.tkk.fi/Kurssit/Verkkokurssit/AS-74.1102/Teoria/johdanto/lohkokaavio.html>

