

Mikko Kivistö

PI-kaavio-ohjelmisto teollisuuden LVI-suunnittelun dokumentaatiotuotannossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinööriytyö

7.4.2017

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Mikko Kivistö PI-kaavio-ohjelmisto teollisuuden LVI-suunnittelun dokumentaatiotuotannossa 36 sivua + 2 liitettä 7.4.2017
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI, suunnittelupainotteinen
Ohjaajat	Section Manager Juhani Suihkonen yliopettaja Lauri Heikkinen
<p>Insinöörityön tavoitteena oli kehittää ja luoda sisältöä LVI-suunnittelua tukevaan PI-kaavio-ohjelmistoon. Työ tehtiin Pöyry Finland Oy:lle, jossa ollaan ottamassa käyttöön Autocad P & iD -ohjelmistoa.</p> <p>Työssä tarkasteltiin virtaus- ja PI-kaavioiden suunnittelun teoriaa, sekä yleisesti LVI-suunnittelua teollisuudessa. Virtaus- ja PI-kaavioiden suunnitteluun on asetettu standardeja, joista suomalaisen PSK-standardisoinnin julkaisemat standardit ja menettelytapahjeet toimivat tämän työn teorian pohjana.</p> <p>AutoCAD P & iD -ohjelmisto on kehitetty PI-kaavioiden piirtoa ja suunnittelua varten. Ohjelmisto sisältää omia piirrosmerkkikirjastoja sekä oman tietokannan suunnittelutiedoille. Ohjelmiston kehityksen päätavoitteena oli lisätä ohjelmistoon kattavat lähtötiedot, joilla suunnittelu voidaan aloittaa. Työn lopputuloksena ohjelmistoon lisättiin piirrosmerkkejä, sekä niihin liittyvät attribuuttitiedot. Työn lopputuloksesta saatiin myös luettelo LVI-suunnittelussa käytettävistä piirrosmerkeistä, joita ehdotettiin lisättäväksi PSK-standardiin. Työssä ohjelmisto muokattiin sellaiseen tilaan, että se voidaan ottaa käyttöön pilottiprojektissa.</p>	
Avainsanat	PI-kaavio, virtauskaavio, AutoCAD P&iD

Author Title Number of Pages Date	Mikko Kivistö P&I Diagram Software in Document Production of Industrial HVAC Design 36 pages + 2 appendices 7 April 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Design Orientation
Instructors	Juhani Suihkonen, Section Manager Lauri Heikkinen, Principal Lecturer
<p>The objective of this thesis was to develop the data content and implementation of the AutoCAD P&ID software that supports industrial HVAC designing. The thesis examined the design theory of flow and P&I diagrams, along with general HVAC design in process industry. The main objective of the software modification was to develop a comprehensive data content and a project template that enables designing. The standards and instructions used as the basis of the thesis were published by an organization called PSK-standardisointi.</p> <p>The software modification included a new symbol library covering the special needs of HVAC design. The data content of all the symbols was added to the software. In addition, the symbol library was introduced to the organization PSK standardisointi to be added to the symbol standard. After modification, the software is ready to be used in a pilot project.</p>	
Keywords	PID, flow diagram, AutoCAD P&iD

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Insinööriyön tilaajan esittely	1
1.2	Työn taustaa	2
1.3	Tavoite	2
2	LVI-suunnittelu teollisuudessa	3
3	Prosessikaaviot	5
3.1	Lohkokaavio	5
3.2	Virtauskaavio	6
3.3	Putki- ja instrumentointikaavio	7
4	PI- ja virtauskaavioiden piirto ja esitystapa CAD-järjestelmällä	8
4.1	Virtaus- ja PI-kaavioiden graafiset ominaisuudet	9
4.1.1	Koordinaatisto, piirustusrajat ja origo	9
4.1.2	Mittakaava	10
4.1.3	Tasot	10
4.2	PI-kaavioiden esitystapa	12
4.2.1	Piirustuslomake	12
4.2.2	PI-kaavion layout	13
4.2.3	Piirrosmerkit	13
4.3	Merkitseminen PI-kaavioissa	14
4.3.1	Putkilinjatunnukset	14
4.3.2	Varustetunnukset	15
4.3.3	Laitetunnukset ja laitetietotaulukko	16
4.4	PI- ja virtauskaavioiden tietosisältö	17
5	Instrumentointi	17
5.1	Säätö-, mittaus- ja ohjauspiirien positio tunnukset	17
5.2	Mittaus-, ohjaus- ja säätötoimintojen piirrosmerkit	18
5.2.1	Mittauspiste	18
5.2.2	Instrumentin piirrosmerkki	19

5.2.3	Toimiyksikkö	21
5.3	Automaation piirrosmerkit	21
5.3.1	Prosessitietokoneen piirrosmerkki	22
5.3.2	Hajautetun digitaalisen automaatiojärjestelmän piirrosmerkki	22
5.3.3	Ohjelmoitavan logiikan piirrosmerkki	23
6	AutoCAD P & ID	24
6.1	Tietokanta	24
6.2	Käyttöliittymä	25
6.2.1	Työtilat (Workspaces)	25
6.2.2	Valikot (Ribbon)	26
6.2.3	Työkaluvalikko (Tool palettes)	27
6.2.4	Tietosisällön hallinta (data manager)	28
6.2.5	Projektselain (Project manager)	29
7	Ohjelmiston modifiointi dokumenttien tuotantoon	30
7.1	Yrityksen tarpeiden kartoitus	30
7.2	Ohjelmiston modifiointi	31
7.2.1	Piirrosmerkit	31
7.2.2	Putkilinjat	32
7.2.3	Työtila ja työkaluvalikko (workspaces and toolbar)	33
8	Yhteenveto	34
	Lähteet	35
Liitteet		
Liite 1. Ohjelmaan lisättävät piirrosmerkit		
Liite 2. Piirrosmerkkien attribuuttitiedot		

1 Johdanto

1.1 Insinööriyön tilaajan esittely

Opinnäytetyön tilaajana on Pöyry Finland Oy. Pöyryn tarina alkoi vuonna 1958, jolloin yritys sai ensimmäisen suunnittelutehtävän, joka oli Äänekosken uusi sulfaattisellutehdas. Ensimmäinen tehtävä oli menestys, jota seurasi uusi projekti Ruotsissa. Fiskebyn sellutehtaan suunnitteluhanke teki Pöyrystä heti ensimmäisinä toimintavuosinaan kansainvälisen yrityksen. Koko 1960-luvun Pöyry laajentui puunjalostusteollisuudessa kasvaneen kysynnän vuoksi, ja 1970-luvulle tultaessa yrityksestä tuli yksi suurimmista yksityisistä metsäalaa palvelevista konsultti- ja suunnittelu yrityksistä. Laajentuminen on jatkunut läpi vuosikymmenten. Strateginen muutos tapahtui vuonna 1993, jolloin yritys päätti laajentaa toimintonsa eri toimialoille. Nämä toimialat olivat energia-, infrastruktuuri-, ja ympäristöala. Helsingin pörssiin yritys listautui joulukuussa vuonna 1997. Nykyäänä Pöyry on kansainvälinen monialayritys, joka toimii kaikkialla maailmassa. Pöyryllä on 6000 asiantuntijaa ja toimistoja 50 maassa. Yrityksen nykyiset toimialat ovat seuraavat:

- sähkön- ja lämmöntuotantolaitokset
- sähkön siirto ja jakelu
- uusiutuva energia
- sellu- ja paperiteollisuus
- kemianteollisuus ja biojalostus
- liikennejärjestelmät
- vesi ja ympäristö
- kiinteistöt. (Pöyryn historia 2016.)

1.2 Työn taustaa

Työn taustalla on Pöyryn LVI- ja ICT-osaston tarve tuottaa teollisuuden projekteihin dokumentaatiota, ja näistä keskeisimmässä asemassa on tämän työn kannalta PI-kaavioiden (putki- ja instrumentointikaavio) tuotanto. PI-kaaviot ovat projektien onnistumisen kannalta välttämättömiä, ja niitä pidetään yhtenä tärkeimmistä dokumenteista prosessisuunnittelussa. LVI- ja ICT-osastolla ollaan ottamassa käyttöön suunnitteluohjelmistoa, joka on erikoistunut PI-kaavioiden suunnitteluun. Käyttöön otettava ohjelmisto on Autodeskin toimittama AutoCAD P & ID.

Yritys toimii prosessiteollisuuden projekteissa, joissa LVI-yksikkö on tukiosastona muille suunnittelualoille. Prosessiteollisuuden toimintatavat ja standardit vaikuttavat vahvasti myös LVI-suunnitteluun. Nämä toimintatavat ja standardit on otettava huomioon suunnittelua tehdessä ja silloin, kun talotekniikan suunnittelutoimintatavat eivät ole riittäviä tai tarkoituksen mukaisia. LVI-suunnittelijan tulee mukautua muiden suunnittelualojen käyttämiin toimintatapoihin ja omaksua teollisuuden projekteissa vaadittavat standardit ja niiden vaatimat toteutustavat. Kun toteutustavat ovat yhtenäisiä kaikilla suunnittelualoilla, säilyy dokumentaatioissa haluttu yhtenäisyys, tietosisällön samankaltaisuus, yhdistettävyyden ja laatu.

PI-kaavioiden tuotantoon on julkaistu standardeja, jotka määrittävät niissä käytettäviä piirrosmerkkejä, esitystapoja, merkitsemistä, tietojensiirtoa ja tietosisältöä. PSK-standardisointi on julkaissut useita prosessi- ja PI-kaavioiden piirtoon ja suunnitteluun liittyviä standardeja, jotka tukeutuvat kansainvälisiin ISO-standardeihin. Nämä standardit luovat teoriapohjan tälle opinnäytetyölle.

1.3 Tavoite

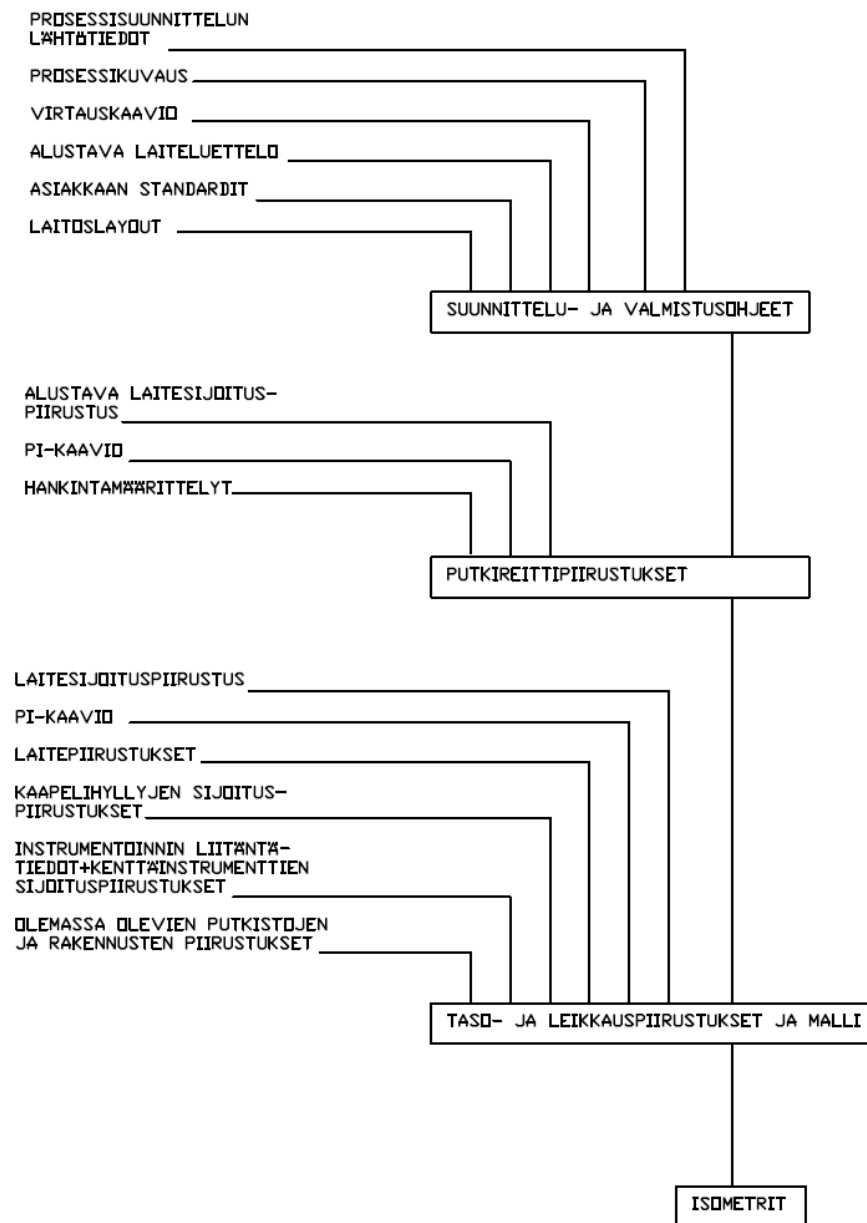
Työn tavoitteena on selvittää yleistä teoriaa ja suunnitteluperiaatteita virtaus- ja PI-kaavioiden piirtämiseen sekä valmistella ja kehittää sisältöä LVI-suunnittelua tukevaan PI-kaavio-ohjelmistoon. Teoria tukee ohjelmiston modifiointia ja asettaa vaatimustason, joka ohjelman tulee täyttää. Ohjelmistoon lisättävien piirrosmerkkien kytkentää kansainvälisiin standardeihin tarkastellaan, jotta kaavioiden tuotanto noudattelisi mahdollisimman tarkasti standardeissa annettuja määräyksiä ja esimerkkejä. PI-kaavioissa olennaisessa osassa oleva tiedonsiirto eri järjestelmien välillä otetaan huomioon piir-

rosmerkkien kartoituksessa. Työssä ohjelmistoon lisättävien piirrosmerkkien lisäystä tullaan ehdottamaan PSK-standardisoinnin ylläpitämään piirrosmerkkikirjastoon.

2 LVI-suunnittelu teollisuudessa

Teollisuuden parissa työskentelevä insinööri joutuu tavalla tai toisella tutustumaan teollisuusputkistoihin. Isoimpien teollisuusalojen kuten öljy-, kemian-, puu- ja metsäteollisuuden laitosten putkistosysteemeillä on merkittävä vaikutus laitosten kannattavuuteen. Esimerkiksi teollisuusrakennusten lämmityksen ja ilmanvaihdon oikeaoppinen suunnittelu vaikuttaa merkittävästi rakennuksen energiakulutukseen ja siten vähentää yrityksen käyttökustannuksia. (Kesti 1992: 8.)

LVI-suunnittelijan suunnittelemat putkistot ja kanavat ovat osa putkistosuunnitteluprojektia. Lämmitys- ja jäähdytysputkistot ovat putkistoja, joiden putkistosuunnittelu noudattaa teollisuusputkistoprojektin menetelmiä ja työjärjestystä. Ilmanvaihdon suunnittelussa käytetään myös virtaus- ja PI-kaaviota. Kuvassa 1 on esitetty putkistosuunnittelun vaiheet.



Kuva 1. Putkistosuunnittelun vaiheet (Pere 2009: 14-54).

LVI-suunnittelija Pöyryllä aloittaa suunnittelun alustavalla virtauskaaviolla, joka suunnitellaan asiakkaan standardien ja projektiohjeiden mukaisesti. Seuraavassa työvaiheessa virtauskaaviossa olevat laitteet sijoitetaan laitoslayoutiin, minkä jälkeen laaditaan alustava putkireittipiirustus. PI-kaavion suunnittelun ja piirtämisen jälkeen putkisto-

suunnittelijat aloittavat oman työnsä tietomallin mallintamisella. Tietomallista saadaan sekä taso- ja leikkauskuvat että isometriset putkistopiirustukset.

3 Prosessikaaviot

Prosessikaaviot voidaan jakaa karkeasti kahteen ryhmään: lohkokaavio- tai virtauskaaviotyyppeihin. Lohkokaaviossa prosessia kuvataan laatikoilla, joissa on prosessia kuvaavia tekstejä. Näitä laatikoita yhdistävät virtausviivat, jotka kuvaavat prosessissa olevia putkistoja. Virtauskaavioissa laitteet esitetään piirrosmerkeillä, joita yhdistävät virtausviivat. Virtausviivoihin merkitään virtaavien aineiden ja energioiden suunnat sekä putkistolaitteet kuten venttiilit. Prosessikaavioista on annettu yleinen ohjeistus SFS-EN ISO 10628 -standardissa. Myös suomalainen PSK-standardisointi on julkaissut sarjan ohjeistavia standardeja prosessikaavioiden suunnitteluun ja piirtämiseen. (Kippo & Tikka 2008: 90.) Tavanomaisesti käyttöhyödykkeitä käyttävät putkistot piirretään omalle prosessikaavioille. Käyttöhyödykkeillä tarkoitetaan sellaisia virtauksia, jotka ovat laitoksen toiminnan kannalta välttämättömiä. Näitä ovat muun muassa laitoksen lämmityksen-, jäähdytyksen- ja ilmanvaihdonvirtaukset. (Stewart 2012: 308.) Käyttöhyödykejärjestelmiä suunnittelee ja toteuttaa LVI-suunnittelija yhteistyössä prosessi-, automaatio- ja sähkösuunnittelijan kanssa.

Virtauskaavioiden tarkoitus on antaa kuvaus laitoksessa olevien laitteiden toiminnasta ja niiden kytkennöistä toisiinsa nähden. Lukijan tulee tuntea käytettävät piirrosmerkit ja kirjainlyhenteet. Virtauskaaviot pidetään mahdollisimman yksinkertaisina ja loogisina, jotta niiden luettavuus säilyisi hyvänä. Kaavioissa esitettyjen laitteiden perusteella suunnitellaan niiden sijoitus pohjapiirustukseen. Pohjapiirustuksen perusteella putkistosuunnittelija mallintaa ja reitittää putkistot laitteiden välille. (Parisher 2012: 134.)

3.1 Lohkokaavio

Lohkokaavion tarkoitus on antaa yleisinformaatiota ja perustiedot suunnitellusta prosessista. Myös alustavia kustannusarvioita ja laitesijoittelua suunnitellaan lohkokaaavion perusteella. (Pere 2009: 13-18.)

Lohkokaaviossa esitetään projektin alkuvaiheessa tiedossa olevat laitteet ja kohteet, joihin tuleva suunnittelu kohdistuu. Kaaviossa esitetään viivoilla virtaavien aineiden reitit, sekä prosessissa olevat laitteet yksinkertaisilla merkeillä kuten neliöillä ja ympyröillä. Lohkokaaviossa voidaan tutkia ja suunnitella laitteiden sijoituksia, myös suunnittelun suunta voidaan asettaa. Erilaisia muistiinpanoja laitteisiin tai prosessiin liittyen voidaan näyttää kaaviossa. Lohkokaavio on yleensä käytössä vain projektien aloitus- ja esisuunnitteluvaiheessa, mutta se palvelee tulevan virtauskaavion suunnittelua, johon viitataan koko projektin alusta aina luovutusvaiheeseen asti. (Stewart 2012: 301.)

3.2 Virtauskaavio

Virtauskaavio esittää nimensä mukaisesti prosessien ja laitteiden välisiä virtauksia eli laitteiden välisiä prosessikytkentöjä. Prosessikaavioiden työjärjestyksessä virtauskaavio tehdään ensimmäisessä vaiheessa, ja se tarkentuu projektin edetessä aina PI-kaavioksi asti. Alustava virtauskaavio esittää graafisesti prosessin päälaitteet, pääputkilinjat, pumput ja säätöpiirit, eli käytännössä kaikki, mitä projektin alkuvaiheessa lähtötiedoista on käytettävissä. Alustava virtauskaavio on ensimmäinen asiakkaan kanssa läpikäytävä kaavio. Mitoitetussa virtauskaaviossa vahvistetaan alustava virtauskaavio sekä lisätään ja tarkennetaan jo olemassa olevia tietoja. Mitoitetussa virtauskaaviossa esitetään putkilinjojen nimelliskoko sekä säätöpiirien piirinumero. (Pöyry 1994.) Valmiissa virtauskaaviossa putkistolle ja sen laitteille annetaan tunnuksot sekä esitetään virtaavan aineen virtausmäärä, ominaisuudet ja tilasuureet. Päälaitteille annetaan nimet ja kapasiteettia tai kokoa ilmaisevat suureet. Virtauskaavio esittää mekaaniset, fysikaaliset ja kemialliset prosessit, joihin virtaava aine joutuu. Kaikki prosessit esitetään stationääritilassa. (Pere 2009: 13-19.)

Valmis virtauskaavio esittää prosessin pääperiaatteet sisältäen sellaisia tietoja, joita käytetään suunnittelun edetessä muun muassa seuraavissa vaiheissa:

- PI-kaavioiden laatimisessa
- alustavissa laite- ja putkistoerittelyissä

- laitesijoitussuunnitelmien laatimisessa
- kustannusarvion laatimisessa
- suunnittelun ja toteutuksen eri vaiheissa osallistuvien perehdyttämiseen ja koulutukseen
- lupahakemuksissa (Pere 2009: 13-19).

Virtauskaavio esitetään samasta suunnasta projisoituna kuin PI-kaavio, jotta niiden yhteiskäyttö olisi mahdollisimman helppoa. Yksinkertaisia pystysuunnassa olevia järjestelmiä voidaan kuvata sivulta projisoituna ja laajoja pinta-aloja kattava järjestelmä esitetään projisoituna ylhäältä. (Pere 2009: 13-19.)

3.3 Putki- ja instrumentointikaavio

PI-kaavio on virtauskaavio, joka täydennetään automaatio suunnittelua varten instrumentti piirrosmerkeillä. Mittaus- ja ohjaustoiminnot kuvataan kirjainyhdistelmin, jotka kuvaavat instrumentin toimintaa ja tarkoitusta. PI-kaavio on keskeinen dokumentti prosessin automaatio suunnittelua varten. Myöhemmin PI-kaaviota tarvitaan mahdollisten prosessissa tehtävien muutosten varalle, kunnossapitoon ja prosessin kokonaiskuvan hahmottamiseen. (Kippo & Tikka 2008: 90.) PI-kaavion tarkoitus on esittää prosessin yksityiskohtainen kulku ja tekniset ratkaisut. Sen pohjalta voidaan laatia materiaalilue-
telot ja kustannusarviot. (Pere 2009: 13-23.)

PI-kaaviossa esitetään seuraavat tiedot:

- kaikki laitteet
- kaikki putket ja muut kuljetustiet
- kaikki venttiilit

- mittauspisteet ja säätöpiirit
- saatot
- tyhjennys-, puhdistus- ja ilmastusyhteet
- käyttöhyödykkeet
- laitenumerot
- putkitunnukset
- venttiilin tunnuksset
- putkiluokka- ja hankintarajat
- kaavioon tulevien virtojen osoitteet (Pere 2009: 13-23).

PI-kaaviossa instrumentointi esitetään yleisillä piirrosmerkeillä niin tarkasti kuin se on kaavion lukemisen ja ymmärtämisen kannalta välttämätöntä. Putkissa, kanavissa ja laitteissa olevat mittauspisteet sekä paikalliset lämpö- ja painemittarit esitetään niiden todellisessa sijoitus paikoissa.

4 PI- ja virtauskaavioiden piirto ja esitystapa CAD-järjestelmällä

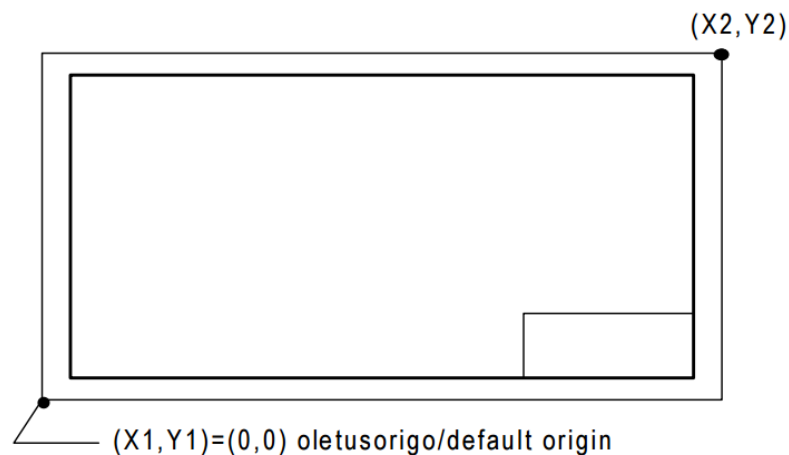
LVI-suunnittelija on vastuussa virtaus- ja PI-kaavioiden piirtämisestä ja tähän tarkoitukseen on saatavilla erilaisia CAD-järjestelmiä, jotka helpottavat kaavioiden piirtoa. PSK-standardisointi on julkaissut sarjan standardeja ja menettelytapaohjeita kaavioiden piirtoa varten. Näissä standardeissa ja ohjeissa viitataan myös ISO organisaation julkaisemiin standardeihin.

4.1 Virtaus- ja PI-kaavioiden graafiset ominaisuudet

4.1.1 Koordinaatisto, piirustusrajat ja origo

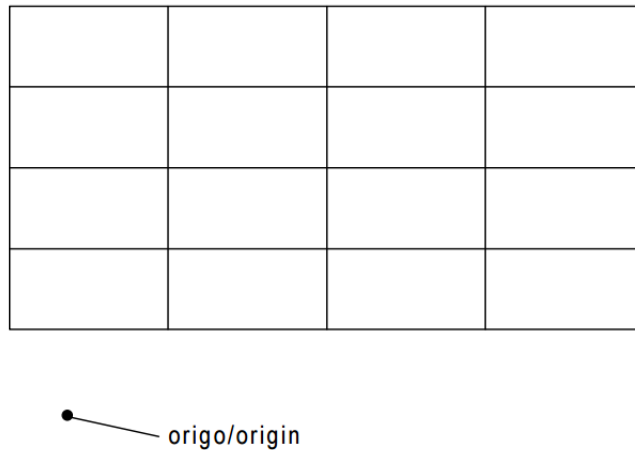
Virtauskaavioita piirrettäessä käytetään suorakulmaista koordinaatistoa, jossa piirustus taso on x, y-taso. Tällöin x-akselin suunta on vasemmalta oikealle, y-akselin suunta on alhaalta ylös ja z-akselin positiivinen suunta on katsojaa kohti. Muita paikallisia koordinaatistoja voi käyttää dokumenttien tuottamiseen, mutta dokumentteja siirrettäessä tulisi käyttää peruskoordinaatistoa. (PSK 5821 1999: 3.)

Piirustusalueelle määritetään raamit, joiden sisällä esitettävän piirustusinformaation pitää sijaita. Valmiiden raamien esitys oikeassa mittakaavassa tulee tehdä siten, että piirustus voidaan tulostaa oikeaan mittakaavaan ja paperikokoon. Origin sijainnista voidaan sopia työn tilaajan kanssa, mutta oletussijainti on piirustusalueen vasemmassa alakulmassa. Kuvassa 2 esitetään origin sijainti piirustusalueella. (PSK 5821 1999: 4.)



Kuva 2. Origin sijainti piirustusalueella (PSK 5821 1999: 4).

Aluekarttaan perustuvilla piirustusryhmillä origona voidaan käyttää tehdasalueen koordinaatiston peruspistettä. Tällöin peruspisteen ei tarvitse sijaita piirtoalueella. Tällaisia kaavioita ovat lohkokaaviot, jotka voivat kuvata tehdasaluetta ja sen osia. Kuvassa 3 esitetään esimerkki origin sijainnista aluekartassa. (PSK 5821 1999: 4.)



Kuva 3. Origo sijainti aluekartassa (PSK 5821 1999: 5).

4.1.2 Mittakaava

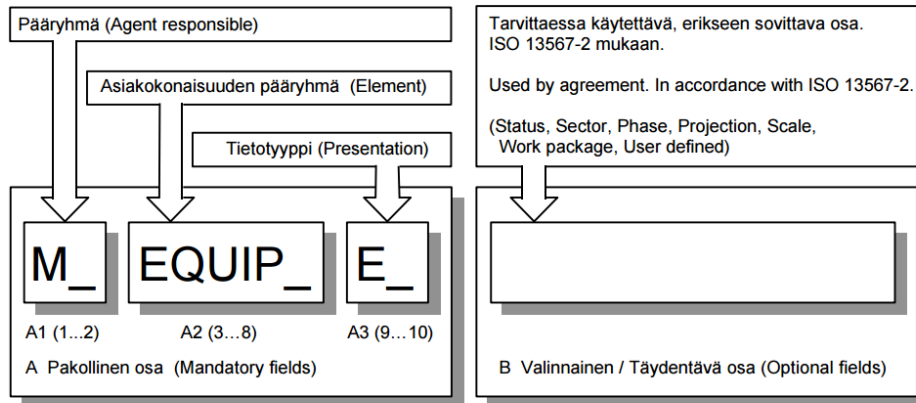
CAD-järjestelmillä piirrettäessä mittakaava on 1:1, ja perusyksikkö on millimetri. Kaavioiden kokoa muutetaan tulostettaessa halutuksi. Piirustus tulostetaan mittakaavassa, ja kaikki täydentävät osat tulostuvat oikean kokoisina. Täydentävät osat ovat

- tekstin koko
- otsikkotaulut
- piirrosmerkit
- viivat; viivan leveys, katkoviivan tiheys
- rasterikuvioiden tiheys. (PSK 5821 1999: 5.)

4.1.3 Tasot

Kaaviossa olevien objektien piirtäminen eri tasoille mahdollistaa niiden erittelyn ja yhdistelyn erilaisiin kokonaisuuksiin. Asiakokonaisuuksissa olevat graafiset merkit piirretään aina samalle tasolle suunnittelualasta riippumatta. (PSK 5821 1999: 6.)

Tasojen nimeämisessä käytetään merkkejä A–Z ja 0–9 sekä alaviivaa merkitsemään varausta tai määrittelemätöntä ominaisuutta. Alaviiva toimii niin sanottuna tilavarauksena. Tasojen pakollinen osa sisältää 10 merkkiä, ja se koostuu kolmesta kentästä, jotka on esitetty kuvassa 4. (PSK 5821 1999: 6.)



Kuva 4 Tasojen nimeäminen

Fig. 4 Naming of the layers

Kuva 4. Tasojen nimeäminen CAD-ohjelmaan (PSK 5821 1999: 6).

Pääryhmien tunnuksia on listattu PSK 5821 -standardissa. LVI-suunnittelijalle tärkeimmät pääryhmien tunnuksia ovat

- T_ Putkisto
- V_ Lämpö, Vesi ja Ilma
- I_ Instrumentointi.

Asiakokonaisuuden pääryhmään eritellään laitteet, putkistovarusteet sekä erilaiset virtaavat aineet putkistossa. Virtaavien aineiden kohdalla käytetään niiden englanninkielistä lyhennettä kokonaisuudessaan. Virtaavien aineiden lyhenteitä on esitetty PSK-0901 -standardissa. Laitteiden, instrumentoinnin ja muiden asiakokonaisuuksien kanssa käytetään merkintää **EQUIP_**. (PSK 5842 MEN 2000: 3.)

Tietotyyppi on tason graafinen tarkennin. Nämä tarkentimien merkitykset on annettu PSK 5842 MEN -standardissa, ja ne ovat seuraavat:

- E_ Viivat yleisesti
- H_ Leikkausviivoitus

- T_ Tekstit
- D_ Mitoitus
- B_ Lomake
- K_ Muutosmerkinnät
- O_ Otsikkotaulut, Leimat.

Jos tasojen nimeämisestä kuitenkin poiketaan, on tehtävä riittävät dokumentaatiot CAD-asiakirjojen liitteeksi. (PSK 5842 MEN 2000: 8.)

PSK 5842 -menettelyohjeessa on määritelty LVI-laitteille ja ilmastointikanaville omat tasot. Taulukossa 1 on esitetty LVI-laitteiden tasojen nimet sekä AutoCAD-värikoodit.

Taulukko 1. LVI-laitteiden tasojen nimet ja värit (PSK 5842 2000: 8).

LVI		
tason nimi	väri	sisältö
V_EQUIS_E_	4	Saniteettivarusteet
V_EQUIV_E_	4	Ilmastointilaitteet
V_EQUIH_E_	4	Lämmityslaitteet
V_EQUIC_E_	4	Jäähdytyslaitteet
Ilmastointikanavat		
tason nimi	väri	sisältö
V_DUCTS_E_	5	Grafiikka
V_DUCTS_H_	5	Leikkausviivoitus
V_DUCTS_D_	9	Kanavien mitoitus

4.2 PI-kaavioiden esitystapa

4.2.1 Piirustuslomake

PI-kaavioiden piirustuslomakkeilla on kolme peruskokoa:

- Erikoispitkälle arkille tulostettuja kaavioita, joissa laitteisto on sijoitettuna yhteen vaakalinjaan prosessin etenemisjärjestyksessä.

- Isolle standardiarkille A0, jossa laitteisto sijoitetaan useampaan eri vaakalinjaan.
- Pienelle standardiarkille A3, jossa laitteisto on sijoitettu yhteen vaakalinjaan

CAD-ohjelmistolla piirrettäessä piirustus raamien koko on yleensä kokoa A1, joka pystytään tulostamaan kokoon A3. (PSK 3603 2012: 5.)

4.2.2 PI-kaavion layout

PI-kaavioiden suunnittelussa ja piirtämisessä jätetään otsikkotaulun yläpuolelle tyhjää tilaa. Tähän tyhjään tilaan voidaan sijoittaa muutostietotaulukko, piirrosmerkkien selitykset ja laitetietotaulukot. Laitteiden sijoituksessa kaavioon huomioidaan niiden todellinen kytkentäjärjestys sekä laitteiden korkoasema niin, että alhaalla olevat laitteet sijoitetaan kaavion alaosaan ja ylhäällä olevat laitteet kaavion yläosaan. Kaaviossa laitteet sijoitetaan laitesijoituspiirustusten mukaan. Laitteiden sijoituksessa kaavioon tulee huomioida myöhemmin lisättävien instrumenttien vaatima tila. (PSK 3603 2012: 7.)

PI-kaaviossa olevien putkilinjojen virtaussuunnat esitetään virtausnuolin. Virtausnuolet sijoitetaan laitteiden liittymiin ja putkien kulmiin ennen suunnanmuutosta. Pienempiin putkiosuuksiin kuten venttiilien ohituksiin ei ole tarvetta merkitä virtaussuuntaa. (PSK 3603 2012: 8.) Kaavioon piirrettävien putkilinjojen keskinäisten etäisyyksien tulee olla vakio. Näin kaavion luettavuus pysyy selkeänä, vaikka putkilinjojen määrä kaaviossa lisääntyisi. (PSK 3603 2012: 9.)

4.2.3 Piirrosmerkit

PI-kaavioiden suunnittelussa käytetään PSK 3601 -standardin määrittämiä piirrosmerkkejä. Standardissa oleva piirrosmerkkikirjasto pohjautuu kansainvälisiin standardeihin. (PSK 3603 2012: 6.) LVI-suunnittelun kannalta piirrosmerkkikirjastosta ei ole kaikkia tarvittavia piirrosmerkkejä, mutta standardi PSK 3603 ohjeistaa uusien piirrosmerkkien luonnissa. Piirrosmerkin pitää kuvastaa laitteesta vakiintuneesti käytettyä symbolia tai muuta piirrosmerkkiä, joka parhaiten kuvaa kyseistä laitetta. Virtauskaavioissa voidaan myös käyttää koneen tai laitteen kuvaamiseen yleismerkkiä, jota tarvittaessa tarkennetaan tekstillä.

Isot laitteet, kuten säiliöt, piirretään oikean muotoisina, ja jos prosessin kannalta on oleellista, näytetään mahdolliset laitteen sisällä olevat komponentit. (PSK 3603 2012: 9.) Piirrosmerkkien koon tulee vastata niiden todellisia suuruussuhteita ja jos laitteen todellisella asennolla on merkitystä sen toimintaan, myös se näytetään piirrosmerkeillä kaaviossa. Standardisoituja piirrosmerkkejä voidaan yhdistellä erilaisiksi kokonaisuuk- siksi, jotka kuvaavat laitetta tai haluttua kokonaisuutta. Käytössä olevilla piirrosmerkeil- lä luodaan näin uusia piirrosmerkkejä. (Pere 2009: 13-1.) Yhdistämällä piirrosmerkkejä LVI-suunnittelija voi luoda erilaisia kokonaisuuksia käyttöönsä. Ilmankäsittelykoneet ovat laitteita, jotka sisältävät useita eri komponentteja. Tällaiset laitteet esitetään kaavi- oissa käytössä olevilla piirrosmerkeillä. Automaation ja instrumentoinnin piirrosmerkit esitellään tämän raportin luvussa 5 Instrumentointi.

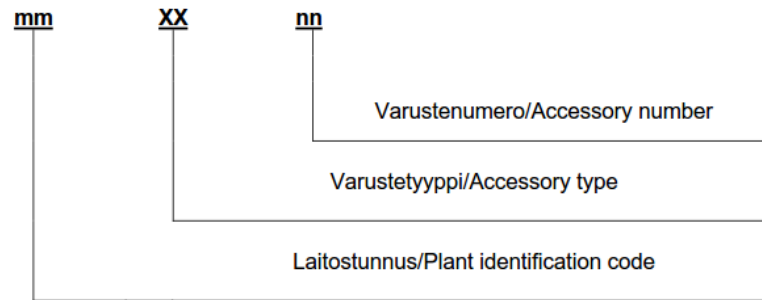
4.3 Merkitseminen PI-kaavioissa

PSK 3603 -standardi sisältää merkitsemisohjeen, jota käytetään silloin kun laitoksella, asiakkaalla tai projektilla ei ole käytössä omaa merkitsemisohjetta. Standardi esittää merkitsemiselle toteuttamistavan, jota tämä luku käsittelee.

4.3.1 Putkilinjatunnukset

PI-kaavioiden perusinformaatioon SFS-EN ISO 10628 -standardin mukaan kuuluu esit- tää putkiston nimellishalkaisija, paineluokka, materiaali ja tyyppi. Tyyppi voi olla putki- linjan numero, putkituksen luokka tai identifiointinumero. Putkilinjatunnuksen käyttö prosessi ja putkistopiirustuksissa nopeuttaa ja selkeyttää niiden lukemista. Tunnukset ovat hyödyllisiä putkiston rakentamisessa, tarkastuksessa sekä käytön ja kunnossapi- don yhteydessä. (Pere 2009: 13-15.)

Kuvassa 5 esitetään esimerkki putkilinjatunnuksesta. Eri yrityksillä on omat käytännöt putkilinjatunnusten esittämiseen. Putkilinjatunnuksen rakenteeseen vaikuttaa putkisto- kokonaisuuden laajuus. Pienissä kokonaisuuksissa ei ole tarpeellista esittää laitostun- nusta, kun taas suurissa kokonaisuuksissa esitetään laitos- tai aluetunnus, jossa putki- linja sijaitsee. Putkilinjan linjanumero on juokseva numero, joka identifioi ja antaa put- kisto-osuudelle nimen. (Pere 2009: 13-16.)



Kuva 6. Varustetunnus (PSK 3603 2012: 17).

Taulukko 2. Varusteiden kirjainlyhenteet (PSK 3603 2012: 18).

Lyhenne XX Abbreviation XX	Varuste	Piping accessory
A	Lauhteenpoistin	Steam trap
B	Palje	Bellows
BF	Sokeointivaruste	Blind
D	Kalvoventtiili	Diaphragm valve
E	Näkölasi	Sight glass
F	Suodatin, mudanerotin	Filter, dirt trap
G	Istukkaventtiili	Globe valve
H	Palloventtiili	Ball valve
K	Läppäventtiili	Butterfly valve
M	Letku	Hose
N	Neulaventtiili	Needle valve
P	Tulppaventtiili/Letkuventtiili	Plug valve/Pinch valve
R	Takaiskuventtiili	Check valve
RB	Säätöpanta	Adjustment collar
S	Luistiventtiili	Gate valve
V	Venttiili (yleensä)	Valve (general)
X	Muu varuste	Other accessory
Y	Varolaite	Safety device
W	Kuristuslevy	Orifice plate

4.3.3 Laitetunnukset ja laitetiesotaulukko

Laitetunnukset laaditaan samoin periaattein, kun varustetunnukset. PSK 3603 -standardissa on esitetty kirjainlyhenteet erilaisille päälaitteille, joita käytetään tunnuksia luodessa. Laitetiesotaulukossa esitetään kaaviossa olevan päälaitteen suunnitteluarvot. Tavallisesti tämä taulukko on sijoitettu laitteen lähelle osoitinviivaa käyttäen. Taulukossa esitettävä tieto muokataan laitetyypille sopivaksi. (PSK 3603: 13–14.)

4.4 PI- ja virtauskaavioiden tietosisältö

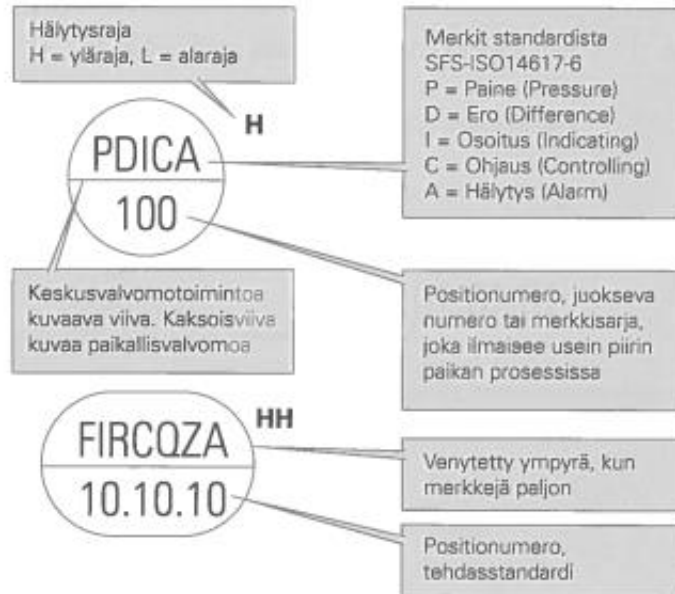
Tietosisällöllä tarkoitetaan tietoa, joka on esillä kaavion paperisessa tulostusversiossa ja sähköisessä CAD-järjestelmällä luodussa tiedostossa. Sähköisessä CAD-tiedostossa on attribuuttitietoja, jotka on linkitetty laitteen piirrosmerkkiin. Näitä tietoja päästään järjestelmästä käsittelemään ja muokkaamaan. (PSK 3602 2008: 1–2.) Tietosisällölle on esitetty minimivaatimuksia PSK 3602 -standardissa.

5 Instrumentointi

Instrumentointi terminä tarkoittaa laitteita, jotka määrittävät prosessin tilaa ja toimintaa. Instrumentoinnilla ohjataan ja säädetään prosessia toimimaan halutulla tavalla. Laitteet, jotka luetaan instrumentointiin, ovat muun muassa mittausanturit, mittalähettimet, mittauslaitteet, prosessiliitännät sekä ohjattavat ja säädettävät laitteet. Säädettävät laitteet tarkoittavat esimerkiksi prosessissa olevia venttiilejä, moottorihjauksia ja asennoittimia. (Kippo & Tikka 2008: 43.) Prosessiteollisuuden ja laitosten mittaus- ja säätötekniikan laitteiden eli instrumenttilaitteiden suunnittelussa ja kuvaamisessa käytetään erilaisia tunnuksia ja piirrosmerkkejä. Tunnuksilla ja piirrosmerkeillä kuvataan instrumentoinnin periaate ja toiminta niin, että se olisi helposti tulkittavissa. Nämä merkit ja tunnuksukset kuvaavat laitteiden toimintaa, ei niiden rakennetta. (Pere 2009: 12-1.) Instrumentoinnin piirrosmerkit on esitetty PSK 3601 -standardissa, jossa on myös esitetty instrumentoinnin viivatyyppit.

5.1 Sääto-, mittaus- ja ohjauspiirien positio tunnuksukset

PI-kaaviossa sääto-, mittaus- ja ohjaustoiminnot esitetään piirrosmerkkejä ja tunnuskirjaimia käyttäen. Nämä ovat nimeltään positiotunnuksia, joita käytetään prosessikaavioissa. Positiotunnuksukset ovat kirjainyhdistelmiä, jotka sijoitetaan instrumenttiympyrän sisään (kuva 7).



Kuva 7. Instrumenttiympyrän sisältö (Kippo & Tikka 2008: 93).

Kirjainyhdistelmästä kaavion lukija saa tietoonsa esitetyn toiminnon. Standardissa SFS-ISO 14617-6 on esitetty PI-kaavioissa käytettyjä tunnuskirjaimia sekä niiden selityksiä. Tunnuskirjaimista ensimmäinen kuvaa mitattavaa tai ohjattavaa suuretta, ja toinen merkki voi olla suuretta tarkentava merkki. Loput merkit kuvaavat instrumentin toimintaa. Instrumenttiympyrässä oleva numerosarja voi olla laitteiden juokseva numero tai tehdaskohtainen erikseen määrätty numero, joka yksilöi laitteen ja antaa sille nimen. (Kippo & Tikka 2008: 90.)

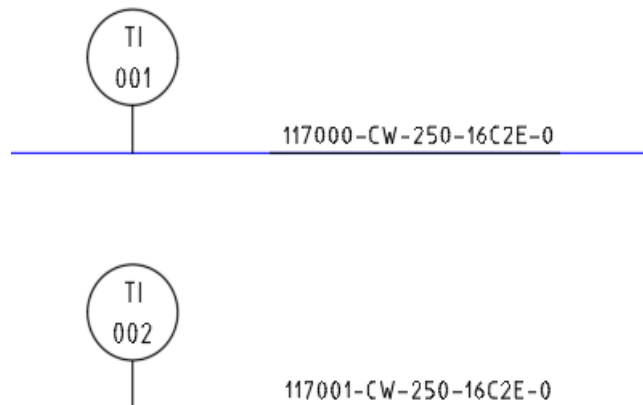
5.2 Mittaus-, ohjaus- ja säätötoimintojen piirrosmerkit

PI-kaaviossa esitettävien mittaus-, ohjaus, ja säätötoimintoja kuvataan piirrosmerkeillä. Perusmerkit voidaan jakaa mittauspisteisiin, instrumentteihin, valvomoinstrumentteihin, toimielimiin, toimilaitteisiin ja toimiyksikköihin.

5.2.1 Mittauspiste

Mittauspisteen (kuva 8) piirrosmerkki on kapea viiva, joka yhdistää virtausviivan ja instrumentti symbolin. Virtausviivassa olevan mittauspisteen esitystä voidaan selventää

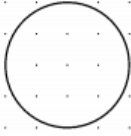
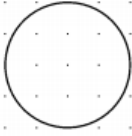
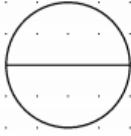
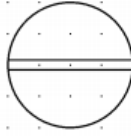
käyttämällä halkaisijaltaan 2,5 mm olevaa ympyrää, joka yhdistää signaaliiviivan ja instrumenttiympyrän. (Pere 2009: 12-1.)



Kuva 8 Esimerkkikuva mittauspisteestä ja instrumenttiympyrästä putkilinjassa.

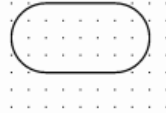
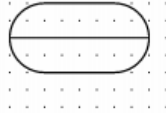
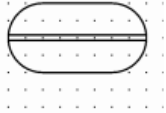
5.2.2 Instrumentin piirrosmerkki

Instrumentin piirrosmerkki (kuva 8) on 10 mm halkaisijaltaan oleva ympyrä, jonka sisälle kirjoitetaan standardissa SFS-ISO 14617-6 esitettyjä kirjaintunnuksia. Tunnuksesta selviää instrumentin mitattava suure ja sen toiminta. (Pere 2009: 12-1.) Instrumenttiympyrä ilman sen halkaisevaa viivaa, kuten kuvassa 8, on paikallinen kenttäinstrumentti. Mittaus-, ohjaus- ja säätötoimintojen instrumenttipiirrosmerkit esitetään kuvassa 9.

Aiheryhmä 50 Subject group 50		Mittaus-, ohjaus- ja säätötoiminnot Measurement and control functions	
			
A5001 Instrumentti (yleinen) Instrument (general)	A5001 Kenttäinstrumentti Local instrument	A5002 Valvomoinstrumentti Instrument in control room	A5003 Instrumentti paikalli- sessa ohjauspaikassa Instrument in local panel

Kuva 9. Mittaus-, ohjaus- ja säätötoimintojen instrumenttipiirrosmerkit (PSK 3601 2012: 33).

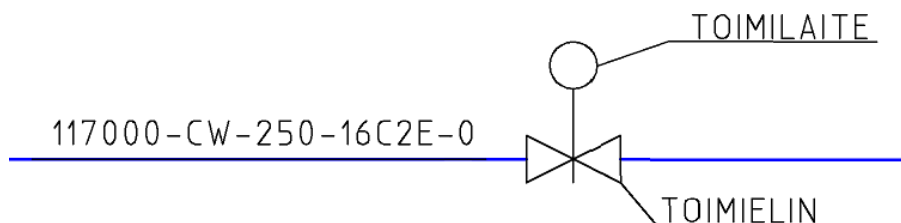
Valvomoinstrumentin ja instrumentin piirrosmerkki on suurilta osin samanlainen. Valvomoinstrumentin (kuva 9) piirrosmerkissä ympyrässä on yksi poikkiviiva, joka erottaa sen instrumentin piirrosmerkistä. Jos ympyrässä on kaksi poikkiviivaa, on kyseessä apuvalvomoinstrumentti. (Pere 2009: 12-1.) Piirrosmerkkejä (kuva 10) venytetään tarvittaessa, jotta kaikki tarvittava tieto saadaan mahtumaan instrumenttiympyrän sisälle. (Pere 2009: 12-1.)

		toimii
		
A5004 Kenttäinstrumentti, venytetty Local instrument, long	A5005 Valvomoinstrumentti, venytetty Instrument in control room, long	A5006 Instrumentti paikallisessa paneelissa, venytetty Instrument in local panel, long

Kuva 10. Mittaus-, ohjaus- ja säätötoimintojen instrumenttipiirrosmerkit (PSK 3601 2012: 33).

5.2.3 Toimiyksikkö

Toimielimellä kuvataan laitetta, jota toimilaitte ohjaa. Tällainen toimielin on esimerkiksi venttiili. Kun toimielin ja toimilaitte yhdistetään, voidaan puhua kokonaisuudesta nimellä toimiyksikkö (kuva 11).



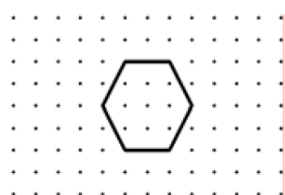
Kuva 11. Toimilaitte ja toimielin muodostavat toimiyksikön.

5.3 Automaation piirrosmerkit

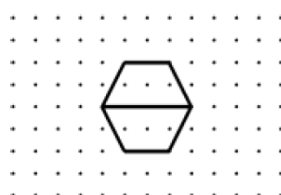
Instrumentoinnin ja automaation piirrosmerkkien tarkoituksena on kuvata automaatiojärjestelmien toimintaa prosessin mittauksessa, ohjauksessa ja säädössä sekä antaa lukijalle tietoa prosessitietokoneiden, instrumenttien ja hajautettujen digitaalisten automaatiojärjestelmien yhteistoiminnasta. (Pere 2009: 12-10.)

5.3.1 Prosessitietokoneen piirrosmerkki

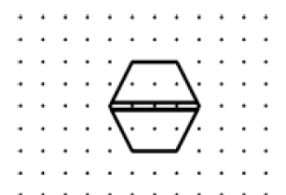
Prosessitietokone on laite, joka pystyy käsittelemään prosessitietoja reaaliaikaisesti, sekä toteuttamaan määrättyjä automaatio toimintoja. Prosessitietokoneen piirrosmerkki (kuva 12) on kuusikulmio, jonka tasaisien sivujen etäisyys toisistaan on noin 10 mm. (Pere 2009: 12-11.)



5021
Prosessitietokone-
toiminto kentällä
Computer based
function, field



5022
Prosessitietokone-
toiminto valvomossa
Computer based
function in control room



5023
Prosessitietokone-
toiminto paikall. paneeli
Computer based func-
tion in local control room

Kuva 12. Prosessitietokoneen piirrosmerkki. (PSK 3601 2012: 34)

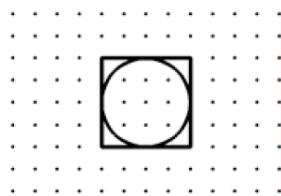
Prosessitietokoneen piirrosmerkkiä täydennetään kirjaintunnuksilla, joita käytetään myös instrumenttien piirrosmerkkien kanssa. Laitteentunnus lisätään tarvittaessa piirrosmerkin sisälle. (Pere 2009: 12-11.)

5.3.2 Hajautetun digitaalisen automaatiojärjestelmän piirrosmerkki

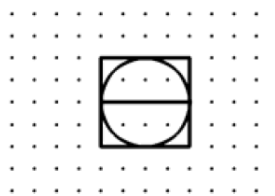
Hajautettua digitaalista automaatiojärjestelmää käytetään laajojen ja monimutkaisien järjestelmien ohjauksessa. Tyypillisiä kohteita tällaiselle automaatiojärjestelmälle ovat suuret teollisuuden prosessit kuten esimerkiksi voimalaitokset, paperi- ja sellutehtaat. Hajautettu järjestelmä sisältää ohjaustason, ohjausyksikön ja hajautetut ohjausyksiköt. Ohjausyksikkö pystyy vastaanottamaan hajautetuilta ohjausyksiköiltä tulevaa mittaus-tietoa ja laskemaan ohjauslaitteille annettavat säätöarvot ja lähettämään ne edelleen hajautetuille ohjausyksiköille. Hajautetut ohjausyksiköt sijoitetaan lähelle ohjattavaa

prosessia, mikä säästää ylimääräisten kaapelointien tekemistä laitteiden välille. Ohjausyksiköt kommunikoivat keskenään kenttäväylää hyväksikäyttäen. Hajautettuina ohjausyksikköinä voidaan käyttää koneiden ohjausyksikköjä sekä ohjelmoitavia logiikoita.

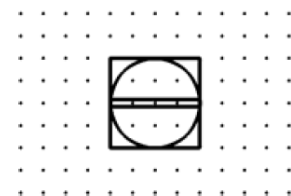
Kuvassa 13 esitetään hajautetun automaatiojärjestelmän piirrosmerkki, joka sijaitsee valvomossa. Piirrosmerkkiä täydennetään kirjaintunnuksin antamaan tietoa laitteen toiminnasta.



5011
Ohjausjärjestelmä
kentällä
Control system, field



5012
Ohjausjärjestelmä
valvomossa
Control system in
control room

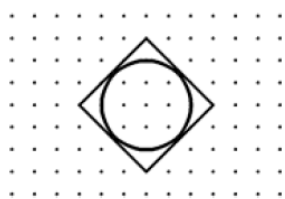


5013
Ohjausjärjestelmä
paikallisessa paneelissa
Control system in local
panel

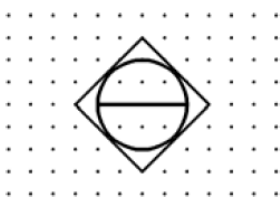
Kuva 13. Hajautetun digitaalisen automaatiojärjestelmän piirrosmerkki. (PSK 3601 2012: 33)

5.3.3 Ohjelmoitavan logiikan piirrosmerkki

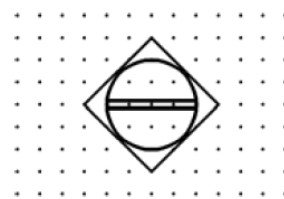
Ohjelmoitava logiikka on yksittäinen laite, joka hoitaa yksittäistä prosessin osaa itsenäisesti. Laitteeseen on ohjelmoitu looginen toimintatapa, jolla se säätää ja ohjaa prosessia. Ohjelmoitava logiikka liittyy koko prosessin automaatioon liityntäyksiköiden kautta samalla periaatteella kuin hajautetussa digitaalisessa automaatiojärjestelmässä. (Kippo & Tikka 2008: 54.) Kuvassa 14 on esitetty ohjelmoitavan logiikan piirrosmerkki.



5051
Ohjelmoitava logiikka
(PLC), paikallinen
Programmable logic
controller (PLC), field



5052
Ohjelmoitava logiikka
(PLC), valvomo
Programmable logic
controller (PLC), in
control room



5053
Ohjelmoitava logiikka
(PLC), paikallinen
paneeli
Programmable logic
controller (PLC) in local
panel

Kuva 14. Ohjelmoitavan logiikan piirrosmerkki. (PSK 3601 2012: 34)

6 AutoCAD P & ID

AutoCAD P & ID on Autodeskin suunnittelema piirto-ohjelma, joka on erikoistunut virtauskaavioiden piirtoon. Ohjelma itsessään sisältää piirrosmerkkikirjastoja, joihin käyttäjä pääsee käsiksi *tool palette* -valikoiden kautta ja voi näin tuoda piirrosmerkin auki olevaan kaavioon. Älykkäät piirrosmerkit ja virtausviivat ymmärtävät keskinäiset kytkentänsä. Ohjelma toimii projektitympäristössä ja projekteissa voi työskennellä useampi suunnittelija samanaikaisesti. Ohjelman käyttäjät voivat luoda omia suunnitteluympäristöjään, jotka ovat yrityksen toimintatapojen mukaisia. (Getting Started Guide 2013: 1.) Ohjelmassa toimii yhteistyössä kaksi eri ohjelmistoa, jotka linkittyvät yhteisen ja samassa ohjelmassa toimivan tietokannan kautta. AutoCAD P & ID, joka on tarkoitettu virtauskaavioiden piirtoa varten, sekä AutoCAD Plant 3D, jolla mallinnetaan putkistot kolmiulotteiseen tietomalliin. Tästä tietomallista saadaan niin pohjapiirustukset kuin isometriset putkistopiirustuksetkin.

6.1 Tietokanta

AutoCAD P & ID -ohjelma toimii projektitympäristössä luoden oman tietokannan projektin tietosisällölle. Ohjelma luo uusille projekteille useita tiedostoja, joissa on projektin tietosisältö, rakenne sekä projektin pohjatiedosto. (Tailoring AutoCAD P&ID and AutoCAD Plant3D 2017: 5) Uutta projektia luodessa on suositeltavaa käyttää yhtä muo-

kattua pohjatiedostoa. Tämä pohjatiedosto on siis syytä luoda ja muokata ennen varsinaisten projektien aloitusta. (Tailoring AutoCAD P&ID and AutoCAD Plant3D 2017: 9.)

Projektit voivat käyttää paikallista ja serverille tallennettua tietokantaa. Ohjelma käyttää SQLite-formaattia paikalliselle tietokannalle. Serverille tallennettuna tietokantana voidaan käyttää SQL-serveriä tai SQL server expressiä. Tietokannan valintaan vaikuttaa projektia muokkaavien käyttäjien määrä. Jos käyttäjiä on samassa projektissa useita, on suositeltavaa käyttää SQL serveriä. (Tailoring AutoCAD P&ID and AutoCAD Plant3D 2017: 19–20.)

6.2 Käyttöliittymä

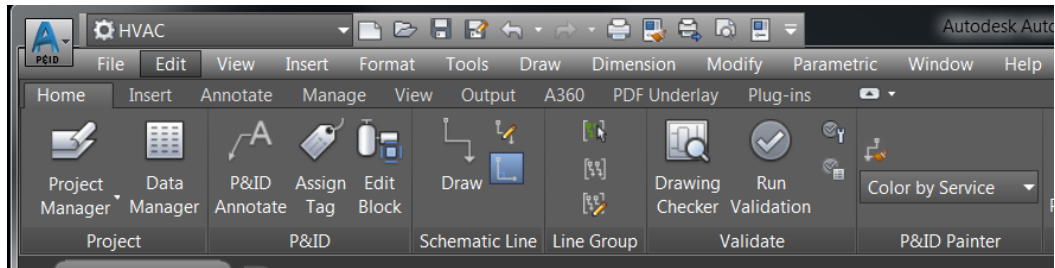
AutoCAD P & ID -ohjelman käyttöliittymä muistuttaa AutoCADin käyttöliittymää, ja se onkin sen laajennusosa. Tämä laajennusosa käyttää AutoCADistä tuttuja valikoita ja toimintoja, joita on modifioitu paremmin soveltuvaksi PI-kaavioiden piirtoon. AutoCAD P & ID:ssa on valmista sisältöä ja ominaisuuksia, joilla kaavioiden piirron voi aloittaa suoraan ohjelmiston asennuksen jälkeen.

6.2.1 Työtilat (*Workspaces*)

Workspaces eli työtilat ovat valmiiksi suunniteltuja työskentely-ympäristöjä, joilla nopeutetaan ja tehostetaan kaavioiden piirtoa. AutoCAD P & ID sisältää valmiiksi viisi erilaista työtilaa, jotka pohjautuvat eri standardien piirrosmerkkikirjastoihin. Valitsemalla työtilan, ohjelma automaattisesti muokkaa käyttöliittymää työtilan määrittelemäksi. Työtila määrittelee näkyvät valikot sekä näyttää *tool palette* -valikossa vain valitun työtilan standardin tai yrityksen standardin mukaiset piirrosmerkit. (Getting Started Guide 2013: 2) Uusia työtiloja voidaan luoda yrityksen käyttämien standardien ja toimintatapojen mukaan. Käyttöliittymä on muokattavissa eri suunnittelualojen toimintoihin sopiviksi.

6.2.2 Valikot (*Ribbon*)

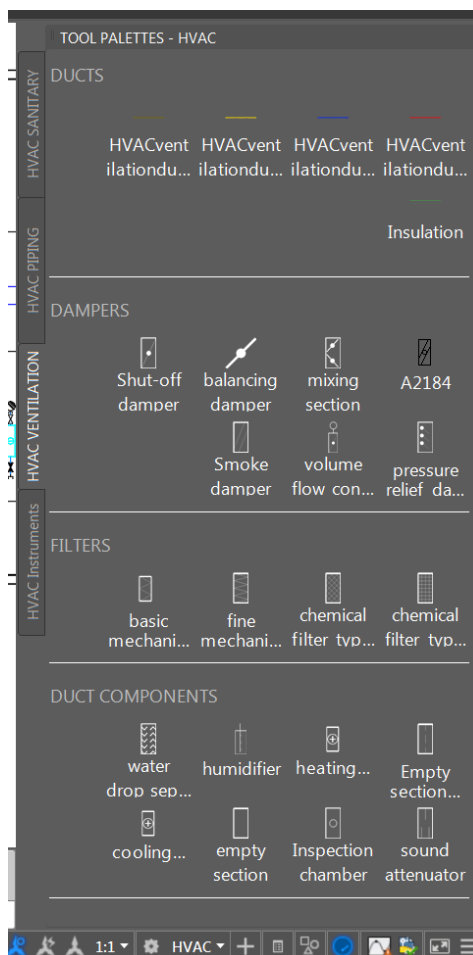
P & ID:n mukana tulevat valikot antaa käyttäjille pääsyn ohjelman eri toimintoihin. *Ribbon*-valikosta (kuva 15) pääsee käsiksi kaavioiden piirto- ja muokkaustyökaluihin sekä *projekti*- ja *data manager* -valikoihin. (Getting Started Guide 2013: 5.) Valikot ovat muokattavissa ja niissä näytettävien työkalujen järjestystä voidaan muokata käyttäjän valitsemiin asetuksiin.



Kuva 15. *Ribbon*-valikot

6.2.3 Työkaluvalikko (*Tool palettes*)

Työkaluvalikossa (kuva 16), jota kutsutaan myös *tool palette* -valikoksi, on kaaviossa käytettävät piirrosmerkit. Uusia *tool palette* -valikoita voidaan tuoda ja muokata suunnittelun edetessä ja sen ollessa käynnissä. (Getting Started Guide 2013: 6–7)



Kuva 16. *Tool palette* -valikko

6.2.4 Tietosisällön hallinta (*data manager*)

Data manager -työkalulla (kuva 17) muokataan kaaviossa tai koko projektissa olevien piirrosmerkkien ja laitteiden tietosisältöä. *Data manager* -työkalu pystyy muuntamaan ja viemään kaavion tietosisällön Excel-taulukkolaskentaohjelmaan, jossa dataa voidaan käsitellä. Kun tietosisältö on muokattu, se tuodaan takaisin *data manager* -työkaluun ja projektin tietosisältöön. (Getting Started Guide 2013: 8.)

DATA MANAGER

Current Drawing Data

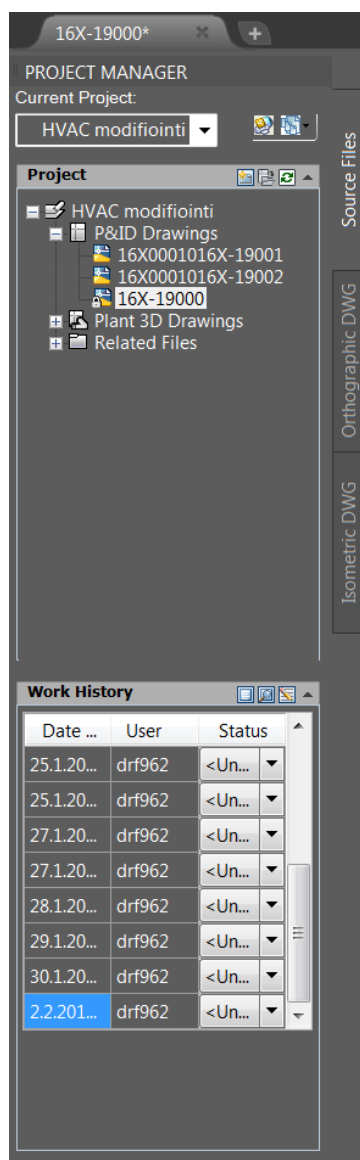
Engineering Items

- Equipment
 - PSK_03 Heat Exchangers
 - HVAC cooling coil
- Inline Assets
 - Hand Valves
 - PSK_21 Valves
 - A2101 Valve (general)
 - A2415 Self operating relie
 - Piping Fittings
 - PSK_24 Fittings
 - A2454 Hose connection
 - Reducers
 - F2417 Reducer
 - P2455 Eccentric Reducer
 - Instrumentation
 - General Instrument Symbols
 - PSK_50 Measurement and c
 - P5101 Local instrument
 - PS112 Control system in
 - P5122 Computer based f
 - P5152 Programmable log
 - Inline Instruments
 - Control Valve
 - Lines
 - Pipe Line Group
 - Pipe Line Segments
 - Primary Line Segment
 - Secondary Line Segment
 - Signal Line Group
 - Signal Line Segments
 - Leader
 - Signal Line
 - Non Engineering Items
 - Actuators
 - PSK_51 Actuators
 - A5101 Actuator - general
 - Annotation
 - Flow Arrow

Kuva 17. Tietosisällön hallintanäkymä

6.2.5 Projektiselain (*Project manager*)

Projektiselaimella (kuva 18) organisoidaan ja hallitaan projektissa olevia piirustuksia. Kansiojärjestelmiä pystytään muokkaamaan ja luomaan uusia kansioita sekä piirustus-tiedostoja.



Kuva 18. Projektiselain –valikko

Kuvassa 18 näkyvä *work history* -valikossa hallitaan kaavion revisioita ja pystytään antamaan tietoa siitä, kuka käyttäjä on kaaviota muokannut ja milloin. Projektiin voidaan myös tuoda *related files* -toiminnon kautta eri tiedostoja samaan projektirakenteeseen.

7 Ohjelmiston modifiointi dokumenttien tuotantoon

AutoCAD P & ID -ohjelmassa on valmiina ominaisuuksia ja sisältöä, joilla kaavioiden piirto voidaan aloittaa suoraan ohjelmiston asennuksen jälkeen, mutta yrityksissä käytettävät standardit ja toimintatavat harvoin kohtaavat valmiin ohjelmistopakettien tarjoamia ominaisuuksia. Kun tiedetään yrityksen toimintatavat ja vaatimukset tuotetuilta dokumenteilta, voidaan suunnitella ohjelmistoon tehtävä modifiointi, jolla saavutetaan ohjelmiston optimaalinen toiminta yrityksen tarpeisiin. Modifioinnilla luodaan ohjelmaan yrityksen käyttämien toimintatapojen edellyttämiä muutoksia. Kaikki merkinnät, piirrosmerkit, värit, tasot ja luodaan yrityksen toimintatapoja vastaaviksi. Uuden ohjelmiston käyttöönotto luo myös mahdollisuuden lisätä uusia ominaisuuksia ja sisältöä ohjelmaan.

7.1 Yrityksen tarpeiden kartoitus

Yritys tarvitsee valmiin pohjatietomallin ohjelmaan, jotta suunnittelu projekteissa olisi yhdenmukaista ja tehokasta. Pohjatietomalliin tulisi saada LVI-yksikölle oma käyttöliittymä, jossa suunnittelijoiden työkalut olisivat valmiiksi esillä, jotta suunnittelu sekä piirto voitaisiin aloittaa vaivattomasti ja aina samoja toimintatapoja noudattaen. Piirrosmerkkien tarvetta kartoitettiin tämän opinnäytetyö yhteydessä yrityksen työntekijöiden kanssa. Kartoitetut piirrosmerkit lisätään ohjelmaan ja niille luodaan ohjelmaan omat räätälöidyt tietokentät, joihin suunnittelutietoja voidaan lisätä.

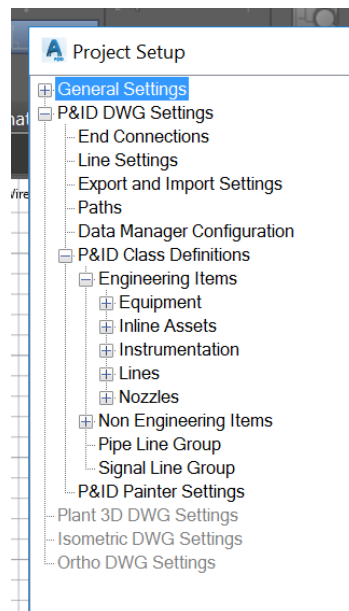
Piirrosmerkkien käyttämisen lähtökohtana on standardien mukaisuus. Ohjelmisto sisältää valmiiksi kaikki PSK-standardissa esitetyt piirrosmerkit, mutta niistä puuttuu oleellisia LVI-suunnittelussa käytettyjä piirrosmerkkejä. Työssä kartoitettuja ohjelmaan lisättäviä piirrosmerkkejä on koottu liitteeseen 1. Liitteen 1 sivuille 1–2 on koottu piirrosmerkkejä, joita ehdotetaan PSK-standardisoinnille lisättäväksi PSK 3601 -standardin piirrosmerkkikirjastoon. Ehdotettavien piirrosmerkkien tietoviitteitä tarkasteltiin Posc Ceaser Associationin ylläpitämällä hakukoneella, jolla pystytään hakemaan eri komponenttien kytkentöjä ISO 15926 -standardiin. ISO 15926 -standardi käsittelee teollisuuden tietojen integrointia ja vaihtoa eri järjestelmien välillä. Lisättävät piirrosmerkit koostuivat ilmanvaihdon ja putkistojen keskeisistä LVI-suunnittelussa tarvittavista piirrosmerkeistä.

Tietosisältö on merkittävässä osassa PI-kaavioiden suunnittelua. Näiden tietokenttien tarve on piirrosmerkin toiminnasta riippuvainen. Liitteessä 2 on selvitetty erilaisten piirrosmerkkien tietoihin haluttuja attribuuttitietoja.

7.2 Ohjelmiston modifiointi

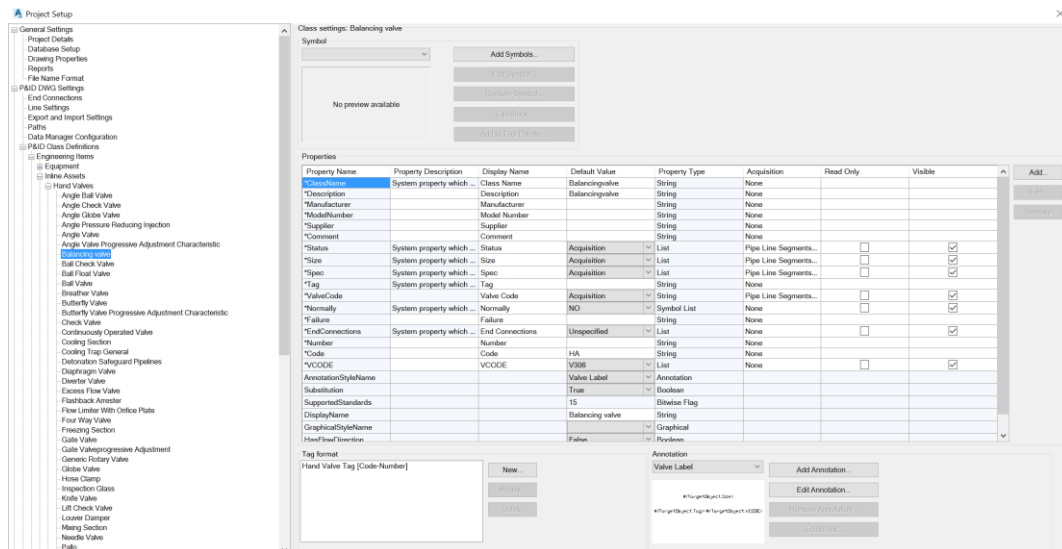
7.2.1 Piirrosmerkit

Piirrosmerkkien lisääminen ohjelmaan tapahtuu *project setup* -valikon kautta. Jokainen lisättävä piirrosmerkki sijoitetaan luokkamäärittelyyn (*class definitions*) (kuva 15). Ohjelman luokkamäärittelyjen muokkaamista on rajattu ja yläluokkia ei pystytä muuttamaan.



Kuva 19. Luokkamäärittelyt (*class definitions*).

Kuvassa 19 näkyvää *class definitions* -hierarkiaa ei pystytä muokkaamaan, joten kaikki uudet luokkamäärittelyt piirrosmerkeille tehdään näiden yläluokkien alle. Yläluokkien alla olevat luokkamäärittelyt perivät ylemmiltä luokilta ominaisuuksia, joten uusien luokkamäärittelyjen tekeminen tehdään parhaiten piirrosmerkille sopivan luokkamäärittelyn alle. Kun uusi luokkamäärittely on tehty, siihen liitetään haluttu piirrosmerkki. Kuvassa 20 on tehty uusi luokka nimellä *balancing valve*. Sen yläluokka on venttiilit (*valves*), ja se perii ominaisuuksia tältä yläluokalta.



Kuva 20. Venttiilien alle luotu alaluokka.

Piirrosmerkki tuodaan projektiin kuvaamaan *balancing valve* -laitetta *add symbols* -painikkeella. Piirrosmerkille annetaan ominaisuuksia kuten, kytkentäpisteet, joihin virtausviivat voivat yhdistyä. Myös piirrosmerkin taso määritetään oikeaksi.

Piirrosmerkkiin liittyvät attribuuttitietoja varten suunniteltavat tietokentät voidaan lisätä menemällä kyseisen laitteen tietoihin *project setup* -valikossa. Laitteen tietoihin voidaan lisätä haluttu määrä tietokenttiä, joihin suunnittelija voi antaa suunnittelutietoja.

7.2.2 Putkilinjat

Putkilinjat ovat projektikohtaisia, ja eri projekteissa käytetään erilaisia virtaavia aineita, kuin myös eri putkistandardeja. On kuitenkin käytännöllistä ja aikaa säästävää lisätä käyttöliittymään valmiiksi joitain putkilinjoja. Näitä putkilinjoja pystytään muokkaamaan oikeantyyppisiksi kesken projektin. Lämmitys- ja jäähdytysputkiston osalta voidaan lisätä vain kaksi pääputkilinjaa, joille voidaan myöhemmin määrätä projektissa käytettävät tiedot.

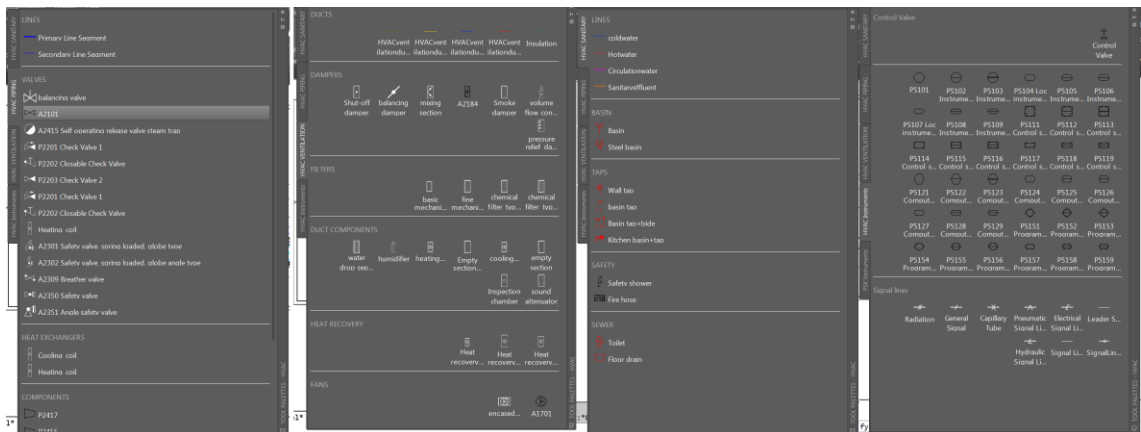
Ilmanvaihtokanavistolle yrityksessä on ollut käytössä omanlainen viivatyppi, joka lisätään käyttöliittymään. Ilmanvaihtokanavissa kuljetettavien kaasujen tasoa kuvataan erilaisin väritunnistein. Tulo-, poisto-, jäte- ja raitisilmalle on omat väritunnukset. Näiden värien käyttö helpottaa ja selkiyttää ilmanvaihtokaavion piirtämistä, lukemista ja tulkin-taa.

Käyttövesikaavioissa käytettävät putkilinjat ovat kylmä-, kuuma- ja kiertovesiputkia. Näillä putkistoilla on omat vakiintuneet väritunnukset, joilla putkistoa kuvataan.

Erialaisten erikoisputkistojen kuten kaasui-, höyry- ja paineilmaputkistojen ollessa ajankohtaisia toimitaan projektikohtaisesti siten, että putkilinjoja lisätään projektiin tarvittaessa.

7.2.3 Työtila ja työkaluvalikko (*workspaces and toolbar*)

Suunnittelun aloittaminen ohjelmistolla vaatii räätälöidyn työtilan laatimista, jotta suunnittelun aloitus olisi mahdollisimman nopeaa ja tehokasta. Työtilaan lisätään LVI-suunnitteluun tarkoitettuja työkaluvalikoita, jotka sisältävät yleisimmin tarvittavat piirrosmerkit. Työkaluvalikot ovat *HVAC ventilation*, *HVAC piping*, *HVAC sanitary* ja *HVAC instrumentation* (kuva 21).



Kuva 21. HVAC tool palettes -valikot

Työkaluvalikot saadaan näkyviin valitsemalla työtilaksi HVAC-työtila. Työkaluvalikoiden sisältöä pystytään muokkaamaan projektille sopivaksi, mutta työn tarkoitus on kuitenkin luoda yleisesti pätevä valikoima työkaluja suunnittelijoiden käyttöön. Työkaluvalikoihin on valittu yleisimmin käytettäviä piirrosmerkkejä ja näin niiden määrä on saatu pysymään käyttäjäystävällisellä tasolla.

8 Yhteenveto

Opinnäytetyössä selvitettiin yleistä teoriaa PI-kaavioiden suunnitteluun ja piirtämiseen CAD-järjestelmillä. Teoriaosuudessa luotiin pohjatietoa opinnäytetyön päätavoitteen saavuttamiseksi. Tavoitteena oli kehittää ja luoda sisältöä käyttöön otettavaan PI-kaavio-ohjelmistoon. Ohjelmiston optimaalinen toiminta yrityksessä vaatii modifiointia ja integrointia yrityksen toimintatapoihin ja käytäntöihin.

Ohjelmiston kehittäminen aloitettiin kartoittamalla tarvittavia piirrosmerkkejä sekä putki-linjaa kuvaavia virtausviivoja, joita lisättiin ohjelmiston piirrosmerkkikirjastoon. Piirrosmerkkien lisäys ohjelmistoon vaatii useita vaiheita, jotka vaikuttavat piirrosmerkin toimintaan kaavioissa. Ohjelmisto käsittelee piirrosmerkkejä älykkäinä objekteina, jotka sisältävät tietoa ja myös automaattisesti hakevat tietoa kaavion muilta piirrosmerkeiltä. Piirrosmerkkien lisäämiseen jälkeen ohjelmaan luotiin LVI-suunnittelulle oma työtila, joka sisältää kaikki tarvittavat piirrosmerkit ja virtausviivat työkaluvalikkoihin sijoitettuna.

Piirrosmerkkien ja ohjelmaan tehtävien modifiointien kartoitus onnistui hyvin ja uuden ohjelman sisältöön saatiin lisättyä uusia piirrosmerkkejä, sekä saatiin tietoa uuden ohjelman modifioinnista. AutoCAD P & ID -ohjelma saatettiin opinnäytetyössä sellaiseen tilaan, jossa se voidaan ottaa käyttöön pilottiprojektissa.

Ohjelmiston käyttö vaatii koulutusta tai itsenäistä opiskelua. Tietosisältö ja älykkäiden piirrosmerkkien käytössä tulee noudattaa oikeita toimintatapoja, jotta ohjelman koko potentiaali saadaan käyttöön. Tietokanta ja sen sisältö mahdollistavat isojenkin projektien organisoinnin ja nopean raportoimisen vain silloin, kun ohjelmaa on käytetty oikein.

Lähteet

Kesti, Marko. 1992. Teollisuusputkistot. Helsinki: VAPK-kustannus.

Kippo Asko. Tikka Aimo. 2008. Automaatiotekniikan perusteet. Helsinki: Edita Prima Oy.

Parisher Roy A. Rhea Robert A. 2012. Pipe drafting and design. Waltham: Gulf Professional Publishing

Pere, Aimo. 2009. Koneenpiirustus 1 & 2. Espoo: Kirpe Oy.

Pöyryn historia. 2016 Verkkodokumentti. Pöyry. <http://www.poyry.fi/tietoa-meista/poyry-suomessa/poyryn-historia>. Luettu 19.12.2016.

PSK 3601. Prosessikaaviot ja merkinnät. 2007. Prosessiteollisuuden virtauskaavioiden piirrosmerkit. PSK Standardisointi.

PSK 3602. Prosessikaaviot ja piirrosmerkit. 2008. PI-kaavion tietosisältö. PSK Standardisointi.

PSK 3603. Prosessikaaviot ja piirrosmerkit. 2012. PI-kaavion esitystapa ja merkitsemisohje. PSK standardisointi.

PSK 5821. Tehdassuunnittelupiirustuksien laadinta ja sisältö. 1999. Prosessikaavioiden ja sijaintia kuvaavien piirustusten laadinta CAD-järjestelmillä. PSK Standardisointi.

PSK 5842 MEN. Tehdassuunnittelupiirustuksien laadinta ja sisältö. 2000. Prosessikaavioiden ja sijaintia kuvaavien piirustusten laadinta AutoCAD2000-järjestelmällä sekä tiedonsiirto AutoCAD200 ja muiden järjestelmien välillä. PSK-Standardisointi.

Getting Started Guide (P&ID). 2013. Verkkodokumentti. Autodesk Inc. http://docs.autodesk.com/PLNT3D/2014/ENU/adskpid_gs.pdf. Luettu 1.1.2017.
























Stewart, Maurice. 2012. Surface Production Operations. Waltham: Gulf Professional Publishing

Tailoring AutoCAD P&ID and AutoCAD Plant3D. Verkkodokumentti. Autodesk Inc.
http://docs.autodesk.com/PLNT3D/2015/ENU/pdf/Tailoring_AutoCAD_PnID_and_Plant_3D.pdf. Luettu 1.1.2017.

Teollisuusautomaation tietoturva: Verkottumisen riskit ja niiden hallinta. 2010. Verkkodokumentti. Suomen automaatioseura Ry.
<https://www.viestintavirasto.fi/attachments/tietoturva/TeollisuusautomaationTietoturva.pdf>. Luettu 1.2.2017

Virtauskaavioiden piirto-ohje. 1994. Pöyry Finland Oy.

Ohjelmaan lisättävät piirrosmerkit

	SMOKE DAMPER
	INSPECTION CHAMBER / TARKASTUSKAMMIO
	BACK-DRAUGHT DAMPER / YLIPAINPELTI
	SHUT-OFF DAMPER / SULKUPELTI
	FIRE DAMPER* / PALOPELTI
	BALANCING DAMPER / SÄÄTÖ- JA MITTAUSPELTI
	VFC = VOLUME FLOW CONTROLLER / VIRTAUSSÄÄDIN
	MIXING SECTION / SEKOITUSOSA
	EMPTY SECTION / VÄLIOSA
	EMPTY SECTION WITH DIFFUSER / RAKENNEOSA ILMANJAKAJALLA
	BASIC MECHANICAL FILTER / PERUSSUODATIN
	FINE MECHANICAL FILTER / HIENOSUODATIN
	CHEMICAL FILTER TYPE 1 / KEMIALLINENSUODATIN
	CHEMICAL FILTER TYPE 2 / KEMIALLINENSUODATIN
	WATER DROP SEPARATOR / PISARANEROTIN
	HUMIDIFIER / KOSTUTIN
	SOUND ATTENUATOR / ÄÄNENVAIMENNIN
	COOLING COIL / JÄÄHDYTYSPATTERI
	HEATING COIL / LÄMMITYSPATTERI
	ENCASED FAN / KOTELOITUPUHALLIN
	HEAT RECOVERY COIL / LÄMMÖNTALTEENOTTOPATTERI
	HEAT RECOVERY (CROSS- OR COUNTERFLOW) / LÄMMÖNTALTEENOTTO (RISTI- TAI VASTAVIRTA)
	ROTARY HEAT RECOVERY / PYÖRIVÄLÄMMÖNTALTEENOTTO



HEATING COIL / LÄMMITYSPATTERI



COOLING COIL / JÄÄHDYTYSPATTERI









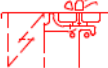




BALANCING VALVE WITH SHUT-OFF FUNCTION / KERTASÄÄTÖVENTTIILI



HVAC
PIPING

LEGEND OF
DRAWING SYMBOLS

	BASIN TAP+BIDE / PESUALLASHANA+BIDE	
	BASIN / PESUALLAS	
	BASIN TAP / PESUALLASHANA	
	TOILET / WC-LAITE	
	WALL TAP / SEINÄHANA	
	STEEL BASIN / TERÄSALLAS	
	EMERGENCY SHOWER* / HÄTÄSUIHKU	
	FIRE HOSE / PIKAPALOPosti	
	KITCHEN BASIN+TAP / KEITTIÖN ALLAS+HANA	
	FLOOR DRAIN / LATTIAKAIVO	
	HVAC SANITARY	LEGEND OF DRAWING SYMBOLS

Piirrosmerkkien attribuuttitiedot

Säiliöt (01)		Vessels and tanks
Attribuutti	Suure	
Tunnus		Designation
Nimi		Name
Prosessiaine		Process medium
Suunnittelupaine max		Design pressure max
Suunnittelulämpötila max		Design temperature max
Suunnittelulämpötila min		Design temperature min
Suurin sallittu alipaine		Maximum allowable vacuum pressure
Tilavuus		Volume
Tyyppi		Type
Materiaali		Material
Halkaisija		Diameter
Korkeus		Height
Pituus		Length
Eristystarve		Insulation demand

Lämmönsiirtimet (04)		Heat exchangers
Jäähdytys- ja lämmityspatterit		cooling and heating coil
Attribuutti	Suure	
Tunnus		Designation
Nimi		Name
Prosessiaine 1		Process medium 1
Prosessiaine 2		Process medium 2
Suunnittelupaine max 1		Design pressure max 1
Suunnittelulämpötila max 1		Design temperature max 1
Suunnittelulämpötila min 1		Design temperature min 1
Suunnittelupaine max 2		Design pressure max 2
Suunnittelulämpötila max 2		Design temperature max 2
Suunnittelulämpötila min 2		Design temperature min 2
Suurin sallittu alipaine		Maximum allowable vacuum pressure
Tyyppi		Type
Teho		Power
Materiaali		Material
Eristystarve		Insulation demand

Suodattimet (05)		Filters
Attribuutti		Suure
Tunnus		Designation
Nimi		Name
Prosessiaine		Process medium
Suunnittelupaine max		Design pressure max
Suunnittelulämpötila max		Design temperature max
Suunnittelulämpötila min		Design temperature min
Tyyppi		Type
Kapasiteetti		Capacity
Partikkelikoko		Particle size
Tehontarve		Power demand
Materiaali		Material
Suodattimen materiaali		Filter material

Pumput (14)		Pumps
Attribuutti		Suure
Tunnus		Designation
Nimi		Name
Prosessiaine		Process medium
Käyttölämpötila max		Operating temperature max
Käyttölämpötila min		Operating temperature min
Tilavuusvirtaus		Volume flow
Nostokorkeus		Lifting head
Suunnittelupaine max		Design pressure max
Suunnittelulämpötila max		Design temperature max
Suunnittelulämpötila min		Design temperature min
Tyyppi		Type

Kompressorit (15)**Compressors**

Attribuutti	Suure
Tunnus	Designation
Nimi	Name
Prosessiaine	Process medium
Käyttölämpötila max	Operating temperature max
Käyttölämpötila min	Operating temperature min
Paine-ero	Pressure differential
Tuotto	Volume
Tehontarve	Power demand
Suunnittelupaine max	Design pressure max
Suunnittelulämpötila max	Design temperature max
Suunnittelulämpötila min	Design temperature min
Tyyppi	Type

Venttiilit (21)**Valves**

Attribuutti	Suure
Tunnus	Designation
Nimelliskoko	nominal size
Rungon materiaali	body material
tyyppi	Type
liitântätapa	connection type
paineluokka	pressure class
prosessiaine	proces medium

Varoventtiilit (24)**Safety valves**

Attribuutti	Suure
Tunnus	Designation
Avautumispaine	Opening pressure
nimelliskoko tulo	nominal size inlet
nimelliskoko lähtö	nominal size outle
paineluokka	pressure class
liitântätapa	connection type
prosessiaine	proces medium

Kertasäätöventtiilit (23)**Balancing valves**

Attribuutti

Suure

Tunnus**Designation****Nimelliskoko****nominal size**

Rungon materiaali

body material

säätöasento

pre-set

painehäviö

pressure loss

KV-arvo

KV-value

tyyppi

Type

liitântätapa

connection type

paineluokka

pressure class

prosessiaine

proces medium

Lämmöntalteenotto**Heat recovery**

Attribuutti

Suure

tunnus

Designation

Tyyppi

Type

Teho

Power

lämpötilahyötysuhde

temperature efficiency

Tilavuusvirtaus

Flow rate

Säätöpellit**Balancing dampers****IMS,VAV,VPS**

Attribuutti

Suure

tunnus

Designation

Tyyppi

Type

Nimelliskoko

size

Painehäviö

Pressure loss

Säätöasento

Pre-set