



Hartsiliimojen valmistusprosessin toiminnankuvaus

Emilia Aalto

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2022
Biotuote- ja prosessitekniikan koulutusohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Biotuote- ja prosessitekniikan tutkinto-ohjelma

AALTO, EMILIA:
Hartsiliimojen valmistusprosessin toiminnankuvaus

Opinnäytetyö 46 sivua, joista liitteitä 5 sivua
Huhtikuu 2022

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia toiminnankuvaus hartsiliimojen valmistusprosessista Solenis Finland Oy:lle. Työn tavoitteena oli koota yksityiskohmainen ja kattava toiminnankuvaus aiheesta operaattoreita haastatteleamalla ja seuraamalla. Työn toisena tavoitteena oli päivittää valmistusprosessin prosessi- ja instrumentointikaaviot eli PI-kaaviot AutoCAD-ohjelman avulla ajan tasalle.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin toimeksiantajan toiveiden mukainen toiminnankuvaus (liite 1). Kuvauksessa esitellään toimenpiteet, jotka tulee suorittaa ennen prosessin aloittamista, prosessin ylösajossa, ajon aikana sekä prosessin alasajossa. Toiminnankuvauksessa operoitavat laitteet ovat esitelty kuvien avulla, jotta kuvaus olisi havainnollistavampi. Toisena opinnäytetyön tuloksena saatiin selkeät ja päivitetty PI-kaaviot (liitteet 2–5) hartsiliimojen valmistusprosessista. Kaavioista poistettiin käytöstä poistettuja prosessilinjoja ja niihin lisättiin uusia prosessilinjoja sekä laitteita, kuten pumppuja ja venttiilejä. Toiminnankuvauksessa esitellyt laitteet positioitiin myös kaavioihin, joten dokumentteja voidaan käyttää yhdessä. Toiminnankuvaus ja päivitetty PI-kaaviot ovat luottamuksellista sisältöä, joten ne ovat luovutettu toimeksiantajalle ja poistettu julkisesta opinnäytetyöstä.

Toimeksiantaja aikoo hyödyntää työn tuloksena syntyneitä dokumentteja automaation uudistamisprojektissa. Yksityiskohtainen toiminnankuvaus ja päivitetty PI-kaaviot mahdollistavat niiden käytön pohjamateriaalina projektissa. Toimeksiantajan automaatioprojektin vuoksi työssä on keskitytty prosessiteollisuuden laitteisiin sekä PI-kaavioihin kemiallisen näkökulman sijaan.

Operaattorit esittivät kehitysehdotuksia tulevaan automaatioprojektiin sekä yleisesti prosessiin opinnäytetyön laadinnan aikana. Nämä kehitysehdotukset ovat esitelty opinnäytetyöseminaarissa. Työn jatkokehitysehdotuksena on toiminnankuvauksen ja PI-kaavioiden päivitys säännöllisesti tai muutosten yhteydessä, jolloin dokumentit pysyvät ajantasaisina. Toisena jatkokehitysehdotuksena on prosessin laitteiden positiointi yhtenäisellä tavalla tehtaalla, sillä positiointi on epä johdonmukaista tällä hetkellä. Positiokylttejä myös uupuu tehtaalta, vaikka laitteiden positiot ovat esitetty PI-kaavioissa. Nämä positiokyltit tulisi lisätä tehtaalle, jolloin laitteen paikantaminen olisi nopeampaa ja helpompaa.

Asiasanat: toiminnankuvaus, PI-kaavio, prosessiteollisuus, laite

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Bioproduct and Process Engineering

AALTO, EMILIA:
Process Description of the Resin Adhesives Manufacturing Process

Bachelor's thesis 46 pages, appendices 5 pages
April 2022

The purpose of this thesis was to collect information on the manufacturing process of resin adhesives and to document it for Solenis Finland Oy. The aim was to compile a detailed process description and update the PI diagrams. The data were collected by interviewing and monitoring operators.

The main results of the thesis are a comprehensive process description and updated PI diagrams. The description presents all the measures to be carried out through the entire manufacturing process. Operable devices are also named and presented in the images. PI diagrams were updated with the AutoCAD program. New pipelines, devices and device names were added to the diagrams. Decommissioned pipelines as well as devices were also removed from them. The process description and updated PI diagrams are confidential content, so they have been handed over to Solenis and removed from the public version.

Solenis plans to utilize the description and diagrams in an automation renewal project. Due to the automation project, the study focused on process industry devices as well as PI diagrams rather than the chemical aspects of production. It can be said that the goals of this study were met successfully because the documents corresponded to the wishes of Solenis and can be used in the automation project.

Two further development ideas are proposed in this thesis. First, the process description and diagrams should be updated regularly. Second, devices should be designated in a united way, and name cards should be added to devices in the factory.

Key words: process description, PI-diagram, processing industry, device

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	SOLENIS	6
	2.1 Yhtiön perustietoja	6
	2.2 Solenis Finland Oy	6
3	PROSESSI	8
	3.1 Prosessi	8
	3.2 Prosessiteollisuuden järjestelmät ja laitteet.....	9
	3.2.1 Putkisto.....	9
	3.2.2 Venttiilit.....	10
	3.2.3 Pumput.....	13
	3.2.4 Lämmönvaihtimet	15
	3.2.5 Jäähdytys	18
	3.3 Prosessiautomaatio.....	20
	3.4 Kunnossapito	22
4	PROSESSI- JA INSTRUMENTOINTIKAAVIO	25
	4.1 Tietosisältö.....	25
	4.2 PI-kaavion piirtäminen.....	26
	4.2.1 Kaavion pohjalomake	26
	4.2.2 Piirrosmerkit	27
	4.2.3 Instrumentoinnin ja laitteiden tunnuksset	28
	4.2.4 Kaavion layout.....	30
	4.2.5 Kaavion laatiminen	31
5	TOIMINNANKUVAUS	32
6	POHDINTA	37
	LÄHTEET.....	39
	LIITTEET	42
	Liite 1. Hartsiliimojen valmistusprosessin toiminnankuvaus.....	42
	Liite 2. PI-kaavio - Hartsin purku ja sulatus 3000.....	43
	Liite 3. PI-kaavio - Hartsiliimojen valmistusprosessi 3001.....	44
	Liite 4. PI-kaavio – Hartsiliimojen valmistusprosessi 3002.....	45
	Liite 5. PI-kaavio - Hartsiliimojen varastosäiliöt 3003	46

1 JOHDANTO

Prosessin kuvaus ja dokumentointi on tärkeää. Tuotantolaitoksissa Tämä voidaan toteuttaa tuotantolaitoksissa esimerkiksi laatimalla toiminnankuvaus ja erilaisia kaavioita sekä päivittämällä niitä, kun prosessiin tulee muutoksia. Toiminnankuvausta ja kaavioita laatiessa on hyvä määrittää dokumenttien yksityiskoh- taisuus ja laajuus, jotta dokumentti soveltuu tuotantolaitoksen käyttöön. Kuvausta voidaan hyödyntää kaavioiden tavoin erilaisissa suunnitteluprojekteissa, kunnos- sapidossa sekä prosessitoiminnan ja automaation kokonaisuuden hahmottami- ssa. Näitä dokumentteja voidaan myös käyttää, kun perehdytetään uusia työn- tekijöitä tai alihankkijoita. Datan dokumentoinnin ja päivityksen avulla myös tur- vallisuus kohoaa, kun ollaan tietoisia, mitä prosessissa tapahtuu missäkin vai- heessa.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää hartsiliimojen valmistusprosessin vaiheet ja koota kerätyn datan avulla valmistusprosessista yksityiskohtainen toi- minnankuvaus. Tavoitteena oli myös päivittää prosessin prosessi- ja instrumen- tointikaaviot eli PI-kaaviot ajan tasalle. Kuvauksesta on rajattu pois raaka-ai- neena käytetyn hartsifaasin esikäsittely sekä tuotteen siirtäminen varastosäiliöi- hin. Työn näkökulma keskittyy prosessiteollisuuden laitteisiin, sillä työn toimeksi- antaja aikoo käyttää työtä valmistusprosessin automaatiojärjestelmän uudistami- ssa.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Solenis Finland Oy. Työ toteutettiin Tam- pereen tuotantolaitokselle. Opinnäytetyössä laadittua toiminnankuvausta ja päi- vitettyjä PI-kaavioita tullaan hyödyntämään automaation uudistamisessa sekä prosessin ja automaation kokonaisuuden hahmottamisessa. Dokumentteja voi- daan hyödyntää myös muissa projekteissa sekä uusien työntekijöiden perehdy- tysmateriaalina.

2 SOLENIS

2.1 Yhtiön perustietoja

Solenis on johtava globaali erikoiskemikaalien valmistaja ja toimittaja, joka on perustettu Yhdysvalloissa vuonna 1907. Yhtiö on vuosien varrella toiminut eri nimillä, kuten esimerkiksi Ashland Water Technologies, Drew, Hercules ja Stockhausen. Marraskuussa 2021 maailmanlaajuinen sijoitusyhtiö Platinum Equity osti Soleniksen, minkä myötä Solenis yhdistyi uuden omistajan sijoitusyhtiön, Sigura Waterin kanssa. Soleniksen pääkonttori sijaitsee Yhdysvaltojen Delawaressa, Wilmingtonin kaupungissa. (Solenis 2021.)

Solenis keskittyy toimittamaan kestäviä ratkaisuja aloille, jotka kuluttavat paljon vettä. Yhtiön asiakkaisiin kuuluu erilaisia yrityksiä sekä yhtiöitä paperi- ja kartonkitekiteollisuudesta, öljy- ja kaasuteollisuudesta, biojalostuksesta ja kemiallisesta jalostuksesta, kaivosteollisuudesta, energia-alalta sekä uima-allas- ja kylpylämarkkinoilta. Yhtiön tuotevalikoima koostuu erilaisista vedenkäsittelykemikaaleista, prosessin apuaineista ja toiminnallisista lisäaineista sekä innovatiivisista valvonta- ja ohjausjärjestelmistä. Näiden tuotteiden ja palveluiden avulla asiakkaat voivat parantaa tuotteidensa tehokkuutta ja laatua, pienentää ympäristövaikutuksia ja ylläpitää puhdasta vettä prosesseissaan. Soleniksen asiakaskunta on jakautunut ympäri maailmaa. (Solenis 2021.)

Sigura Wateriin yhdistymisen myötä Soleniksella on toimintaa 120 maassa, viidellä eri mantereella. Yhtiöllä on 47 tuotantolaitosta strategisesti ympäri maailmaa, missä se työllistää yli 6 000 työntekijää. (Solenis 2021.) Yksi yhtiön tuotantolaitoksista sijaitsee Suomessa, Tampereella (Suomen Asiakastieto 2020).

2.2 Solenis Finland Oy

Tampereella sijaitseva Solenis Finland Oy on yksi Solenis-konsernin tuotantolaitoksista, jossa valmistetaan erilaisia massaliimoja sekä prosessikemikaaleja paperi- ja kartonkitekiteollisuuteen. Tuotantolaitoksen keskeiset tuotteet ovat Kymene-

tuotantolinjan kuiva- ja märkälujaliimat, HTP-tuotantolinjan hartsiliimat, AKD-tuotantolinjan neuraaliliimat sekä useat prosessikemikaalit. Prosessikemikaaleja käytetään esimerkiksi paperitehtaissa ja vesienkäsittelylaitoksissa mikrobien, pihkan sekä saostumisen hallintaan. (Solenis 2020.)

Vuonna 2020 Solenis Finland Oy työllisti noin 65 henkilöä. Henkilöstöstä noin 40 % työskentelee tuotantolaitoksella ja noin 60 % työskentelee teknisessä asiakaspalvelussa. (Solenis 2020.) Vuonna 2020 saavutettiin 11,4 miljoonan euron liikevaihto, joka laski edellisestä vuodesta 6,9 %. Liiketoiminnan voittoa saavutettiin 1,2 miljoonaa euroa ja liikevoittoprosentti oli 11,0 %. Vuonna 2020 yhtiön omavaraisuusaste oli 46 %. (Suomen Asiakastieto Oy 2021.)

3 PROSESSI

3.1 Prosessi

Valmistusprosessilla voidaan tarkoittaa teollista toimintaa, jossa muutetaan vaiheittain jokin aine raaka-aineista tuotteeksi. Prosessin tuote voi olla asiakkaille haluttu lopputuote tai sitä voidaan jatkojalostaa eli käyttää raaka-aineena jossain toisessa tuotantoprosessissa. (Ostwald & Munoz 1997, 1.) Yksittäisen tuotteen valmistusprosessia kutsutaan tuotantoprosessiksi (Pihkala 2013, 10).

Tuotantoprosessit voidaan jaotella prosessivaiheisiin. Näitä prosessivaiheita eli yksikköoperaatioita voivat olla esimerkiksi sekoitus, kuivaus, tislauk ja neutralointi. Yksikköoperaatiot luokitellaan aineensiirto- ja lämmönsiirtoprosesseihin sekä mekaanisiin ja kemiallisiin yksikköprosesseihin. Jos yksikköoperaatiossa syntyy uusia yhdisteitä kemiallisen reaktion seurauksena, kyseessä on kemiallinen yksikköprosessi. Aineensiirto- ja lämmönsiirtoprosesseissa sekä mekaanisessa yksikköprosesseissa aineen laatu ei muutu. Yksikköoperaatioiden lisäksi tuotantoprosessit rakentuvat lukuisista erilaisista kuljetus- ja varastointilaitteista, kuten putkista, pumpuista ja kuljettimista. (Pihkala 2013, 11–13.)

Prosessit jaetaan erävalmistukseen ja jatkuvatoimisiin prosesseihin. Erävalmistuksessa jokainen prosessiyksikön valmistusvaihe suoritetaan alusta loppuun, ennen välituotteen siirtoa seuraavaan valmistusvaiheeseen. Jatkuvatoimisessa prosessissa materiaali virtaa keskeytymättä yhden integroidun linjaston läpi, johon sisältyvät kaikki valmistukseen tarvittavat laitteet. (Itä-Suomen Yliopisto 2021.)

Erävalmistuksen etuina on, että yleensä samalla tuotantolinjalla voidaan valmistaa useita eri tuotteita. Kuitenkin usean tuotteen valmistus samalla linjastolla edellyttää linjaston puhdistusta jokaisen tuotteen valmistuksen jälkeen sekä tarvittavien säätöjen muutosta tai linjaston muuttamista ennen uuden tuotteen valmistusta. Tällöin prosessissa voi olla myös enemmän seisokkeja. (Devasia 2020.)

Jatkuvatoiminen prosessi koostuu yhdestä linjastosta, mikä usein vie vähemmän tilaa erävalmistusprosessiin verrattuna (Itä-Suomen Yliopisto 2021). Jatkuvatoimisia prosesseja käytetään enemmän suurien tuotantomäärien valmistamiseen. Automaation ja tekniikan kehittymisen myötä jatkuvatoimisen prosessin valvominen ja ohjaaminen on käyttäjäystävällisempää ja helpompaa. Valmistustavan etuja ovat muun muassa alhaiset kustannukset ja tuotteen tasalaatuisuus. (Sharma 2015, 1.)

3.2 Prosessiteollisuuden järjestelmät ja laitteet

3.2.1 Putkisto

Putkistojen tarkoitus on kuljettaa kaasumaiset, nestemäiset ja kiinteät aineet. Niitä käytetään muun muassa raaka-aineiden ja tuotteiden siirtoon teollisuudessa, viemärointiin, kaukolämmön ja veden jakeluun sekä hydraulisen ja pneumaattisen energian välittämiseen. (Kivioja 2009, 155.)

Yleisin putkityyppi on saumaton teräsputki. Myös hitsattuja teräsputkia käytetään, mutta käyttö on vähäistä hitsausseaman murtumisvaaran vuoksi. (Kauranne, Kajaste & Vilenius 2013, 421.) Jos putkelta edellytetään korroosionkestävyyttä, käytetään ruostumatonta teräsputkea (Putkistot 2020, 6). Muoviputkien käyttö on myös yleistynyt esimerkiksi vesijohtoverkossa, viemäroinnissä, kaasunjakelussa ja prosessiputkena teollisuudessa (Plastic Pipe and Fittings Association n.d). Valurautaputkia hyödynnetään muun muassa viemäroinnissä ja kylmän veden putkistoissa. Kupariputkia käytetään vesiputkina ja alumiiniputkia nesteytettyjen kaasujen sekä kylmien aineiden kuljetuksessa. (Putkistot 2020, 6.)

Putkistojen ja paineastioiden osia sekä niiden varusteita on standardisoitu paineenkeston suhteen, jotta niiden suunnittelu, käyttö ja kunnossapito helpottuisi. Paineenkesto ilmoitetaan nimellispaineen eli merkinnän PN-avulla. Nimellispaine ilmoittaa suurimman sallitun käyttöpaineen baarin yksikössä, jota normaaleissa käyttöolosuhteissa ei tule ylittää. PN-merkintä kertoo myös putkiston osien mekaanisten mittojen ja ominaisuuksien yhteensopivuudesta. Tietyn paineluokan komponentteja voi käyttää toistensa kanssa, sillä ne omaavat yhtä suuren

paineenkeston lisäksi yhtä suuret liitäntämitat. (Kesti 1992, 26.) Alla olevassa taulukossa (taulukko 1) on esitelty esimerkkejä nimellispaineista.

TAULUKKO 1. Nimellispaine PN-arvoja (SFS-EN 1333 2006, 4)

PN2,5	PN6	PN10	PN16	PN25	PN40	PN63	PN100	PN160	PN250	PN320	PN400
-------	-----	------	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------

Putkistoissa on ensisijaisesti aloitettu käyttämään tiettyjä halkaisijamittoja, jotka vastaisivat nimellispaine eli PN-järjestelmää. Näitä halkaisijamittoja merkitään DN-merkinnällä. Nimelliskoko DN osoittaa putken sisähalkaisijan likiarvoisen mitan. Tarkka sisähalkaisijan mitta on riippuvainen käytettävästä järjestelmästä, joita ovat esimerkiksi ISO ja ANSI. Euroopassa käytetään eniten ISO-järjestelmää, jonka nimelliskoot on määrätty standardissa SFS-EN ISO 6708. (Kivioja 2009, 155.) Alla olevassa taulukossa 2 on esitetty putkien tavallisimpia nimelliskokoja millimetreissä kuvattuna.

TAULUKKO 2. Putkien tavallisempia nimelliskokoja millimetreissä kuvattuna (Kivioja 2009, 156, muokattu)

10			15		20							65		80
100	125		150		200	25	32		40		50	65	700	800
1000	1250	1400	1600	1800	2000	250	300	350	400	450	500	600		

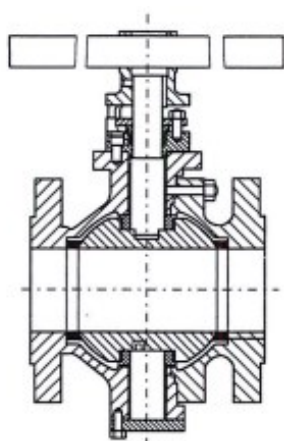
3.2.2 Venttiilit

Venttiili on paineastian tai putkiston osa, jolla ohjataan, säädetään tai estetään nesteen tai kaasun virtaamista (Kivioja 2009, 161). Venttiileille on asetettu velvoitteita, esimerkiksi paineraja ja käyttölämpötila. Lisäksi prosessiputkistossa virtaavat kemikaalit määräävät vaatimuksia venttiilien ja tiivisteiden materiaaleille. Myös hinnan ja virtauksen vaikutukset tulee huomioida venttiiliä valitessa. (Venttiilit 2020, 3.) Venttiiliä käytetään käsin tai apuenergian, kuten paineilman tai sähkön avulla. Sitä voidaan käyttää paikallisesti tai kauko-ohjatusti. (Kivioja 2009, 161.)

Venttiiliä valitessa otetaan huomioon sen sopivuus tehtävään, turvallisuus, toimintavarmuus, kestoikä ja hinta. On myös tärkeää ottaa huomioon lainsäädäntö, ympäristön asettamat vaatimukset, venttiilin soveltuvuus käyttökohteeseen ja virtaavan aineen ominaisuudet. Venttiilin sallittu painehäviö, tiiviysvaatimukset, toimintanopeus, paino, sijoituspaikka ja huolto tulee myös huomioida. (Venttiilit 2020, 4.)

Venttiilit jaotellaan tehtävänsä perusteella kolmeen luokkaan: sulku-, säätö- ja erikoisventtiileihin. Sulkuventtiilit katkaisevat virtauksen putkistossa. Säätöventtiilit säätelevät virtauksen määrää ja putkiston painetta. Erikoisventtiileillä on oma tehtävänsä, joka voi olla toimiminen varoventtiilinä tai takaiskuventtiilinä. (Sinnott & Towler 2020, 221.)

Palloventtiili (kuva 1) on teollisuudessa käytetyin venttiilityyppi (Venttiilit 2020, 6). Sitä käytetään sulku- ja säätöventtiilinä, sillä sen pallonmuotoinen sulkuelin mahdollistaa sen. Palloventtiili soveltuu myös kiintoainehiukkasia sisältävälle heterogeeniselle seokselle eli suspensiolle. Suspension kiintoaine ei saa olla liian hankaavaa tai kuitumaista, sillä silloin se vahingoittaa sulkuelintä tai kietoutuu sen ympärille. (Smith & Zappe 2004, 108.) Palloventtiilin etuja ovat sen erilaiset materiaali- ja asennusvaihtoehdot, pienet virtaushäviöt putkistossa sekä sulkuelintä ohjaavan karan vaivaton tiivistäminen. (Venttiilit 2020, 6.)

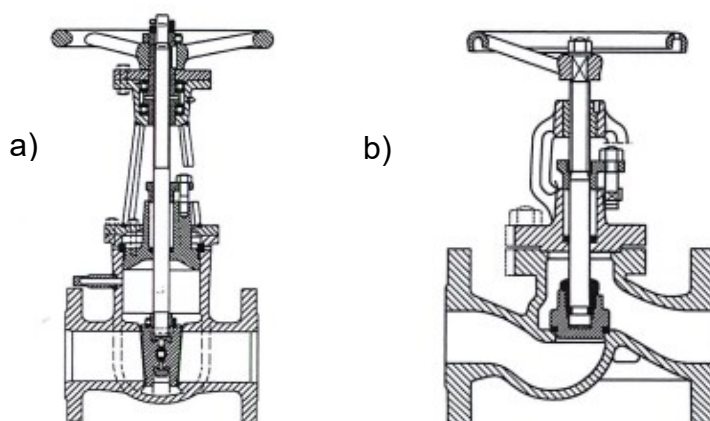


KUVA 1. Palloventtiili (Kivioja 2009, 161)

Venttiilien toimintaa ohjaavan karan eli sulkuosan rakenteen perusteella venttiilit jaetaan istukka- ja luistiventtiileihin. Istukkaventtiilissä sulkuelimenä voi olla lautanen, kartio tai kuula, jolla joko yhdistetään tai erotetaan kaksi virtauskanavaa.

Luistiventtiilissä sulkuelimenä toimii luisti, joka liikkuu virtaukseen nähden kohtisuorasti. (Kauranne, Kajaste & Vilenius 2013, 225–226.)

Istukkaventtiiliä käytetään kuristus- ja sulkutarkoitukseen sekä säätöventtiilinä, mutta se omaa suuren painehäviön eikä siedä epäpuhtauksia virtauksessa. Sitä käytetään usein höyryventtiilinä hyvän tiiviytensä ja korkean paineen- ja lämpötilakeston ansioista. Luistiventtiiliä käytetään vain sulkuventtiilinä. Luisti-sulkuelin tekee venttiilistä turvallisen ja monikäyttöisen. Luistin käyttö sulkuelimenä mahdollistaa myös epäpuhtaudet virtauksessa. (Venttiilit 2020, 8–11.) Kuvassa 2 on havainnollistettu vasemmalla kiilaluistiventtiilin rakenne ja oikealla istukkaventtiilin rakenne.

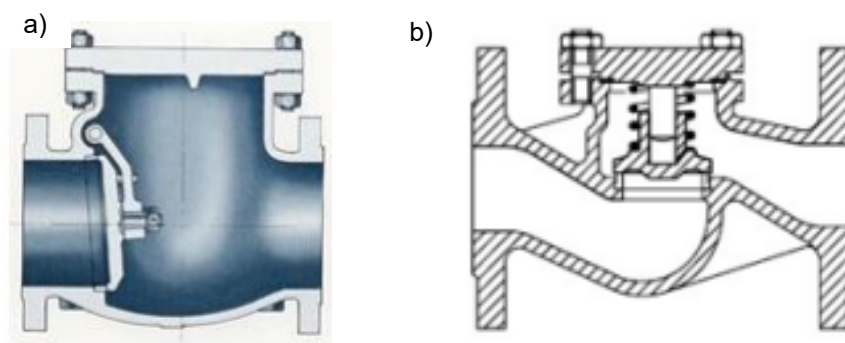


KUVA 2. Luistiventtiili (a) ja istukkaventtiili (b) (Kivioja 2009, 161, muokattu)

Läppäventtiilit ovat yksinkertaisia säätö- ja sulkuventtiilejä, joissa sulkuelimenä toimii levymäinen pyörivä läppä. Niiden käyttö on yleistynyt paljon prosessiteollisuudessa, kun läpän materiaalina on aloitettu käyttämään kemikaaleja kestäviä elastomeerejä. Läppäventtiili ei kuitenkaan kestä korkeaa painetta. Venttiilityyppi soveltuu parhaiten suspensioille, jauheille ja rakeille. (Smith & Zappe 2004, 120–121.)

Segmenttiventtiilejä käytetään säätöventtiileinä, kun säätöpiirin luotettavuus ja toistokyky pitää olla suuri. Sulkuelin on muodoltaan pallon segmentti ja virtausaukon reuna on V-muotoinen. (Venttiilit 2020, 16.) Segmenttiventtiilit ovat monikäyttöisiä, sillä ne soveltuvat useiden väliaineiden lisäksi myös erilaisille suspensioille, kuten esimerkiksi kuitumaisille seoksille (Neles n.d.).

Takaiskuventtiilit kuuluvat erikoisventtiilien ryhmään. Niiden tehtävä on suojata putkistoa ja sen laitteita estämällä aineen virtauksen suunnan muuttuminen. Venttiili toimii automaattisesti virtauksen muutoksen perusteella, johon venttiili tarvitsee voimaa, kuten jousi- tai maanvetovoimaa. (Smith & Zappe 2004, 153.) Yleisimmät takaiskuventtiilit ovat esitetty alla olevassa kuvassa (kuva 3), jossa vasemmalla on läppätakaiskuventtiili ja oikealla on istukkatakaiskuventtiili.



KUVA 3. Läppä- (a) ja istukkatakaiskuventtiili (b) (Venttiilit 2020, 18–19)

Sulkuelimenä läppätakaiskuventtiilissä on lautanen, joka on saranoitu venttiilin runkoon. Istukkatakaiskuventtiilissä sulkuelimenä on istukka, joka jousivoiman avulla sulkee virtausaukon. Läppätakaiskuventtiili on yksinkertainen rakenteeltaan ja se soveltuu höyryille ja nesteille. Istukkatakaiskuventtiili voi olla T-, Y- tai kulmamallinen ja se soveltuu useimmiten höyrylle, kaasuille ja nesteille. (Venttiilit 2020, 17–19.)

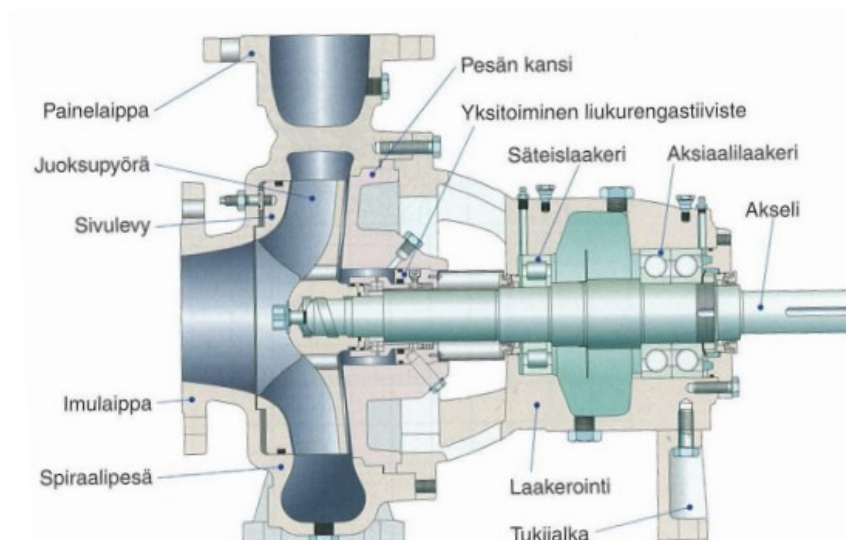
3.2.3 Pumput

Pumppu on laite, jonka tehtävänä on siirtää virtaavaan aineeseen mekaanista energiaa. Tämä energian siirtyminen voidaan havaita liike-energian ja/tai paineen kasvuna pumpussa. Pumpuissa käytetään useimmiten syrjäytystä tai keskipakovoimaa, jonka avulla ainemäärä saadaan siirrettyä paikasta toiseen. Pumput voidaan jaotella niiden käyttötavan mukaan: siirto-, syöttö-, tyhjö- ja annostelupumppeihin. (Virtaustekniikka ja lämmönsiirto n.d., 24.)

Pumppua valitessa pitää huomioida aineen haluttu massa- tai tilavuusvirtaus, aineen ominaisuudet, sijoituspaikan ominaisuudet sekä paineen ja lämpötilan suuruus pumppauksen alussa ja lopussa. On tärkeää myös huomioida varaosien

saatavuus ja hinnat, pumpun erityisvaatimukset, käyttöaste ja toiminta-alue sekä huollon ja kunnossapidon määrä. Myös turvallisuus, standardit, korroosio ja eroosio sekä aineen likaavuus on huomioitava. (Virtaustekniikka ja lämmönsiirto n.d., 24–25.)

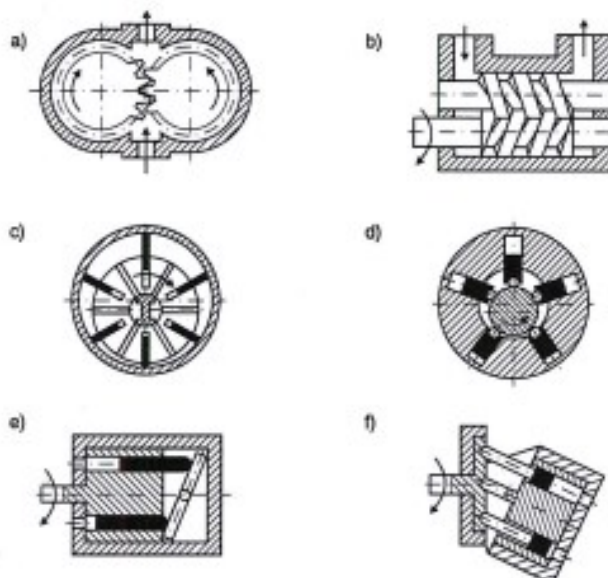
Prosessiteollisuudessa yleisin ja tavallisin pumpputyyppejä on keskipakopumppu. Kaikista pumppuista keskipakopumppujen osuus on 70 %. (Hall 2018, 125.) Se on toimintaperiaatteeltaan jatkuvatoiminen. Keskipakopumpussa aine virtaa pumpun imupuolelta juoksupyörän keskiosaan putkiston imupuolella hallitsevan paineen seurauksena. Juoksupyörän keskiosasta aine virtaa juoksupyörän kanavia pitkin pumpun johtokanavaan ja johtokanavasta pumpun paineyhteen kautta painelinjaan. Moottori muuntaa sähkön pumpun mekaaniseksi energiaksi. Pumpussa mekaaninen energia muuntuu virtaavan aineen liike-energiaksi keskipakovoiman avulla. Osa liike-energiasta muuntuu paine-energiaksi, kun virtauksen poikkipinta-ala kasvaa. Pumppu voi sisältää useamman juoksupyörän. (Virtaustekniikka ja lämmönsiirto n.d., 24–25.) Kuvassa 4 on havainnollistettu keskipakopumpun rakennetta.



KUVA 4. Keskipakopumpun rakenne (Huhtinen ym. 2013, 136)

Keskipakopumppu on suosittu, sillä se on yksinkertainen, mutta omaa laajan kapasiteetti- ja nostokorkeusalueen eli kyvyn kasvattaa virtauksen painetta (Virtaustekniikka ja lämmönsiirto n.d., 28). Pumpun etuina on myös turvallisuus, halvat kustannukset, pitkä käyttöikä ja minimaalisen huollon tarve. Keskipakopumppu toimii myös monenlaisissa olosuhteissa. (Hall 2018, 126.)

Prosessiteollisuudessa käytetään myös paljon syrjäytuspumppuja. Pumpun toiminta perustuu syrjäytyselimeen, joka syrjäyttää pesästä virtaavan aineen poistoputkeen, jossa on painetta. (Huhtinen ym. 2013, 134–135.) Syrjäytuspumppuihin kuuluvat muun muassa erilaiset kalvo-, hammaspyörä-, siipi- ja mäntäpumput (Kivioja 2009, 181.) Kuvassa 5 on esitetty syrjäytuspumppuja.



KUVA 5. Hammaspyöräpumppu (a), ruuvipumppu (b), siipipumppu (c), radiaali-mäntäpumppu (d), vinolevyinen aksaalimäntäpumppu (e) ja vinosylinterimäinen aksaalimäntäpumppu (f) (Kivioja 2009, 181)

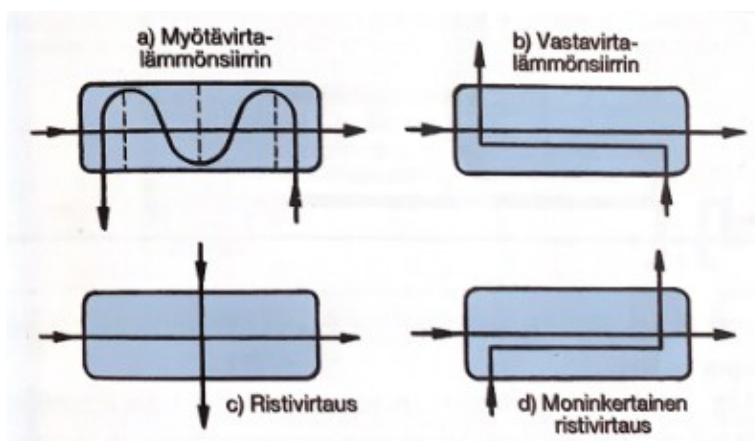
Syrjäytuspumpuilla on korkea hyötysuhde, mutta ne tarvitsevat enemmän turvatoimia kuin keskipakopumput esimerkiksi ylipaineistumisen vuoksi. Ne vaativat myös useammin huoltoa ja varaosia verrattuna keskipakopumppuihin. Syrjäytuspumppuja käytetään useimmiten korkean viskositeetin omaavilla aineilla, joilla on korkea paine ja matala virtaus. (Hall 2018, 126–127.)

3.2.4 Lämmönvaihtimet

Kemiallisissa reaktioissa vapautuu ja sitoutuu lämpöä. Lämmön syntyessä reaktiossa on sitä siirrettävä pois. Lämpöä tarvitseviin reaktioihin sitä pitää kuljettaa, jotta reaktio voi tapahtua. Lämmönvaihdin on laite, jonka tehtävä on siirtää lämpöä kahden väliaineen välillä, jotka on erotettu toisistaan seinän avulla. Väliaineista toinen voi olla prosessivirta ja toinen käyttöhyödyke, mutta myös

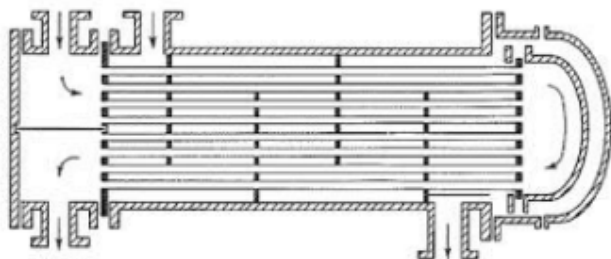
molemmat väliaineet voivat olla prosessivirtoja. Käyttöhyödykkeinä teollisuudessa käytetään höyryä, prosessi- ja jäähdytysvesiä, sähköä, paineilmaa, ilmanvaihtoa ja polttoaineita. Aineita erottava seinä operoi lämmönsiirtopintana. Lämpö siirtyy ensin toisesta aineesta seinämään, jonka avulla se siirtyy eteenpäin toiseen aineeseen. Jäähdyttimiksi kutsutaan lämpötilaa alentavia lämmönvaihtimia (Pihkala 2013, 104–105.)

Väliaineiden virtauksen perusteella lämmönvaihtimet voidaan jakaa myötävirta-, vastavirta- ja ristivirtauslämmönvaihtimiin. Myötävirtalämmönvaihtimessa aineiden virtaukset ovat samansuuntaiset. Vastavirtalämmönvaihtimessa aineet virtaavat vastakkaisiin suuntiin. Ristivirtauslämmönvaihtimessa taas toinen aine virtaa vaihtimen läpi ristikkäin toisen aineen virtaukseen nähden. Jos virtaus on moninkertainen ristivirtaus, aineiden virtaukset kulkevat ristiin useaan kertaan. (Pihkala 2013, 105.) Alla olevassa kuvassa (kuva 6) on havainnollistettu virtaustyyliä.



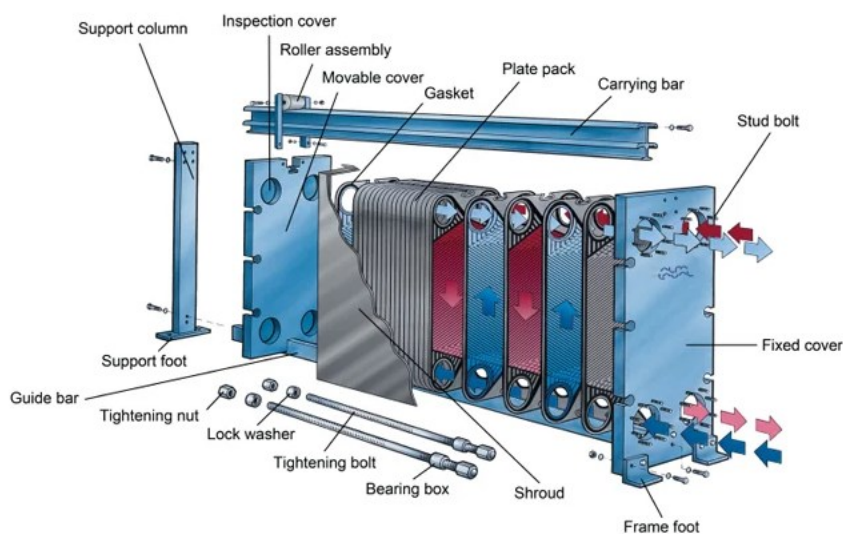
KUVA 6. Lämmönvaihtimen virtaustyyliä (Pihkala 2013, 105)

Vaippaputkilämmönvaihdin on yleisin lämmönvaihdintyyppi kemian- ja prosessiteollisuudessa (Hall 2018, 200). Kun lämmönvaihtimen putkistossa alkaa virrata väliaine, se kulkeutuu tilaan, josta se jakaantuu eri putkiin ja lopulta poistuu vaihtimen toisesta päästä. Toinen väliaine virtaa putkistoa ympäröivässä vaipassa. Mitä useammin putkessa kulkeva väliaine virtaa lämmönvaihtimen läpi, sitä tehokkaampaa ja nopeampaa lämmönsiirto on. (Pihkala 2013, 106.) Vaippaputkilämmönvaihdinta (kuva 7) käytetään nesteillä, aineen uudelleen kiehuttamiseen ja kaasun jäähdyttämiseen (Hall 2018, 200).



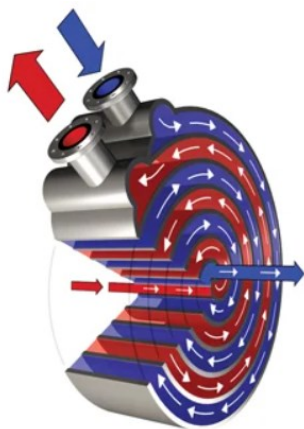
KUVA 7. Vaippaputkilämmönvaihdin (Virtaustekniikka ja lämmönsiirto n.d., 60)

Levylämmönvaihtimet koostuvat pakasta yhdensuuntaisia ja poimutettuja levyjä, joiden reunoilla olevat tiivisteet tiivistävät virtauskanavan ja johtavat väliaineet niin, että kylmä ja kuuma vuorottelevat koko pakan matkalla. Ne ovat joustavia lämmönvaihtimia levypakan ansiosta ja niitä on helppo puhdistaa, mutta levylämmönvaihtimet eivät kestä suurta painetta ja lämpötilaa. (Virtaustekniikka ja lämmönsiirto n.d., 61–62.) Levylämmönvaihtimia (kuva 8) käytetään teollisuudessa ja LVI-teknikassa lämmitykseen sekä jäähdytykseen (Pihkala 2013, 105).



KUVA 8. Levylämmönvaihtimen toiminta (Alfa Laval n.d.)

Spiraali- eli kierukkalämmönvaihdin (kuva 9) koostuu kahdesta levystä, jotka ovat kierretty toistensa ympärille niin, että vuorotellen väleissä virtaa kuuma ja kylmä. Etuina on suuri lämmönsiirtokerroin, vähäinen tilantarve ja soveltuminen myös suspensioille, jotka aiheuttavat likaantumista ja korroosioita. Lämmönvaihtimella on kuitenkin suuri painehäviö. (Alfa Laval n.d.)



KUVA 9. Spiraali- eli kierukkalämmönvaihdin (Alfa Laval n.d.)

Lamellilämmönvaihdin (kuva 10) sisältää vaipan, jonka sisällä on lamelliidien ja lämmönsiirtonippu, joka muodostaa pieniä virtauskanavia. Sitä on helppo huoltaa ja se omaa korkean lämmönsiirtokertoimen. Lamellilämmönvaihtimia käytetään muun muassa voimalaitoksissa ja selluteollisuudessa. (Lämmönvaihtimet 2020, 16.)



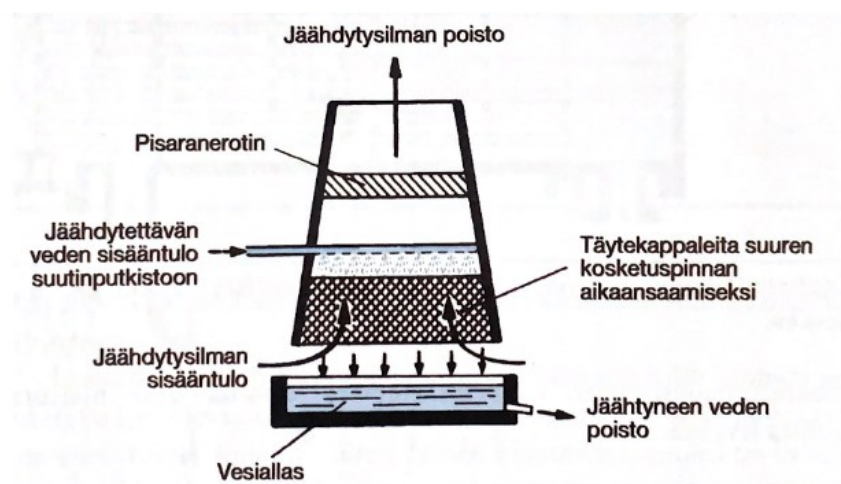
KUVA 10. Lamellilämmönvaihdin (Lämmönvaihtimet 2020, 16)

3.2.5 Jäähdytys

Tuotantolaitokset vaativat usein jäähdytysjärjestelmän, jotta voidaan taata tuotantoprosessien tehokkuus ja minimoida tuotantohävikit. Jäähdytysjärjestelmä koostuu yleensä useasta kohteesta, kuten esimerkiksi jäähdytystorneista, mekaanisista jäähdyttimistä ja lämpöpumpuista ja raakavedestä. (Hall 2018, 387.)

Jäähdytystorneissa poistetaan lämmönvaihtimissa kiertävästä jäähdytysvedestä prosessin luovuttama lämpö. Tornien jäähdytys voi toimia haihdutuksen tai ilman avulla. (Hall 2018, 387.) Yleensä jäähdytystornien vesi jäähdytetään ilmavirran

avulla, jossa ilmvirta saadaan aikaan luonnollisen ilmankierron tai puhaltimen avulla. Voimalaitoksissa ja muissa suuritehoisissa järjestelmissä käytetään luonnollisen ilmakierron avulla toimivia jäähdytystorneja. (Teollisuuden jäähdytysjärjestelmät n.d., 3.) Alla esitetyssä kuvassa (kuva 11) on havainnollistettu tällaisen jäähdytystornin mahdollista rakennetta.



KUVA 11. Luonnollisella ilmakierrolla toimiva jäähdytystorni (Pihkala 2013, 108)

Kuvassa 11 esitetyssä jäähdytystornissa vesi suihkutetaan suuttimista tornin yläosaan, josta pisarat tippuvat niiden alapuolella sijaitsevaan kouruun. Tippuesa-
naan pisarat jäähtyvät, kun ilma virtaa vastavirtaan. Pudotessaan ne luovuttavat myös lämpöä ilmaan ja ilmaan haihtuvan veden höyrystämiseen. Kourusta vesi pumpataan uudelleen käytettäväksi. (Pihkala 2013, 108.)

Suuritehoisissa laitoksissa käytetään jäähdytykseen myös raakaveden läpivirtausta, jos vettä on käytettävissä tarpeeksi. Raakavedellä tarkoitetaan puhdistamatonta vettä, jota tuotantolaitokset voivat ottaa pinta- tai pohjavesilähteestä, kuten järvestä tai joesta. Jäähdytysjärjestelmässä läpivirranut vesi voidaan laskea takaisin vesistöihin. Raakavettä voidaan myös hyödyntää jäähdytystorneissa. (Teolliset jäähdytysjärjestelmät n.d., 3.)

Teollisuudessa käytetään myös suljettuja jäähdytysjärjestelmiä, joissa kiertävä prosessiaine jäähdyttää putkia tai kierukoita. Kun putket tai kierukat jäähtyvät, viillenee myös niissä kiertävä aine. Märissä järjestelmissä ilmavirran avulla jäähdytetään putkia tai kierukoita, jolloin niiden pinnalle suihkutettu vesi haihtuu. Kun

putkia tai kierukoita jäähdytetään vain ilmvirran avulla, puhutaan kuivista järjestelmistä. Suljettuja järjestelmiä käytetään yleensä pienitehoisissa laitoksissa. (Teollisuuden jäähdytysjärjestelmät n.d., 3.)

3.3 Prosessiautomaatio

Prosessiautomaatiolla tarkoitetaan usein prosessiteollisuuden käyttöön rakennettua automaatiota. Tuotantoprosessit koostuvat erilaisista yksikköprosesseista, kuten esimerkiksi pumppauksesta ja kuivatuksesta. Prosessiautomaatio koostuu pääosin yksikköprosessien ja -operaatioiden hallinnasta ja tätä kautta koko tuotannon hallinnasta. Tehtäväkenttään voi myös sisältyä muun muassa prosessin laitteiden ja koneiden kunnonvalvontaa sekä tuotteiden laadunvalvontaa. (Kippo & Tikka 2008, 12–13.)

Automaatio on mittauksiin perustuvaa säätöä prosessiteollisuudessa. Automaatiojärjestelmä poimii tuotantoprosessista jatkuvasti mittaustietoja, joita verrataan vertailusignaaleihin. Operaattorille esitetään nämä mittaustiedot valvomon päätteillä. Mittaustietojen ja vertailusignaalin erotuksen pohjalta järjestelmä laskee tarvittavat ohjaukset ja lähettää toimilaitteille ohjaussignaaleja. Signaalien avulla toimilaitte suorittaa toimintoja, joiden avulla mittaus pysyy lähellä vertailusignaalia. Operaattori voi puuttua järjestelmän ohjauksiin valvomon päätteeltä, jos tilanne vaatii. (Kippo & Tikka 2008, 13; Prosessiautomaatio 2000, 1.)

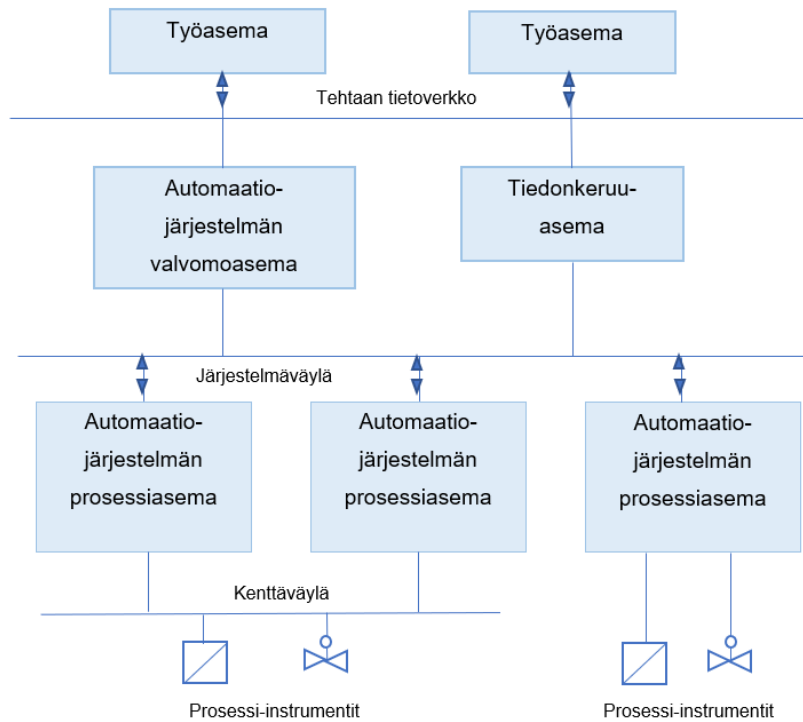
Automaatiojärjestelmä saa prosessiin kytkettyjen mittalaitteiden kautta jatkuvasti mittaustietoja. Mittaustietojen perusteella järjestelmä ohjaa prosessia toimilaitteillaan. Mittalaitteet muodostuvat anturista eli tuntoelimestä ja mittalähettimestä. Mittalähetin muuntaa anturin viestin standardiviestiksi, joka on helpompi siirtää ja muiden mittalaitteiden käsitellä. Prosessin toimilaitteet muodostuvat toimielimistä ja -moottorista. Niillä voidaan vaikuttaa prosessiin halutusti, esimerkiksi venttiilin avulla voidaan säätää putkiston virtausta pienemmäksi tai suuremmaksi. (Kippo & Tikka 2008, 13.)

Nykyään mitta- ja toimilaitteilla on omat mikroprosessorit, jotka käsittelevät dataa itsenäisesti ja kommunikoivat saadusta datasta muiden laitteiden prosessorien

kanssa. Mikroprosessorin omaavia laitteita kutsutaan älykkäiksi kenttälaitteiksi. Nämä laitteet kommunikoivat toistensa kanssa, muiden automaatiolaitteiden kanssa ja kenttäväylän kautta myös ihmisen kanssa. (Kippo & Tikka 2008, 13.)

Järjestelmän ala-aseilla eli tietokonelaitteilla suoritetaan haastavaa laskentaa ja tiedon käsittelyä, jotta tieto voidaan muuntaa prosessia valvovalle henkilölle sopivammaksi. Ala-asemat vaihtavat tietoja keskenään järjestelmäväylän avulla, joka muistuttaa toimistoilla käytettävää paikallista tietoverkkoa. Valvomolaitteet ovat prosessijärjestelmän laitteita, jotka ovat rakennettu palvelemaan prosessin parissa operoivaa henkilöä. Käyttöliittymän avulla operaattori voi valvoa ja ohjata laajojakin tehdaskokonaisuuksia suurissa valvomoissa, kun ennen valvomot olivat pieniä ja yhdelle henkilölle tarkoitettuja. Suuren valvomon etuina on apu muista operaattoreista, jotka voivat auttaa häiriötilanteen tullessa. (Kippo & Tikka 2008, 13–14.)

Laite, järjestelmä tai sen osa voidaan kahdentaa tai kolminkertaistaa, jotta voidaan taata laitteen, järjestelmän tai toiminnon jatkuminen ja turvallinen toiminta, jos laite, järjestelmä tai sen osa vikaantuu. Tätä kutsutaan redundanttisuudeksi, jota hyödynnetään erilaisissa järjestelmissä, kuten automaatiojärjestelmissä. (Kippo & Tikka 2008, 14.) Alla olevassa kaaviossa (kuvio 1) on havainnollistettu automaatiojärjestelmän yksinkertaista rakennetta.



KUVIO 1. Automaatiojärjestelmän yksinkertaistettu rakenne (Kippo & Tikka 2008, 14, muokattu)

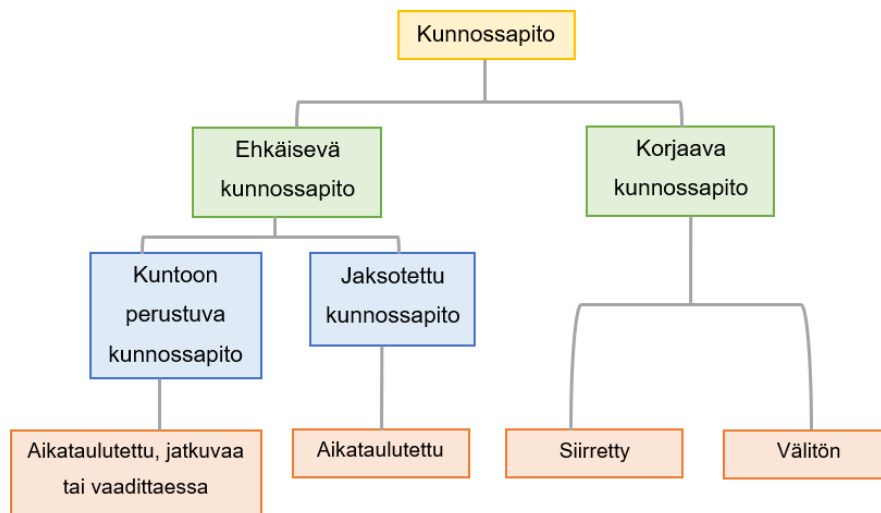
3.4 Kunnossapito

Kunnossapito koostuu kaikista niistä teknisistä, hallinnollisista ja johtamiseen liittyvistä toimenpiteistä, joiden tavoitteina on pitää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se kykenee suorittamaan edellytetyn toiminnan koko kohteen elinkaaren ajan. Kohde voi olla jonkinlainen prosessin osa, laite, komponentti, toiminnallinen yksikkö, osasysteemi, järjestelmä tai välineistö. (Järviö 2012a, 4–5.) Kunnossapitoon sisältyy suunnitteluheikkouksien korjaaminen, oikeiden käyttösuhteiden noudattaminen, laitteen toimintakunnon ylläpitoa ja palauttamista alkuperäiseen kuntoon sekä käyttö- ja kunnossapitotaitojen kehittämistä. Kunnossapito pitää myös sisällään koneiden luotettavuuden ja käytettävyyden hallinnan. (Järviö 2006, 11–12.)

Kunnossapidon keskeisimmät tavoitteet ovat hyvä käyttövarmuus sekä korkea tuotannon kokonaistehokkuus (KNL). Käyttövarmuutta voidaan mitata ja arvioida esimerkiksi laitteen käynti- ja käyttöajalla. Kokonaistehokkuus voidaan laskea kertomalla käytettävyys (K), toiminta-aste (N) ja laatukerroin (L). K-kerroin

lasketaan minuutteina, N-kerroin lasketaan tuotantomäärinä ja L-kerroin ilmaisee, kuinka suuri osa tuotannosta toimitettiin markkinoille. Standardissa PSK 7501:2010 on määritelty kunnossapidon tunnusluvut, joilla mitataan, kuinka hyvin tavoitteet on saavutettu. (Järviö 2012b, 59–60.)

Kunnossapitolajit jaotellaan eri tavoin, kun käytetään erilaisia standardeja. Alla esitettyssä kuviossa 2 on kuvattu kunnossapitolajit standardin SFS-EN 13306 mukaan, missä kunnossapitolajit jaetaan vian havaitsemisen perusteella. Ennaltaehkäisevä kunnossapito on suoritettu ennen vian havaitsemista ja korjaava kunnossapito suoritetaan taas vian havaitsemisen jälkeen. (Järviö 2012b, 46–47.)



KUVIO 2. Kunnossapitolajit standardista SFS-EN 13306:2010 (Järviö 2012b, 46, muokattu)

Ehkäisevää kunnossapitoa suoritetaan säännöllisesti tai asetettujen kriteerien täytyessä. Se jaotellaan kuntoon perustuvaan ja jaksotettuun kunnossapitoon. Kuntoon perustuvaan kunnossapitoon sisältyy muun muassa kohteen kunnan valvontaa, testausta ja/tai tarkastamista, joiden tulosten perusteella suoritetaan vaadittuja toimenpiteitä. Jaksotettua kunnossapitoa suoritetaan määrättyjen aikajaksojen tai käytön määrän mukaisesti ilman kohteen toimintakunnan tarkastusta. (Järviö 2012b, 49–50.)

Korjaava kunnossapito suoritetaan vian havaitsemisen jälkeen, kun kohde halutaan palauttaa tilaan, jossa se voi suorittaa vaaditun toiminnan. Esimerkkitapauksia ovat häiriökorjaukset ja laitteiden tai varaosien kunnostaminen. (Järviö 2012a,

6.) Korjaava kunnossapito voidaan jakaa siirrettyyn ja välittömään. Siirretyssä korjaavassa kunnossapidossa kohdetta ei korjata välittömästi vian havaitsemisen jälkeen, vaan korjausta siirretään annettujen ohjeiden mukaisesti. Välitöntä korjaavaa kunnossapitoa suoritetaan välittömästi vian havaitsemisen jälkeen, jotta voidaan minimoida kohteen viasta aiheutuvat seuraukset. (Järviö 2012b, 53.) Suunnittelematon kunnossapito saa aikaan välillistä tappiota, jotka ovat usein merkittävästi suurempia kuin kunnossapidon välittömät kustannukset. Tällaisia kustannuksia ovat esimerkiksi varaosa- ja materiaalikustannukset. (Järviö 2012b, 103–104.)

Hyvä kunnossapito voidaan tunnistaa siitä, että liki 80 % työkuormasta on tiedossa kolme viikkoa aiemmin. Tämä työkuorma koostuu tarkastuksista, toimintaolosuhteiden vaalimisesta, suunnitellusta korjaamisesta ja modernisoinneista. Ehkäisevällä kunnossapidolla voidaan minimoida laitteen rikkoutumisen mahdollisuus sekä sen toimintakyvyn heikkeneminen. Näin ylläpidetään kohteen käyttöominaisuuksia, estetään laitteen vaurioituminen ja palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä. Ehkäisevällä kunnossapidolla siis voidaan varmistaa parempi prosessin luotettavuus. (Järviö 2012b, 95–97.) Kun kunnossapito on suunniteltua, voidaan kustannuksissa säästää merkittävästi. Suunnittelematon kunnossapito aiheuttaa tuotannonhäiriöitä, joiden synnyttämä katemenetys voi olla yli 10-kertainen verrattuna ehkäisevän kunnossapidon kustannuksiin. (Järviö 2012b, 103.)

4 PROSESSI- JA INSTRUMENTOINTIKAAVIO

Prosessi- ja instrumentointikaavio eli PI-kaavio on prosessin virtauskaavio, jonka suunnitteluun, laatimiseen ja sisältöön on määritelty erilaisia vaatimuksia PSK:n ja SFS:n eri standardeissa. Prosessi on kuvattu kaavioon standardissa määritettyjen piirrosmerkkien avulla. Kaavio sisältää myös merkittävää tietoa mittaus- ja ohjaustoimintojen osalta. PI-kaaviota käytetään erilaisissa suunnitteluprojekteissa, kunnossapidossa, prosessimuutoksien yhteydessä sekä prosessitoiminnan ja automaation kokonaisuuden hahmottamisessa. Kaavio on erittäin tärkeä dokumentti, kun tehdään automaatio suunnittelua. (Kippo & Tikka 2008, 91; PSK 3603 2012, 3.)

PI-kaavion tehtävä on kuvata prosessi, sen komponentit ja niiden perustiedot sekä kuvata kyseisten komponenttien sijainti prosessissa. Kaavion tarkoitus on myös toimia käytännön työkaluna, kun prosessista halutaan saada tietoa tai siihen perehtyä. Sitä käytetään usein pohjana jatkosuunnittelussa ja kustannusarviossa. (PSK 3603 2012, 3.)

4.1 Tietosisältö

PI-kaaviossa kuvataan prosessi yksityiskohtaisesti. Kaaviot rajataan aiheen perusteella, esimerkiksi prosessi-, ja käyttöhyödykekaavioiksi. Niissä ei useimmiten esitetä prosessiolosuhteita tai virtausmääriä. Kaavion tietosisällölle on asetettu vähimmäisvaatimukset standardissa PSK 3602. (PSK 3603 2012, 3.)

Kaaviossa tulee esittää kaikki prosessin laitteet, niiden laitetunnukset ja laitteiden nimet sekä päälaitteiden rakenne ja kapasiteetti. Myös laitteiden ilmastus-, puhdistus- ja tyhjennysyhteet tulee esittää numeroituina tai muuten yksilöityinä. Kaaviossa esitetään laitteiden kallistukset, asennuskorkeudet tarvittaessa sekä tarvittavat varusteet, jos laite halutaan erottaa turvallisesti prosessista. (PSK 3603 2012, 3.)

Putkilinjatunnuksia tulee käyttää kaikissa putkilinjoissa. Ainoana poikkeuksena ovat instrumentointiputkistot, joissa ei tarvitse käyttää putkilinjatunnuksia. Putki-varusteet ja -luokat, putkiston kaltevuus ja lämpösaatot sekä putkien huomautukset ja erityistiedot tulee myös esittää. Kaaviossa kuvataan käyttöhyödykkeiden liitännät prosessiin sekä tulevat että lähtevät virrat osoitteineen ja tunnuksineen. (PSK 3603 2012, 3–4.)

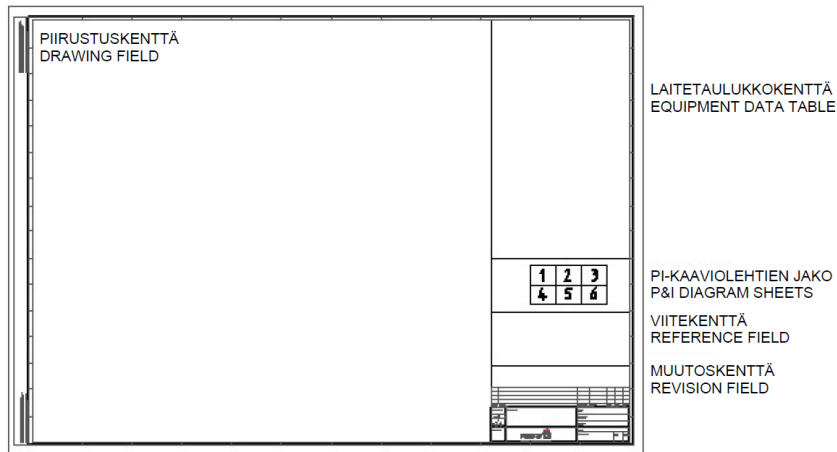
PI-kaaviossa kuvataan myös putkiston kaikki automaatti-, käsi- ja suuntaventtiilit tunnuksineen. Myös venttiilin asento eli onko se auki vai kiinni normaalitilassa on hyvä esittää kaaviossa. Näytteiden ottokohdat ja niiden analysaattorit tulee esittää muiden mittauspisteiden, -kojeiden ja -laitteiden lisäksi. Prosessin säätölaitteet ja -piirit esitetään myös kaaviossa. (PSK 3603 2012, 3–4.)

Asia tai jokin prosessin osa tulee esittää vain yhdessä kaaviossa. Kuitenkin luetavuuden helpottamiseksi sama asia voidaan esittää toisessakin kaaviossa, mutta tällöin se tulee tehdä katkoviivoja käyttäen. (PSK 3603 2012, 4.)

4.2 PI-kaavion piirtäminen

4.2.1 Kaavion pohjalomake

PI-kaavion pohjalomakkeena hyödynnetään yleisesti käytettyä piirustus pohjaa. Kaaviota tehdään yleensä kolmea kokoa: erikoispitkälle arkille, pienelle ja suu-
relle standardiarkille. Kaaviot piirretään useimmiten A1-kokoon, josta tiedosto on tulostettavissa A-3 kokoon. (PSK 3603 2012, 5.) Alla olevassa kuvassa (kuva 12) on kuvattu yleisesti käytetty piirustus pohja.



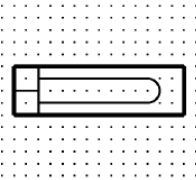
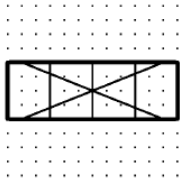
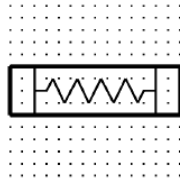
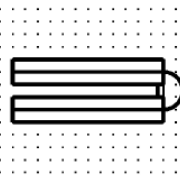
KUVA 12. PI-kaavion pohjalomake (PSK 3603 2012, 5)

Lomakkeen piirustuskenttään on tarkoitus sijoittaa piirrettävä PI-kaavio. Kaikki PI-kaaviot eivät sisällä laitetaulukkokenttää, PI-kaaviolehtien jakoa, viite- tai muutoskenttää. Laitetaulukkokenttään tulee laatia kaavion päälaitteiden suunnittelu-arvot. Kaavion oikeassa alalaidassa sijaitsee otsikkotaulu, johon kirjataan kaavion tiedot, kuten tekijä, nimi, piirustusnumero, kaavion versio ja niin edelleen. (PSK 3603 2012, 5–6, 13.)

4.2.2 Piirrosmerkit

PI-kaavioiden piirrosmerkkeinä käytetään standardissa PSK 3601 määritettyä symbolikirjastoa. Kaavioissa käytettävät piirrosmerkit ovat esitetty myös standardissa PSK 3605. Standardia PSK 3605 käytetään yhdessä standardin SFS-EN ISO 10628-2 kanssa, sillä PSK 3605-standardilla täydennetään SFS-standardia. (PSK 3605 2016, 1.)

Standardin PSK 3605 piirrosmerkit ovat kuvattu moduuliruudukolle, jossa apupisteiden etäisyys toisistaan on 2,5 mm. Piirrosmerkeissä viivanleveytenä on käytetty ääriviivoissa 0,5 mm sekä symbolien sisäosissa 0,25 mm. Pääputkilinjan viivanleveytenä käytetään 1,0 mm ja toissijaisena putkilinjan viivanleveytenä käytetään 0,5 mm. (PSK 3605 2016, 3.) Kuvassa 13 on esitetty standardissa PSK 3605 kuvattuja symboleja lämmönsiirtimistä.

 <p>A0305 Lämmönsiirrin, U-putki Heat exchanger with U-shaped tubes</p>	 <p>A0306 Levylämmönsiirrin Heat exchanger of plate-type</p>	 <p>A0307 Kierukkaputkilämmönsiirrin Heat exchanger with coil shaped tubes</p>	 <p>A0308 Kaksoisputkilämmönsiirrin Heat exchanger of double-pipe type</p>
--	---	--	---

KUVA 13. Lämmönsiirtimien piirrosmerkkejä (PSK 3605 2016, 8)

Piirrosmerkkejä voidaan käännettä ja peilata, jos merkit eivät ole riippuvaisia suunnasta. Joidenkin piirrosmerkkien kokoa voidaan muuntaa, jos halutaan kuvata paremmin laitteiden mittasuhteita. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi säiliöt ja kuljettimet. (PSK 3605 2016, 48.)

4.2.3 Instrumentoinnin ja laitteiden tunnukset

Jos tuotantolaitoksella ei ole käytössä omaa instrumentoinnin tai laitteiden merkitsemisjärjestelmää, merkitseminen voidaan toteuttaa eri standardien menetelmällä. Instrumentti on teollisuudessa käytetyille laitteille yleisnimitys. Näitä laitteita voidaan käyttää prosessin mittaamiseen, datan muokkaamiseen ja välittämiseen tai prosessin ohjaukseen (Sivonen 1995, 9.)

PI-kaavion instrumentin tunnuksessa kuvataan säätö-, ohjaus- ja mittapiirien toiminta sekä erilaiset lukitus- ja hälytystarpeet. Tunnus on kirjainnumeryhdistelmä, joka esitetään ympyrän sisällä. Ympyrä on jaettu kahteen osaan, jossa instrumentin tunnus on kuvattu standardin SFS-ISO 14617-6 mukaisesti. Yläosassa esitetään toimintojen kuvaus kirjainsymbolien avulla. Alaosassa esitetään yksilöivä numerosarja, joka kuvaa instrumentin sijaintia prosessissa tai on vain piiriin juokseva numero. (Kippo & Tikka 2008, 93.) Alla olevassa taulukossa (taulukko 3) on kuvattu standardin SFS-ISO 14617-6 mukaiset kirjaintunnukset, jolla voidaan kuvata instrumentin toiminnot.

TAULUKKO 3. PI-kaavion tunnuskirjainjärjestelmä (Kippo & Tikka 2008, 96, muokattu)

Kirjain-tunnus	Mittasuure tai sen alkuperä	Lisämäärite	Toiminta
A			Hälytys
B			Eri tilojen näyttö
C			Ohjaus
D	Tiheys	Ero	
E	Sähkösuureet		Anturitoiminta
F	Virtaus	Suhde, murtoluku	
G	Pituus, asento		Tarkastelu
H	Käsiohjaus		
I			Osoitus
J	Teho	Pyyhkäisy, jaksottainen toiminta	
K	Aika	Muutosnopeus	
L	Pinnankorkeus		
M	Kosteus	Hetkellisesti	
P	Paine, alipaine		Näytteenotto
Q	Laatu	Yhtenäinen, kokonainen	Yhdistäminen, summaaminen
R	Säteily		Rekisteröinti, tallennus
S	Nopeus, taajuus		KytKentä
T	Lämpötila		Lähetäminen
U	Monimuuttuja		Monitoiminta
V	Käyttäjän valittavissa		Venttiili, toimiyksikkö
W	Paino, voima	Kertominen	
Y	Käyttäjän valittavissa		Muuntaminen, laskenta
Z	Tapahtumien lukumäärä, määrä		Hätä- ja turvatoiminto

PI-kaaviossa kaikilla laitteilla ei ole monikirjaimista ja numeroitua tunnusta. Toimintatavat ovat PI-kaavioissa käytetyille laitetunnuksille tuotantolaitos kohtaisia. PI-kaaviossa esitetään usein vain laitteelle käytetty kirjain ja numerosarja, joka kuvaa laitteen sijaintia tai on juokseva numero. Alla esitetyssä taulukossa 4 on kuvattu standardin SFS-EN ISO 10628 mukaiset kirjaintunnukset laitteille. Taulukkoa voidaan käyttää apuna tuotantolaitoksen PI-kaavion laitetunnusten työstämisessä (Kippo & Tikka 2008, 97–98; PSK 3603 2012, 14–16.)

TAULUKKO 4. Prosessilaitteiden tunnuskirjaimet (Kippo & Tikka 2008, 97)

Tunnus	Laitteet ja koneet	Venttiilit
A	Muu laite	
B	Säiliöt, tankit, siilot	Sulkuventtiili
C	Kemialliset reaktorit	
D	Höyryn/kaasun keittimet	
F	Suodattimet	Suodatin, sihti, siivilä, yms.
G	Hammasvaihteet	Tarkistuslasi
H	Nosto, kuljetus, siirto	Ohjausventtiili
K	Kolonnit	Höyryloukku
M	Sähkömoottorit	
P	Pumput	
R	Säiliöt, joissa on sekoitin	Takaiskuventtiili
S	Lingot	Turvatoiminnan venttiilit ja varusteet
T	Kuivaajat	
V	Kompressorit, puhaltimet	Venttiili (yleensä)
W	Lämmönsiirtimet	
X	Syöttö- ja jakelulaitteet	Muut venttiilit ja varusteet
Y	Käyttöyksiköt	Muut turvatoiminnan venttiilit ja varusteet
Z	Murskaimet, jauhimet	Mittalaippa, umpilevy

4.2.4 Kaavion layout

PI-kaavion piirustus pohjalle tulisi varata tilaa otsikkotaulun yläpuolelle laitetietotaulukoiden, muiden luetteloiden sekä huomautusten kirjaamiselle. Kaavioon sijoitetaan prosessivirtojen tulo- ja lähtöosoitteet, niin että tulovirrat ovat kaavion vasemmalla puolella ja poistuvat virrat oikealla puolella. Laitteet piirretään kaavioon niin, että ne ovat operointijärjestyksessä vasemmalta yläreunasta oikealle. Laitteet tulee sijoittaa kaavioon niin, että sen instrumentointi mahtuu myös. (PSK 3603 2012, 7.)

Putket tulee piirtää mahdollisimman suoriksi ja lyhyiksi välttämällä tarpeettomia mutkia ja risteyksiä. Putkien liittymiin, laitteeseen tuloon ja tarvittaessa putkien kulmiin tulee piirtää virtausnuolet. Jos virtausta on molempiin suuntiin, virtausnuolia ei sijoiteta vastakkain, vaan jätetään niille pieni väli. (PSK 3603 2012, 7.)

Jos prosessi on yksinkertainen, sisältää vähän laitteita ja putkilinjoja, se voidaan esittää niin, että prosessi- ja käyttöhyödykelinjat ovat sijoitettu samalle kaaviolehdelle. Muissa tapauksissa käyttöhyödykkeet suunnitellaan ja kuvataan omina kaavioina. Tällöin kuitenkin prosessiin ja prosessin ohjauksessa käytetyt komponentit tulee esittää käyttöhyödykekaavioissa katkoviivoin. (PSK 3603 2012, 7.)

4.2.5 Kaavion laatiminen

PI-kaavion laatiminen aloitetaan piirtämällä ja merkitsemällä kaavion keskeisemmät asiat ja lyhenteet. Jos lehtiä tarvitaan enemmän kuin yksi, yksi lehdistä varataan prosessi- ja mekaanisen suunnittelun tarpeisiin ja toinen lehdistä varataan automaatio- ja sähkösuunnittelun tarpeisiin. Kaavio tulisi jakaa eri lehdille niin, että jokaisella lehdellä kuvataan jokin osaprosessi tai kokonaisuus. Kaavio tulisi myös olla piirretty eri lehdille niin, että se voidaan tarvittaessa yhdistää yhdeksi isoksi kaavioksi. Yhdelle kaaviolehdelle sopiva määrä laitetunnuksellisia laitteita on 1–15 kappaletta, jotta kaavio pysyy helppolukuisena.

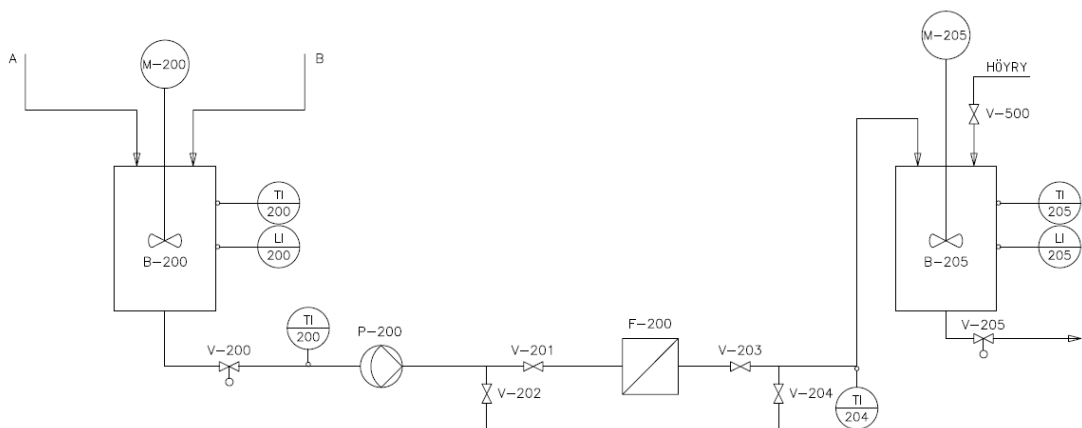
Standardeissa on esitetty lisää vaatimuksia esimerkiksi putkien piirtämiselle ja instrumenttien sijoittamiselle. Erilaisiin instrumentteihin tulee myös lisätä erilaisia merkintöjä tarvittaessa. Kyseiset vaatimukset ovat esitetty standardin PSK 3603 luvussa viisi. (PSK 3603 2012, 7–14.)

5 TOIMINNANKUVAUS

Hartsiliimojen valmistusprosessin toiminnankuvaus (liite 1) sekä hartsiliimojen valmistusprosessin päivitetyt PI-kaaviot (liitteet 2–5) ovat luottamuksellista tietoa, joten ne ovat luovutettu toimeksiantajalle ja poistettu tästä opinnäytetyöstä. Alla on kuvattu esimerkki, jonka avulla voidaan esitellä toiminnankuvauksen periaate.

Toiminnankuvauksessa esitellään, mitä prosessissa tapahtuu kussakin vaiheessa. Kuvausta laatiessa on hyvä huomioida sen käyttötarkoitus, joka määrittää, kuinka yksityiskohtainen ja kattava kuvauksesta tehdään. Jos toiminnankuvauksen käyttökohde on esimerkiksi uusien työntekijöiden perehdytysmateriaali, se voi olla suurpiirteinen. Jos toiminnankuvauksen käyttökohde on taas jonkinlainen suunnitteluprojekti, tulee kuvauksen olla yksityiskohtainen.

Esimerkkinä toiminnankuvauksesta voidaan käyttää kuvitteellista prosessia, jonka PI-kaavio on kuvattu alla olevassa kuviossa (kuvio 3). PI-kaavion laadinnassa ei ole noudatettu kaikkia standardeja, esimerkiksi piirrosmerkkien osalta. Esimerkkiprosessissa virtaa aine A ja B, jotka sekoitetaan säiliössä B-200. Seos voidaan suodattaa halutessaan, ennen siirtoa varastosäiliöön B-205. Säiliöiden pohjaventtiilit V-200 ja V-205 ovat automaattiventtiilejä, muut prosessin venttiilit ovat käsiventtiilejä.



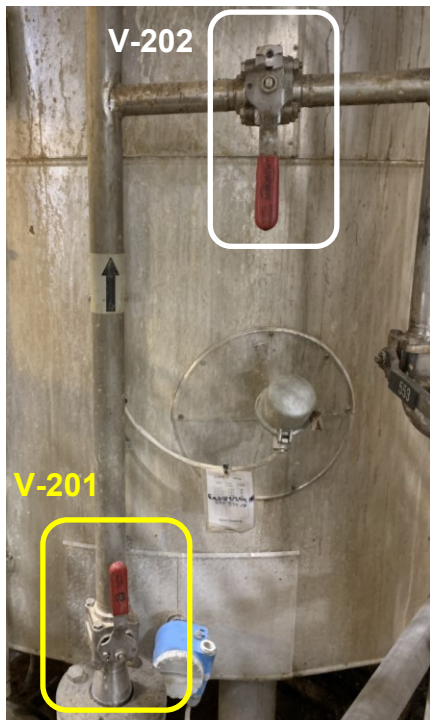
KUVIO 3. Esimerkkiprosessin PI-kaavio

Kun ainetta A ja B on virrannut säiliöön B-200, seosta sekoitetaan sekoittimen M-200 avulla. Sekoitus voidaan käynnistää ohjauspaneelista (kuva 14), kun seosta on säiliön tilavuudesta noin 20 %. Pinnanmittauksen LI-200 avulla voidaan seurata seoksen määrää säiliössä B-200. Seoksen lämpötilaa voidaan myös seurata lämpötilamittauksen TI-200 avulla.



KUVA 14. Sekoittimen M-200 kytkin

Kun seos on sekoittunut tarpeeksi, avataan säiliön B-200 pohjaventtiili V-200 prosessinohjausjärjestelmästä, jolloin seos pääsee virtamaan kohti siirtopumppua P-200. Ennen säiliön B-200 pohjaventtiilin V-200 avaamista kuitenkin tulee tarkistaa, että venttiilit V-201, V-202, V-203 ja V-204 ovat halutussa asennossa. Jos halutaan, ettei se seos kulje suodattimen F-200 läpi suljetaan venttiilit V-201 ja V-203 sekä avataan venttiilit V-202 ja V-204. Jos seos taas halutaan suodattaa suodattimen F-200 läpi, suljetaan venttiilit V-202 ja V-204 sekä avataan V-201 ja V-203. Kuvassa 15 venttiili V-201 suodattimelle on korostettu keltaisella ja suodattimen ohituslinjan venttiili V-202 on korostettu valkoisella. Kuvassa 16 on esitetty suodattimelta tuleva venttiili V-203 ja kuvassa 17 on esitetty suodattimen ohituslinjan venttiili V-204.



KUVA 15. Suodattimen venttiilit V-201 ja ohituslinjan venttiili V-202



KUVA 16. Suodattimen venttiili V-203



KUVA 17. Ohituslinjan venttiili V-204

Tarkistetaan vielä prosessinohjausjärjestelmästä, että säiliön B-205 pohjaventtiili V-205 on kiinni. Kun venttiilit ovat säädetty oikeaan tilaan, käynnistetään siirtopumppu P-200 sen ohjauspaneelista (kuva 18). Ohjauspaneelista siirtopumppu P-200 käynnistyy start-kytkimestä, asetetaan se paikalliskäytölle ja nostetaan nopeutta. Pumpaus käynnistyy ja alkaa siirtää tuotetta varastosäiliöön B-205. Pumpun P-200 käynnistyttyä asetetaan se vielä ohjauspaneelista kaukokäytölle, jolloin sitä voidaan ohjata prosessinohjausjärjestelmästä. Tuotteen lämpötilaa prosessilinjassa voidaan seurata TI-204.



KUVA 18. Pumpun P-200 ohjauspaneeli

Kun säiliössä B-205 on tuotetta noin 20 % sen tilavuudesta, voidaan käynnistää säiliön sekoitin M-205. Tuotteen määrää varastosäiliössä B-205 voidaan seurata pinnanmittauksen LI-205 avulla. Sekoitin M-205 käynnistyy sen ohjauspaneelista (kuva 19).



KUVA 19. Säiliön B-205 sekoittimen M-205 ohjauspaneeli.

Tuotteen lämpötilaa säiliössä B-205 voidaan seurata lämpötilamittauksen TI-205 avulla. Jos tuotetta halutaan vielä lämmittää, se voidaan tehdä höyryn avulla. Avataan säiliön yläpuolelta höyryventtiili V-500, jolloin höyryä pääsee säiliöön ja tuotteen lämpötila kohoaa. Kun lämpötila on tavoitearvoissa, suljetaan höyryventtiili V-500.



KUVA 20. Säiliön B-205 höyryventtiili V-500

Sekoitussäiliön B-200 tyhjentyessä tai varastosäiliön B-205 täytyessä, suljetaan pumppu P-200 prosessinohjausjärjestelmästä. Suljetaan prosessinohjausjärjestelmästä myös säiliön B-200 automaattinen pohjaventtiili V-200.

6 POHDINTA

Työn tuloksena saavutettiin selkeä ja kattava toiminnankuvaus (liite 1) hartsiliijojen valmistusprosessista. Toiminnankuvauksen data kerättiin operaattoreita haastatteleamalla ja seuraamalla, kun he operoivat prosessia. Kuvauksessa on esitetty suoritettavat toimenpiteet jokaisessa prosessin vaiheessa sekä käytettävät instrumentit eli laitteet, kuten pumput, venttiilit ja kytkimet. Suurimpaan osaan prosessin instrumenteista on viitattu kuvan kanssa, joka selkeyttää ja havainnollistaa kuvausta huomattavasti. Toiminnankuvauksessa esitetyt prosessin laitteet on esitetty instrumentti- tai laitetunnuksensa, eli positionsa kanssa. Myös nimettömille instrumenteille ja laitteille on luotu positiot kuvauksessa. Kuitenkaan kaikkia prosessin instrumentteja sekä toimintatapoja ei ole kuvauksessa esitetty, sillä toiminnankuvausta käyttävillä henkilöillä on paljon entuudestaan tietoa prosessista, joten toiminnankuvausta pystytään sellaisenaan soveltamaan. Kuvauksessa ei ole esimerkiksi esitelty jokaista mahdollista tapaa siirtää tuotetta takasäiliöstä varastosäiliöön, vaan toimenpiteestä on selostettu esimerkkitalanne.

Toinen opinnäytetyön keskeinen tulos oli päivitetty prosessi- ja instrumentointikaaviot eli PI-kaaviot (liitteet 2–5). Kaaviot päivitettiin ajan tasalle AutoCAD-ohjelman avulla. Kaavioista poistettiin käytöstä poistettuja prosessilinjoja ja laitteita. Niihin lisättiin myös uusia prosessilinjoja, laitteita ja positiotunnuksia. Nimettömille laitteille kehitettiin positiot, joissa käytettiin samoja kirjaintunnuksia (taulukko 5) kuin muissakin tehtaan PI-kaavioiden positiotunnuksissa. Kaavioiden päivitys oli opinnäytetyön haastavin osuus, sillä PI-kaaviota oli edellisen muokattu kymmenisen vuotta sitten. Prosessissa oli tapahtunut reilusti muutoksia tämän ajanjakson aikana, joten kaaviot eivät vastanneet todellisuutta tehtaalla. Data kerättiin kaavioihin jokaista prosessin putkilinjaa seuraamalla, johon kului aikaa paljon. Osa putkilinjoista johti erilaisiin säiliöihin ja laitteisiin, kun osa putkilinjoista taas ei johtanut mihinkään kohteeseen, vaan päättyi kesken. Kerätty data hahmoteltiin ensin paperille, vanhojen kaavioiden päälle, josta se päivitettiin AutoCAD-ohjelmaan. PI-kaavioiden päivitys voidaan todeta onnistuneeksi, sillä kaaviot ovat ajan tasaiset edellisiin versioihin verrattuna sekä niitä voidaan käyttää yhdessä toiminnankuvauksen kanssa.

Laadittua toiminnankuvausta ja päivitettyjä PI-kaavioita aiotaan hyödyntää automaatiojärjestelmän uudistamisessa. Ajantasaisia ja kattavia dokumentteja voidaan käyttää projektissa pohjamateriaalina. Automaation uudistamisprojektiin saatiin myös operaattoreilta kehitysehdotuksia, joita voidaan hyödyntää projektissa. Operaattoreilta tuli myös hyviä parannusehdotuksia itse hartsiliimojen valmistusprosessiin. Ehdotukset ovat esitetty toimeksiantajalle opinnäytetyöseminaarissa, eikä niitä ole esitetty tässä opinnäytetyössä.

Jatkossa toiminnankuvausta ja prosessin PI-kaavioita olisi hyvä päivittää useammin, jolloin työmäärä olisi kerralla pienempi. Jos prosessiin tehdään muutoksia, tieto olisi hyvä päivittää dokumentteihin mahdollisimman pian. Dokumenttien päivittäminen myös säännöllisesti on kannattavaa. Päivittämisväli on hyvä suunnitella ennalta ja pitäytyä siinä. Usein päivittämisväliksi suositellaan maksimissaan kahta vuotta. Tällöin dokumentit pysyvät ajan tasalla sekä niitä voidaan hyödyntää useammin erilaisissa projekteissa.

Instrumenttien ja laitteiden positioiden on käytetty tehtaalla useaa eri tapaa, jotka poikkeavat toisistaan. Kaikissa laitteissa ei ole positiotunnusta tehtaalla, vaikka positiotunnusta on käytetty PI-kaavioissa. Jatkokehitysideana tehtaalle voisikin olla positioiden päivittäminen yhtenäisellä ja selkeällä tavalla.

Jos automaatiojärjestelmän uudistamisen myötä prosessiin tulee uusia laitteita, olisi suositeltavaa, että ne positioidaisiin samalla tavalla kuin toiminnankuvauksessa. Tällöin järjestelmä pysyy yhtenäisempänä ja selkeämpänä. Myös projektin yhteydessä positiotunnuskylttejä voisi lisätä tehtaalle, jolloin tietyn instrumentin tai komponentin paikantaminen on helpompaa. Esimerkiksi kunnossapito voi paikantaa nopeammin huolettavan kohteen, kun laitteessa on positiotunnus.

LÄHTEET

Devasia, A. 2020. An Introduction to Batch Processing. Control Automation 10.12.2020. Luettu 12.1.2022. <https://control.com/technical-articles/an-introduction-to-batch-processing/>

Hall, S. 2018. Rules of Thumb for Chemical Engineers. 6.painos. Amsterdam: Elsevier.

Hitsatut spiraalilämmönvaihtimet. n.d. Alfa Laval. Verkkosivu. Luettu 14.2.2022. <https://www.alfalaval.fi/tuotteet-ja-jarjestelmat/lammonsiirto/levylammonvaihtimet/hitsatut-spiraalilammonvaihtimet/>

Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T. & Urpalainen, S. 2013. Voimalaitostekniikka. 2., tarkistettu painos. Opetushallitus. Tampere: Suomen Yliopistopaino Oy.

Jatkuvatoiminen prosessi luo edellytykset joustavammalle ja tehokkaammalle lääkkeiden valmistamiselle. 2021. Itäsuomen yliopisto 8.6.2021. Luettu 10.1.2022. <https://www.uef.fi/fi/artikkeli/jatkuvatoiminen-prosessi-luo-edellytykset-joustavammalle-ja-tehokkaammalle-laakkeiden>

Järviö, J. 2012a. Kunnossapidon terminologia. Promaint-lehden erikoisliite 7/2012, 4–7. Pdf-dokumentti. Luettu 31.3.2022. Vaatii käyttöoikeuden. Opinnäytetyön tekijän hallussa.

Järviö, J., Lappalainen, M. Parantainen, T., Piispa, T. & Åström, T. 2006. Kunnossapito. 3. painos. Helsinki: KP-Media Oy.

Järviö, J & Lehtiö, T. 2012b. Kunnossapito. Tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 5. painos. Helsinki: KP-Media Oy.

Kauranne, H., Kajaste, J. & Vilenius, M. 2013. Hydraulitekniikka. 2. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

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

Kippo, A. & Tikka, A. 2008. Automaatiotekniikan perusteita. Helsinki: Edita Prima Oy.

Neles. n.d. Segment valves. Verkkosivu. Luettu 13.2.2022. <https://www.neles.com/products/valves/segment-valves/neles-r-series-segmented-ball-valve-for-on-off-applications/>

Ostwald, P & Munoz, J. 1997. Manufacturing Processes and Systems. 9.painos. United States: John Wiley & Sons, Inc.

Pihkala, J. 2013. Prosessitekniikka. Prosessiteollisuuden yksikkö- ja tuotantoprosessit. 1. painoksen muuttumaton lisäpainos. Helsinki: Opetushallitus.

- PSK 3602. 2008. PI-kaavion tietosisältö. Luettu 15.2.2022. Vaatii käyttöoikeuden. https://www-psk-standardisointi-fi.libproxy.tuni.fi/Standard/Ryhma36/PSK3601_2painos.pdf
- PSK 3603. 2012. PI-kaavion esitystapa ja merkitsemisohje. Luettu 15.2.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://psk-standardisointi-fi.libproxy.tuni.fi/Standard/Ryhma36/PSK%203603.pdf>
- PSK 3605. 2008. Prosessiteollisuuden virtaus- ja PI-kaavioiden symbolit. Luettu 15.2.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://psk-standardisointi-fi.libproxy.tuni.fi/Standard/Ryhma36/PSK3605.pdf>
- Prosessiautomaatio. 2000. ABB:n TTT-käsikirja. Pdf-dokumentti. Luettu 14.2.2022. http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/24_Prosessiautomaatio.pdf
- Rossi, U. 2020. Lämmönvaihtimet. Prosessiteollisuuden koneet, laitteet ja käynnissäpito -opintojakson oppimateriaali. Pdf-dokumentti. Tampereen ammattikorkeakoulu.
- Rossi, U. 2020. Putkistot. Prosessiteollisuuden koneet, laitteet ja käynnissäpito -opintojakson oppimateriaali. Pdf-dokumentti. Tampereen ammattikorkeakoulu.
- Rossi, U. 2020. Venttiilit. Prosessiteollisuuden koneet, laitteet ja käynnissäpito -opintojakson oppimateriaali. Pdf-dokumentti. Tampereen ammattikorkeakoulu.
- SFS-EN 1333. 2006. Laipat ja laippaliitokset. Putkiston osat. PN:n määritelmä ja valinta. Luettu 20.2.2022. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/166474.html.stx>
- Sharma, K. 2015. Continuous process dynamics, stability, control, and automation. New York: Nova Publishers.
- Sinnott, R. & Towler, G. Chemical Engineering Design. 6. painos. Oxford: Elsevier.
- Sivonen, M. 1995. Teollisuuden instrumentointi. Helsinki: Painatuskeskus Oy.
- Smith, P. & Zappe, R.W. 2004. Valve Selection Handbook. 5. painos. Burlington: Elsevier.
- Solenis. 2020. Tampereen tehtaan – yleisesittely. Julkaisematon. Opinnäytetyön tekijän hallussa.
- Solenis Acquired by Platinum Equity simultaneously acquires Sigura Water. 2021. Solenis 9.11.2021. Luettu 10.12.2021. <https://www.solenis.com/en/resources/newsreleases/2021/platinum-equity-solenis-acquisition>
- Suomen Asiakastieto Oy. 2021. Solenis Finland Oy. Verkkosivu. Luettu 16.12.2021. <https://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/solenis-finland-oy/01088630/taloustiedot>

Teollisuuden jäähdytysjärjestelmät. N.d. Pdf-tiedosto. Luettu 11.2.2022.
<https://cirbcabc.europa.eu/sd/a/9f6651be-ce45-4eb2-b8e4-a25aa2c1044d/Cooling%20Systems%20FI.pdf>

Tiivisteelliset levylämmönvaihtimet. n.d. Alfa Laval. Verkkosivu. Luettu 13.2.2022. <https://www.alfalaval.fi/microsites/tiivisteelliset-levylammonvaihtimet/tyokalut/levylammonvaihtimen-toiminta/>

Uses of Plastic Pipe. n.d. Plastic Pipe and Fittings Association. Verkkosivu. Luettu 12.2.2022. <https://www.ppfahome.org/page/uses>

Virtaustekniikka ja lämmönsiirto. n.d. Aalto-yliopisto. Pdf-dokumentti. Luettu 11.2.2022. <https://mycourses.aalto.fi/course/view.php?id=20347§ion=1>

LIITTEET

Liite 1. Hartsiliimojen valmistusprosessin toiminnankuvaus

Liite 2. PI-kaavio - Hartsin purku ja sulatus 3000

Liite 3. PI-kaavio - Hartsiliimojen valmistusprosessi 3001

Liite 4. PI-kaavio – Hartsiliimojen valmistusprosessi 3002

Liite 5. PI-kaavio - Hartsiliimojen varastosäiliöt 3003