

Jari Honkanen

VESIPROSESSI OPPIMISYMPÄRISTÖNÄ - RAKENTEEN JA
OHJAUKSEN SUUNNITTELU

Automaatioteknologian koulutusohjelma
2013

VESIPROSESSI OPPIMISYMPÄRISTÖNÄ - RAKENTEEN JA OHJAUKSEN SUUNNITTELU

Honkanen Jari
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Automaatioteknologia
Tammikuu 2013 Ohjaaja: Pulkkinen, Petteri
Sivumäärä: 71
Liitteitä: 5

Asiasanat: Automaatiojärjestelmä, mittalaite, ohjauslaite, ohjelmoitava logiikka, oppimisympäristö, säätö, vesiprosessi

Opinnäytetyön aiheena oli Winnovan Kone- ja metalliosaston vesiprosessin ohjauksen suunnittelu. Yhtenä tavoitteena oli parantaa vesiprosessia oppimisympäristönä ja vastaamaan työelämän nykyisiä tarpeita. Vesiprosessin ohjauksessa ja säätämisessä tarvitaan erilaisia mittalaitteita, joiden avulla saadaan prosessista ohjaustietoa. Vesiprosessia oli jo valmiina mekaniikan osalta, mutta siitä puuttui automaationjärjestelmän osalta ohjaussofta ja vertailutietoa keräävät mittalaitteet.

Työn oleellisin osio oli vesiprosessiin sopivien mittalaitteiden selvittäminen. Prosessia tulitisiin ohjaamaan ohjelmoitavalla logiikalla tietokone avustetusti, joka jo olemassa olevalla tai tarvittaessa uudella logiikalla. Komponenttien hintojen selvittäminen hankintoja varten oli myös tärkeä osa-alue jatkotyön osalta.

Väyläratkaisujen vertailu ja tutkiminen oli myös vesiprosessin valmiiksi saattamisen jatkon kannalta oleellista.

WATER PROCESS AS A LEARNING ENVIRONMENT - DESIGNING THE STRUCTURE AND THE CONTROL SYSTEM

Honkanen, Jari
Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in Automation Technology
January 2013
Supervisor: Pulkkinen, Petteri
Number of pages: 71
Appendices: 5

Keywords: Adjustment, automatic process, control equipment, coding logic, indicator, learning environment, measurements, control software, water process

The purpose of this thesis was to design a control system for a water process learning environment. One of the goals was to improve the water system as a learning environment to meet the present needs. In order to control the process several measurements need to be done.

The mechanics of the water system were already constructed, measurements and control devices as well as the control software were missing. The main goal of the thesis was to define the needed measurements and the sensors. The process is run on the basis of the measurements by control logic. The work included also the comparison of devices by their prices and specifications. A study on field bus solutions was also included.

Sisältö

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Yleistä.....	6
1.2	Tavoitteet.....	6
2	VESIPROSESSIN POHJATIETOA.....	8
3	OPPIMISYMPÄRISTÖT.....	9
3.1	Oppimisympäristön määritelmät.....	10
3.2	Oppimisympäristöjen ryhmittely.....	11
3.3	Oppimisympäristön metaforat.....	12
3.3.1	Oppimisympäristö ekosysteeminä.....	12
3.3.2	Oppimisympäristö paikkana.....	13
3.3.3	Oppimisympäristö virtuaalilana.....	13
3.3.4	Oppimisympäristö dialogina.....	14
3.4	Oppimisympäristön perustyypit.....	15
3.4.1	Kontekstuaalinen oppimisympäristö.....	15
3.4.2	Avoin- ja suljettu oppimisympäristö.....	16
3.4.3	Teknologiapohjaiset oppimisympäristöt.....	17
4	VIISI NÄKÖKULMAA OPPIMISYMPÄRISTÖIHIN.....	17
4.1	Fyysinen.....	19
4.2	Sosiaalinen.....	19
4.3	Tekninen.....	20
4.4	Paikallinen.....	21
4.5	Didaktinen.....	21
5	KÄYTÄNNÖN ESIMERKKEJÄ OMASSA OPETUKSESSA.....	22
5.1	Simulaatiot oppimisen tukena.....	22
6	POHDINTAA: MISSÄ OPPIMISYMPÄRISTÖSSÄ TULEVAISUUDESSA OPISKELLAAN?.....	24
7	WINNOVAN VESIPROSESSIN RAKENNE JA LAITTEET.....	26
7.1	Pumppuyksiköt.....	28
7.2	Putkisto.....	30
7.3	Putkiston venttiilit.....	31
7.4	Toimilaitteet ja paineilma venttiilit.....	32
8	MITTALAITTEET JA ANTURIT.....	32
8.1	Pinnankorkeuden mittaaminen.....	35
8.2	Lämpötilan mittaaminen.....	39
8.3	Paineen mittaaminen.....	43
8.4	Virtauksen mittaaminen.....	50

8.5 Pyörimisnopeuden säätäminen ja mittaaminen.....	55
9 OHJAUS JA SÄÄTÄMINEN	58
9.1 Tiedonsiirto.....	59
9.2 Kenttäväyläratkaisut	61
9.2.1 HART- tiedonsiirtoprotokolla.....	61
9.2.2 Väyläliitynnät	63
9.2.3 Profibus- väylä	63
9.2.4 Foundation Fieldbus, FF	65
9.3 Ohjelmoitava logiikka.....	66
10 YHTEENVETO	68
LÄHTEET.....	70
LIITTEET	72

1 JOHDANTO

1.1 Yleistä

Toisen asteen ammatillinen opetus vaatii koko ajan oppimisympäristöjen kehittämistä ja päivittämistä vastaamaan työelämän tarpeita. Opetussuunnitelmien noudattaminenkin edellyttää tiettyjä oppimisympäristöjä niiden toteuttamiseen. Saattamalla opetusvälineet ja oppimisympäristöt vaatimusten tasolle pystytään opiskelijoille antamaan laadukasta opetusta.

Hyvin suunnitellut opetuslaitteistot ja oppimisympäristöt mahdollistavat opiskelijoiden suorittaa samantyyppisiä mittauksia, säätöjä sekä mahdollisia huoltotöitä, kuin oikeassa teollisuusympäristössä. Teollisuudessa ei tietysti voi tuotannon aikana tehdä kaikkia kokeiluja, joten sellaisesta on hyvä saada oikean tyyppistä tietoa jo koulussa.

1.2 Tavoitteet

Porin Tekniikkaopiston, nykyinen Winnova, Kone- ja metalliosasto alkoi 2003 suunnitella koneenasennuksen ja kunnossapidon koulutuksessa tarvittavien koneiden- ja laitteiden saattamista työ- ja elinkeinoelämän vaatimusten tasolle. Yhtenä tavoitteena tuolloin oli parantaa oppimisympäristön opetuslaitteistoja kunnossapidon ja käynnissäpidon osalta. Tavoitteena oli rakentaa opetustilojen yhteyteen harjoitus vesiprosessi.

Opetustarkoitusta varten prosessilaitteet olisivat purettavissa ja uudelleen koottavissa, joten niillä voitaisiin opiskella rakenteita, asennusta, huoltoa ja kunnostusta. Pääkomponenteiksi suunniteltiin erilaisia pumppuja, venttiileitä, putkistoja ja niiden osia sekä säiliöt ja lämmönsiirtimet.

Ensimmäisen vaiheen tavoitteena oli kahden keskipakopumpun hankinta. Pumput olisivat tiivistyksen rakenteelta nauhatiivistys ja mekaaninen tiivistys. Suoritusarvol-

taan pumpput olisivat samanlaiset, jolloin pumppauksen teoria tulisi käsiteltyä mahdollisimman tarkasti kuten, sarjaan - ja rinnankytkeminen, erilaiset säätötavat sekä virtaus- ja painetietojen analysointi. Toiseen yksikköön hankitaan myös taajuusmuuntaja, jolloin voidaan säätää virtausta.

Venttiilejä tulisi olemaan mahdollisimman montaa eri tyyppiä ja niihin tarpeelliset varaosat huoltoa ja korjausta varten.

Tämän harjoitusprosessin oli tarkoitus rakentaa vaiheittain niin, että kustannukset jakautuisivat useammalle vuodelle.

Hanke on toteutunut siihen vaiheeseen, että prosessi on koeajettu pumppujen ja putkiston kohdalta syksyllä 2011. Seuraavaksi olisi vuorossa paineilma ohjattujen venttiilien kytkeminen paineilman osalta sekä prosessin ohjauksen ja säätämisen osalta. Tarvittavien tietojen kerääminen ja niiden tuominen automaatiojärjestelmään prosessista, kuten esim. moottorivirrat, paineen - ja virtauksen mittaus ovat myös tarpeen prosessin säätämistä ja ohjausta varten. Eri kohteiden lämpötilan seuraus olisi myös tarpeen sekä pinnankorkeuden mittaus.

Aikataulutusta ei ole lyöty lukkoon, mutta lukuvuosi 2012- 2013 ja 2013- 2014 ainakin olisi aikaa työhön. Resurssit ja rahoitustarpeet käydään läpi sitä mukaan, kun hanke etenee ja tarpeita ilmenee.

Aluksi olisi hyvä saattaa piirustukset ajan tasalle. Tämän jälkeen käydään läpi prosessin rakenne putkiston ja säiliöiden osalta. Kartoitetaan mitä ohjaustietoja tarvitaan sekä miten ja millä prosessia ohjataan. Rahoituksen tarpeet tulevat myös esille, kun kartoitetaan prosessin ohjaustapoja.

Asennustöihin voidaan käyttää opiskelijoita siltä osin kuin se on mahdollista ja luvalista. Laitteiden hankinnassa pyrimme mahdollisuuksien mukaan saamaan joitakin lahjoituksia sekä myös konsultointia tarpeiden mukaan. Myös yhteistyötä muiden oppilaitosten kanssa tehdään mahdollisuuksien rajoissa. Tässä tapauksessa kysymyksen tulisi SAMK, koska heillä on käytössään vesiprosessi. Sieltä voisi saada tietoa mitä kokemuksia heillä on käyttämistään laitteista mittauksen ja ohjauksen osalta.

2 VESIPROSESSIN POHJATIETOA

Teollisuudessa käytetään yleisesti puhdasta vettä, joten sitä täytyy käsitellä prosessin avulla. Nyt ja tulevaisuudessa vedestä tulee olemaan pulaa varsinkin puhtaasta juomavedestä. Maailmalla on alettu puhumaan veden jalanjäljestä, jota voi verrata hiilijalan jälkeen. Tämän johdosta pitää kehittää yhä parempia järjestelmiä ja prosesseja, joilla aikaan voidaan mitä erilaisimmista vesijäämistä aikaan saada puhdasta juomajateollisuusvettä.

Pontimena tähän toimivat ympäristön luomat paineet, taloudelliset haasteet ja tiukentuneet lait. Teollisuuden vesien käsittelyn avainalueet ovat veden tuotanto, jäteveden käsittely ja veden kierrätys. Nämä pitävät sisällään veden hallinnan eri osa-alueita. Prosessien merkitys korostuu etenkin metallien, happojen ja epäpuhtauksien poistamiseksi ja talteen ottamiseksi.

Vesienkäsittelyratkaisujen pitää huomioida sekä tuotantoprosessin että ympäristön tarpeet ja vaatimukset. Vesienkäsittelyratkaisuja etsittäessä on tunnistettava ongelmat ja osata määrittellä vesienkäsittelyn tavoitteet. Näiden lisäksi on tiedettävä ympäristön ja prosessin asettamat rajoitukset veden käytölle, kierrätykselle ja poistamiselle prosessista. Eri ratkaisuvaihtoehtoja punnittaessa on tutkittava voidaanko ongelma poistaa itse prosessia muuttamalla. Selvitettävä on myös, mikä rajoittaa veden kierrätettävyyttä takaisin prosessiin. (<http://www.promaint.net/lehti>)

Vesiprosesseja käytetään monilla teollisuuden eri aloilla kuten metsä- ja paperiteollisuus, kaivos- ja metallurginen teollisuus, kemian teollisuus sekä erilaiset veden puhdistamot. Monilla eri koulutusaloilla olisi siis suotavaa antaa todelliseen vesiprosessiin perustuvaa opetusta ja näin ollen opetusvälineistön ja oppimisympäristöjen olisi oltava mahdollisimman lähellä näitä olosuhteita.

3 OPPIMISYMPÄRISTÖT

Oppimista tapahtuu kaikkialla. Oppiminen on kokonaisvaltainen prosessi, jota tapahtuu kaikissa ympäristöissä. Näitä voisi lähestyä viidestä näkökulmasta: fyysinen, sosiaalinen ja psykologinen, tekninen, paikallinen, didaktinen. Jaottelu perustuu Manninen, Burman, Koivunen, Kuittinen, Luukannel, Passi, Särkkä (2007, 27) kirjassa Oppimista tukevat ympäristöt esitettyyn jaotteluun.

Oppimisympäristöjen vaikutuksesta oppimiseen puhutaan nykyään yhä enemmän. Oppimisympäristö on yleisesti ollut suljettu tila, jota kutsutaan luokkahuoneeksi ja on ulkomaailmalta ”suojattu”. Nykyään asioita katsotaan laajemmin ja tämän johdosta oppimisympäristöjä tarkastellaan laajemmin. Nykyään oppimisympäristöt voidaan nähdä koulutuksen suunnittelun mallina ja ajattelutapana. Uuden oppimisympäristö - ajattelun kautta voidaan kehittää kouluja, oppilaitoksia ja luokkahuoneita entistä paremmiksi oppimista tukeviksi ympäristöiksi. Tämä ajattelutapa auttaa meitä ymmärtämään oppimisympäristöjä laajempänä kokonaisuutena ja antaa tukea opettamiselle ja oppimiselle. Yhdessä uudistetun opetustilan ja uuden teknologian avulla saavutamme nämä kokonaisuudet.

Oppimista tukeva ympäristö mahdollistaa erilaiset oppijat, ohjaa oppijaa, tukee sosiaalista vuorovaikutusta, suuntaa tarkkaavaisuutta, tukee yksilöä ryhmän jäsenenä, tarjoaa tukivälineitä ja huomioi oppijan kehitystason. Brandsfordin mukaan hyvä oppimisympäristö on oppijalähtöinen, tietokeskeinen, arviointikeskeinen ja yhteisökeskeinen. (Kalli 14.9.2009)

Teoreettisen tarkastelun lisäksi pyrimme tässä työssä tuomaan esille käytännön esimerkkejä erilaisista oppimisympäristöistä, joita olemme käyttäneet tai joita tulemme kokeilemaan omassa opetuksessamme.

3.1 Oppimisympäristön määritelmät

Oppimisympäristö käsitteenä pitää sisällään laajan kokonaisuuden, joka muodostuu fyysisestä ympäristöstä, yhteisestä, oppijoista, opettajista, oppimisenäkemyksistä, toimintamuodoista ja välineistä. Näin ollen oppimisympäristön käsite on hyvin moniulotteinen ja tarkoittaa sitä kokonaisuutta, jossa opiskelu tai oppiminen prosessina tapahtuu. Oppimisympäristöön kuuluu siis opettajan ja opiskelijoiden lisäksi erilaiset opiskelumateriaalit. ”Oppimisympäristö-käsitettä käytetään eritoten kun halutaan korostaa opiskelijan roolia aktiivisena oppijana, joka itse aktiivisesti pyrkii muokkaamaan oppimisympäristönsä tarjoamia virikkeitä mielekkääksi kokonaisuudeksi” kuten Veijo Meisalo kirjassaan *Modernit Oppimisympäristöt* kertoo. Oppimisympäristö on yleisesti määriteltynä toimintakäytäntö, jonka tarkoituksena on edistää oppimisprosessia. Oppimisympäristö on käsitteenä syntynyt kuvaamaan perinteisestä opettajajohdajaisesta opetuksesta poikkeavia opiskelukäytäntöjä. (Meisalo, 2003, 77)

Oppimisympäristön fyysiseen kokonaisuuteen kuuluu luokkahuone tai vastaava tila, taulu ja liidut tai tussit, piirtoheitin ja kalvot, lehtiötaulu, ryhmätyöhuone, käytävät, koulun kahvila, opiskelijan oma huone tai tila, jossa tehdään kotiin tulleita tehtäviä. Oppimisympäristön fyysinen kokonaisuus tietyllä hetkellä on siis jonkin asteinen yhdistelmä edellä mainituista asioista.

Oppimisympäristön tehtävänä on tukea oppimisprosessia mahdollisimman monella eri tasolla. Tällöin on otettava huomioon koko yleissivistyksen alue, johon kuuluvat niin tiedot, taidot, arvot, asenteet, eettiset ja ympäristölliset arvot. Motivaatio on myös tärkeä oppimisympäristöön liittyvä tekijä varsinkin silloin, jos oppimisympäristö ei sellaisenaan pakota opiskelijaa etenemään. Opiskelijan oma aktiivisuus ja itseohjautuvuus ovat siis lähes kaikissa oppimisympäristöissä tärkeällä sijalla. Oppimisympäristöissä opiskelija on vuorovaikutussuhteessa lähinnä opittavan materiaalin kanssa. Opettajan tehtävä on lähinnä olla ohjaamassa oppimisprosessia, toisin kuin aiemmin, jolloin opettaja toimi tiedonjakajana.

Oppimisympäristöjä sekä niiden rakenneseosia voidaan kehittää usealta eri kantilta pedagogisesti, teknisesti tai sisällöllisesti tarkastelemalla näitä osia erilaisista näkökul-

mista. Kukin oppimisympäristö on rakenneosiensä summa. Toisiin oppimisympäristöihin kuuluu tietokoneita, toisiin ei. Oppimisympäristöissä voidaan siis käyttää useita tai ei yhtään tarjolla olevista apuvälineistä. tärkeää on kuitenkin, että opiskelija sekä opittava materiaali löytyvät oppimisympäristöstä.

Oppimisympäristöjä on sekä avoimia että suljettuja, verkko-oppimisympäristöt ovat ns. avoimia oppimisympäristöjä kun taas luokkahuoneet tuntikehyksin ovat suljettuja. Avoin oppimisympäristö on oppimisprosessin ja sisällön kannalta avoin, jotka luovat puitteet tiedon aktiivisille kehittelylle ja rakentelulle. Modernit oppimisympäristöt koostuvat pedagogisen ja teknisen arkkitehtuurin varaan. Pedagogisen arkkitehtuurin tehtävänä on oppimisympäristön monipuolisuuden sekä innostavuuden luominen. Tekninen arkkitehtuuri tukee opiskelijan vapautta suorittaa opiskelun kannalta mielekkäitä ratkaisuja. Näitä kahta arkkitehtuuria yhdistelemällä pyritään saamaan aikaiseksi toimivin kokonaisuus. (Meisalo, 2003, 77 – 80)

3.2 Oppimisympäristöjen ryhmittely

Oppimisympäristöt ovat kokonaisvaltaisia toimintaympäristöjä, jotka muodostuvat monista eri tekijöistä: fyysisestä ympäristöstä, opettajista, oppijoista, erilaisista oppimisenäkemyksistä, erilaisista toimintamuodoista (verkko-oppimisympäristöt ovat tätä päivää), oppimislähteistä (perinteisesti oppikirjat, mutta tällä hetkellä oppimislähteinä sekä tiedolliset lähteet että kokemukselliset) sekä välineistä ja tavoista käyttää niitä (kuten teknologia ja mediat). (Kalli 14.9.2009)

Oppimisympäristö on ilmiönä moniulotteinen. Seuraavaksi tarkastelemme kolmea erilaista tapaa ryhmitellä ja jäsentää oppimisympäristöjä. Ensimmäisen jaottelun mukaan oppimisympäristö voidaan käsittää neljän erilaisen metaforan pohjalta joko ekosysteeminä, paikkana, virtuaalitulana tai dialogina. Tämä tarkastelu nostaa oppijan näkökulman koulutusorganisaatiolähtöisen tarkastelun rinnalle sekä tuo esille dialogiin perustuvat oppimisympäristöt. (Manninen ym. 2007, 27)

Toisen jaottelun mukaan peruskysymyksiä ovat onko oppimisympäristö avoin vai suljettu, kontekstuaalinen vai abstrakti vai teknologiapohjainen vs. ihmis pohjainen. Tämä tarkastelutapa tarjoaa todellisuutta vastaavan luokituksen, jonka avulla voidaan analysoida erilaisia oppimisympäristöjä. (Kalli 14.9.2009, Manninen ym. 2007, 27)

Kolmas tapa jäsentää oppimisympäristöjä on hyödyntää viittä näkökulmaa, jotka ovat fyysinen (käsittää oppimisympäristön tilana), paikallinen (liittyy paikkaan tai alueeseen), sosiaalinen (liittyy henkiseen ilmapiiriin ja vuorovaikutukseen), teknologinen (hyödyntää tieto- ja viestintäteknikkaa) sekä didaktinen (liittyy siihen, miten ympäristö edistää oppimista ja minkä varaan opetus ja oppiminen on rakennettu). Vasta didaktinen ulottuvuus tekee ympäristöstä oppimisympäristön. Tällöin esimerkiksi olohuoneestakin tulee oppimisympäristö, jos siellä oleskelulle asetetaan didaktisia eli oppimista tukevia tavoitteita. (Manninen ym. 2007, 16, 27)

3.3 Oppimisympäristön metaforat

Oppimisympäristön metaforien määrittely tarkastelee oppimisympäristöä yksilön ekosysteeminä, paikkana, virtuaalitulana ja dialogina.

3.3.1 Oppimisympäristö ekosysteeminä

Kun oppimisympäristöä tarkastellaan ekosysteeminä, asetetaan yksilö keskipisteesseen ja tarkastellaan, minkälaisissa sosiaalisissa verkostoissa ja tilanteissa hän arkipäivässään toimii. Kiinnostuksen kohteena on oppijan elämänpiirissä vaikuttavat tilanteet ja sosiaaliset suhteet, joissa opitaan kuten koti, koulutustilanteet, työ ja kaverit. (Manninen ym. 2007, 28)

3.3.2 Oppimisympäristö paikkana

Oppimisympäristö on fyysinen paikka, joka voi olla joko toimisto (työpaikka koneineen ja tukihenkilöineen oppimisaikana) tai tori sekä markkinapaikka, jossa oppijoilla on erilaisia välineitä, resursseja ja verkostoja käytettävissään tarpeen mukaan kuten kirjasto ja oppimiskeskus. (Manninen ym. 2007, 28)

3.3.3 Oppimisympäristö virtuaalitalana

Tietotekniikka ja kehittynyt grafiikka ovat luoneet uudenlaisia mahdollisuuksia kokea keinotekoisesti luotu ympäristö todennäköisenä. Tämä mahdollistaa uudenlaisia mahdollisuuksia oppimiseen. Youangblutin(1997) mukaan virtuaalitodellisuus voi edistää oppimista kahdella tavalla: 1) voidaan visualisoida abstrakteja käsitteitä tai tarkkailla ympäristön ilmiöitä tavalla, joka muuten ei olisi mahdollista, esimerkiksi ilmiöitä atomien tai planeettojen tasolla ja toisaalta 2) olla tekemisessä sellaisten ympäristöjen tai tapahtumien kanssa, jotka etäisyyden tai turvallisuustekijöiden vuoksi muuten olisivat saavuttamattomissa. (Salakari 2007, 120.)

Virtuaalitodellisuuden käsitettä käytetään Townen (1995, 12- 13) mukaan monella tavalla. Hän määrittelee sen olevan maailman, joka vastaa oppijan toimintaan realistisella tavalla. Virtuaalitodellisuus sisältää erilaisia tekniikoita, joilla simuloidaan todellisia tai kuviteltuja ympäristöjä, jotka osanottajat voivat tuntea tai joihin he voivat vaikuttaa.(Salakari 2007, 120.)

Virtuaalioppimisen heikkoutena pidetään liian huomion kiinnittäminen vain informaatioon ja epärealistinen luottamus siihen, että informaation esittäminen hyvin jäsennehtynä ja mielenkiintoisesti esitettynä tukisi sinänsä syvällistä ymmärrystä. Tätä Brown ja Duguid kutsuvat nimellä tietoyhteiskunnan tunnelinäkö viitaten taipumukseen erottaa informaatio niistä yhteisöllisistä käytännöistä, joiden avulla tieto ja ym-

määritys syntyvät. Uusi teknologia ”puree takaisin”, mikäli sitä kehitetään vain informaation ehdoilla. (Hakkarainen, K., Lonka, K., Lipponen, L 2004, .)

3.3.4 Oppimisympäristö dialogina

Oppimisympäristö voidaan nähdä myös ihmisten välisenä dialogina tai jopa yksilön sisäisenä dialogina. Dialogiin ei välttämättä tarvita mitään fyysistä tai virtuaalista paikkaa tai tilaa, vaikka dialogin mahdollistamiseen voi käyttää tieto- ja viestintäteknikkaa ja keskustelu voi tapahtua jossakin tilassa (seminaarihuone tai kahvila). Tärkeintä on, että dialogin tukena on toinen ihminen tai kirja tai ”sisäinen ääni”. Yleensä kuitenkin dialogin osapuolena on työkaveri, kouluttaja, toinen opiskelija, tekstiviesti tai puheenvuoro teemakeskustelualueella. (Manninen ym. 2007, 28)

Metaforat ovat päällekkäisiä tarkastelutapoja, vaikka korostavat tiettyä näkökulmaa. Ekosysteemi-oppimisympäristö voi pitää sisällään useita paikkoja kuten työväenopiston oppimiskeskus tai työpaikka ja virtuaalitiloja kuten verkkokurssi. Näissä kaikissa dialogi on keskeinen osa oppimisprosessia. Oppimisympäristöä tarkastellaan silloin ensisijaisesti oppijan näkökulmasta ts. missä kaikkialla voi oppia? Paikkaa ja / tai virtuaalitilaa korostava metafora toimii paremmin koulutusorganisaation näkökulmasta ts. mitä mahdollisuuksia tarjoamme oppijalle? Dialoginen näkökulma korostaa vuorovaikutuksen merkitystä oppimisessa. Erityisesti tieto- ja viestintäteknikan opetuskäytön yhteydessä keskustelumahdollisuudet ja dialogi ovat keskeisiä. (Manninen ym. 2007, 29)

3.4 Oppimisympäristön perustyytit

Oppimisympäristön peruskysymyksiä ovat onko oppimisympäristö avoin vai suljettu, kontekstuaalinen vai abstrakti vai teknologiapohjainen vs. ihmispohjainen. Tämä tarkastelutapa tarjoaa todellisuutta vastaavan luokituksen. Luokituksen avulla voidaan analysoida erilaisia oppimisympäristöjä. (Kalli 14.9.2009, Manninen ym. 2007, 27)

3.4.1 Kontekstuaalinen oppimisympäristö

”Uimaan oppii paremmin vedessä kuin kuivalla maalla”. Kontekstuaalisen oppimisympäristön perusajatus on oppiminen ja opiskelun siirtäminen luokkahuoneista todellisiin tai todellista jäljitteleviin ympäristöihin. Tällöin siirrytään opetussuunnitelma-ajattelusta oppimisympäristöajatteluun, jossa oppimisen kohteena ovat reaali-todellisuus ja sieltä nousevat ongelmat eikä niinkään oppisisältö. Opiskelija muuttuu aktiiviseksi kokeilijaksi ja tekijäksi ja opettaja opiskelijan tukijaksi ja ohjaajaksi. (Manninen ym. 2007, 33)

Kontekstuaalisessa lähestymistavassa oppiainekeskeisyys korvataan ongelmakeskeisyydellä. Tenttien sijasta käytetään soveltavia, todellisiin ongelmatilanteisiin liittyviä tehtäviä. Esimerkiksi matematiikan opiskelu on mielekkäämpää, jos se toteutetaan kaupassa arkisten ostosten yhteydessä. Käytännön esimerkkinä ammatillisen koulutuksen alueella toteutetusta kontekstuaalisesta oppimisympäristöstä voidaan pitää erilaisia harjoitusyrityksiä, joissa simuloidaan todellisten yritysten toimintaa ja sitä kautta opitaan yritystoimintaa. (Manninen ym. 2007, 33- 34)

3.4.2 Avoin- ja suljettu oppimisympäristö

Avoin oppimisympäristö poikkeaa perinteisestä suljetusta oppimisympäristöstä oppijan laajemman itsemääräämisoikeuden ja omaehtoisuuden osalta. Avoimessa oppimisympäristössä opiskelijalle annetaan usein suurempi vastuu tavoitteiden asettamisesta. Perinteisessä luokkahuoneopetuksessa tavoitteet ovat puolestaan konkreettisia ja opettajan asettamia. (Manninen ym. 2007, 31)

Avoimiin oppimisympäristöihin voidaan liittää seuraavia tunnusmerkkejä: opiskelijakeskeisyys, prosessikeskeisyys, selkeiden opetussuunnitelmien puuttuminen, monimuotoisten opetusmenetelmien soveltaminen opettajajohtoisen luokkahuoneopetuksen sijasta, oppimisympäristön verkostoituminen työelämään sekä opiskelijoita tukevien ohjauskäytäntöjen lisääntyminen. Ihanteeksi asetetaan oppijan itseohjautuvuus ja aktiivisuus. (Manninen ym. 2007, 31)

Täysin avoin oppimisympäristö voisi olla omaehtoinen opiskelutilanne, jossa oppija päättää opiskella itsenäisesti erilaisia materiaaleja ja oppimisresursseja käyttäen vaikkapa hitsauksen perusteet, ja koko prosessi arviointia myöten viedään läpi täysin itsenäisesti omaan tahtiin. Tämä ei välttämättä ole kuitenkaan turvallisin saati tehokain tapa oppia. Suljettu malli taas on hyvinkin yleinen ja monissa tilanteissa varsin tehokas tapa opiskella. (Manninen ym. 2007, 31- 33)

Tieto- ja viestintäteknikan avulla toteutettu opetus voi olla hyvinkin avoin oppimisympäristö ajan, paikan, opiskelutahdin ja osallistumis- ja toteutustavan osalta. Toisaalta verkkopohjainen tai vastaava teknologiaan pohjautuva oppimisympäristö voi olla myös suljettu, esimerkiksi opiskelutahdin ja sisältöjen suhteen. (Manninen ym. 2007, 33)

3.4.3 Teknologiapohjaiset oppimisympäristöt

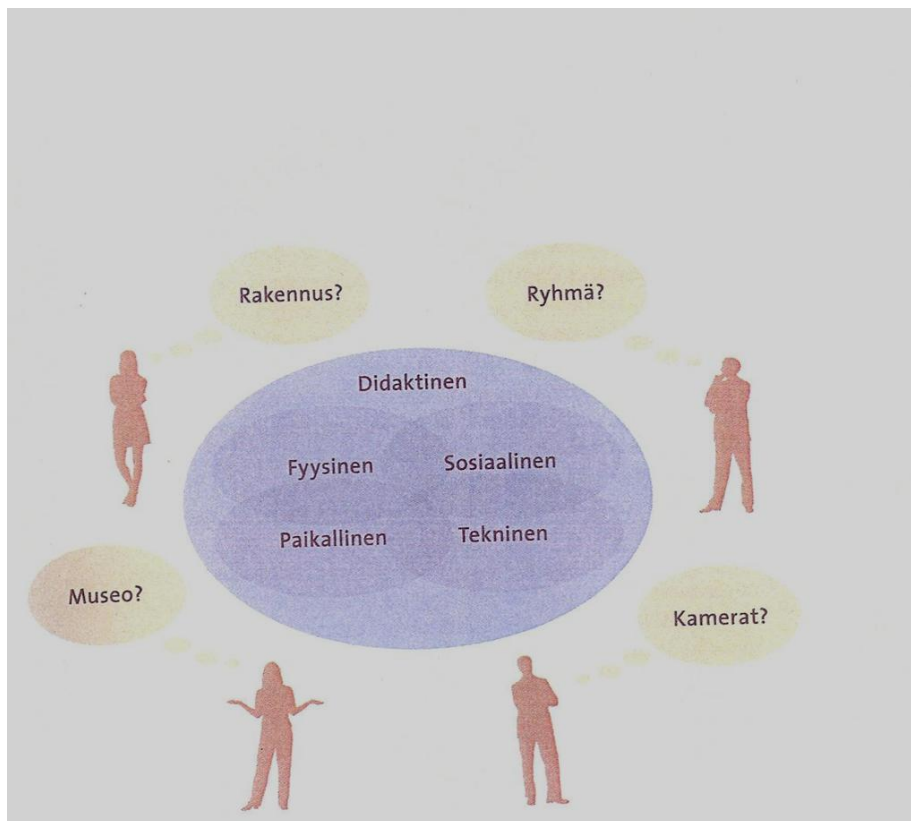
Tämän ympäristön perustyyppi on opetusteknologian varaan tai ”sisään” rakennettu oppimisympäristö. Ympäristö mielletään tieto- ja viestintätekniikan hyödyntämiseen opetuksessa ja opiskelussa. Tällä tarkoitetaan laitteistoja ja ohjelmistoja, joiden avulla voidaan käsitellä tietoa ja tallentaa, järjestellä muuntaa ja esittää sitä sähköisessä muodossa. Laitteita ovat sähköiset viestintävälineet, kuten puhelimet, faxit, tietoverkot ja tietokoneet, joiden avulla voidaan etsiä ja päästä käsiksi informaatioon.

Opetusteknologian sisään rakennettu oppimisympäristö tarkoittaa sitä, että verkkosivuilla on oppimateriaalia, opiskeluohjeita, tehtäviä, keskustelualueita ja oppimispäiväkirja. Verkkosivusto nähdään tällöin ”ympäristöksi”, jossa opiskelija liikkuu ja toimii sekä voidaan siis puhua verkkopohjaisesta oppimisympäristöstä. Oppimisympäristöiksi voidaan kutsua myös erilaisia tietokoneavusteisia opetusohjelmia ja multimediasovelluksia.

Teknologiaympäristöissä oppiminen perustuu varsin pitkälle tekemiseen, käytännön toimintaan. Venkula (1993, 61- 80) tarkastelee toiminnan yhteyttä tiedonmuodostukseen. Hänen mukaansa toiminnalla ihminen itse tekee ja on konkreettisesti mukana tapahtumassa. Tällä on merkittävä osuus tiedon muodostuksessa. (Salakari 2007, 11.)

4 VIISI NÄKÖKULMAA OPPIMISYMPÄRISTÖIHIN

Oppimisympäristöjä voidaan jäsentää hyödyntäen viittä näkökulmaa, jotka ovat fyysinen, paikallinen, sosiaalinen, teknologinen sekä didaktinen. Vasta didaktinen ulottuvuus tekee ympäristöstä oppimisympäristön. Tällöin esimerkiksi olohuoneestakin tulee oppimisympäristö, jos siellä oleskelulle asetetaan didaktisia eli oppimista tukevia tavoitteita. (Manninen ym. 2007, 16, 27)



Kuva 1. Viisi näkökulmaa oppimisympäristöihin (Manninen ym. 2007, 37)

Viisi näkökulmaa oppimisympäristöihin ovat vaihtoehtoisia ja toisiaan täydentäviä sekä osin myös päällekkäisiä. Ne kuvaavat erilaisia tulokulmia oppimisympäristöproblematiikkaan ja painottavat hieman erilaisia oppimisympäristön erityispiirteitä. Yllä olevassa kuvassa esitetyt ”henkilöt” voivat painottaa esimerkiksi museovierailua eri näkökulmista oman taustansa ja ennako-oletusten pohjalta. Tällöin esimerkiksi museopedagogi korostaa museota paikkana, opetusteknologi oppilaille jaettavia digi-kameroita, arkkitehti oppimista edistäviä tilaratkaisuja ja pedagogi oppilaiden ryhmäytymisen problematiikkaa. Didaktinen pohdinta voisi koskea sitä, miten oppimisympäristö edistää oppimista esimerkiksi minkälainen olisi digikameroiden didaktisesti järkevä käytötapa. (Manninen ym.2007, 36 – 37)

4.1 Fyysinen

Oppimisympäristöä tarkastellaan fyysisenä tilana. Tällä tarkoitetaan koulujen opetus-tilojen suunnittelua. Työssäoppimispaikoilla ja muilla työpaikoilla tapahtuvassa oppimisessa tarkastellaan vastaavasti työskentelypisteiden ja huoneiden suunnittelua. Oleellista on miten erilaiset tilaratkaisut edistävät tai estävät oppimista. Opetustiloja suunniteltaessa on hyvä huomioida mm. luontaisen vuorovaikutuksen, tiedon jakamisen ja kohtaamisen mahdollistuminen. Näkökulmassa tarkastellaan myös tilojen turvallisuutta, viihtyisyyttä, mukavuutta ja terveellisyyttä. Tukitieteinä näkökulma käyttää arkkitehtuuria, tila- ja sisustussuunnittelua sekä ergonomiaa. (Manninen ym. 2007, 38)

4.2 Sosiaalinen

Sosiaalista vuorovaikutusta korostava näkökulma pohtii kysymystä, minkälainen henkinen ja psykologinen ilmapiiri tukee oppimista. Taustalla on humanistinen psykologia, jossa tärkeänä pidetään yksilöiden kunnioitusta, osallistujien välistä luottamusta ja ryhmädynamiikkaa. Keskeisenä asiana oppimisen kannalta pidetään sitä, että oppimisympäristö tukee vuorovaikutusta, kommunikaatiota, dialogia, ryhmäprosesseja ja yhteistoiminnallisuutta. (Manninen ym. 2007, 38)

Sosiaalisen näkökulman kohdalla voidaan myös puhua käsitteestä ”oppimisilmapiiri”. Esimerkiksi opiskelemaan tottumattomien aikuisten oppimista voidaan tukea suunnittelemalla fyysiset ja henkiset oppimisympäristöt siten, että ne ovat aikuisopiskelijoita houkuttelevia ja heille luonnostaan soveltuvia. Aikuisten oppimista tukevalla ilmapiirillä voidaan nähdä seuraavia ominaisuuksia:

- molemminpuolisen kunnioituksen ilmapiiri: oppimista edistää, jos aikuiset tuntevat arvostusta ja kunnioitusta ryhmän taholta.

- yhteistyön ilmapiiri: perinteisestä koulumaisesta kilpailevasta asenteesta pitää siirtyä yhteistyöhön, koska jokainen voi oppia myös muiden kokemusten kautta.
- molemminpuolisen luottamuksen ilmapiiri: tehokas oppiminen on mahdollista vain, jos opiskelijat ja opettajat voivat täysin luottaa toisiinsa.
- tukea tarjoava ilmapiiri: ryhmän ja vetäjän tulee pyrkiä tukemaan ja kannustamaan opiskelijoita.
- avoimuuden ja luonnollisuuden ilmapiiri: opiskelijat ovat valmiita kokeilemaan uusia asioita rohkeammin ja oppimaan uutta, kun he tuntevat voivansa olla avoimia ja luonnollisia.
- mielihyvän ilmapiiri: oppimisen tulee olla miellyttävä kokemus.
- ihmisyyden ilmapiiri: opetuksessa tulisi pyrkiä luomaan sellainen ilmapiiri, että aikuiset tuntevat tulevansa kohdelluiksi ihmisinä. (Manninen ym. 2007, 39)

4.3 Tekninen

Tekninen oppimisympäristö lähestyy oppimista tekniikan kautta. Oppimisympäristökäsitteen leviämisen myötä opetusalan yleiseen kieleen johtuneen siitä, että erilaista uutta tieto- ja viestintäteknikkaa hyödyntävistä opetus- ja opiskelumenetelmistä sekä välineistä on yleisesti käytetty nimitystä oppimisympäristö. Kyse on yksinkertaisesti siitä, kuinka tieto- ja viestintäteknikkaa hyödynnetään opetuksessa ja oppimisen tukena. Edellä on puhuttu teknologian ”sisään” rakennetuista oppimisympäristöistä ja toisaalta teknologian hyödyntämisestä erilaisissa oppimistilanteissa esimerkiksi mobiililaitteiden käyttö museossa. Nykyään korostuu erityisesti uusien www-pohjainen, digitaalinen ja mobiiliteknologia. (Manninen ym. 2007, 40)

4.4 Paikallinen

Paikallisella oppimisympäristöllä tarkoitetaan varsinaisen oppilaitoksen ulkopuolella tapahtuvan oppimisen paikkoja ja alueita, joissa oppiminen tapahtuu (luonto, kaupunki, museot, näyttelyt, kulttuuripalvelut, muut oppilaitokset ym.). Kun opetus tapahtuu mahdollisimman aidossa ympäristössä, oppimistulokset saavutetaan helpommin. Lähestymistavassa korostuu myös satunnaisoppiminen jota voi tapahtua normaalissa arkielämässä.(Manninen 2007, 40)

4.5 Didaktinen

Didaktisuudella oppimisympäristössä tarkoitetaan opetustilanteen rakentamista siten, että se käynnistää oppimisen ja antaa parhaat ärsykkeet oppimisen tukemiseksi. Tässä on tärkeässä osassa opettajan toiminnan tavoitteellisuus ja siihen liittyvät valinnat.

Huomioitavia asioita opetustilanteeseen:

- opetustapa
- oppimateriaalit
- eri aistien hyödyntäminen
- opiskelijan motivointi
- oppimisen tukeminen

Tässä näkökulmassa voidaan myös huomioida eri oppimiskäsitykset, oppimistyylit ja didaktiset lähestymistavat. Kaikkiaan kyse on siitä miten opetusprosessi suunnitellaan ja oppimisympäristön tukemista erilaisilla elementeillä. (Manninen ym. 2007, 41)

5 KÄYTÄNNÖN ESIMERKKEJÄ OMASSA OPETUKSESSA

Teoreettisen tarkastelun lisäksi pyrin tässä kappaleessa tuomaan esille käytännön esimerkkejä erilaisista oppimisympäristöistä, joita olen havainnoinut, käyttänyt tai joita tulen kokeilemaan omassa opetuksessani.

5.1 Simulaatiot oppimisen tukena

Simulaatioilla tarkoitetaan tietyn todellisen tilanteen, välineen tai systeemin ja siihen liittyvien syy-seuraussuhteiden jäljittelyä. Simulaatio perustuu yleensä faktoihin ja on tavoitteeltaan rationaalinen, mutta siihen liittyy keskeisesti myös tunteet ja elämyksellisyys.(Manninen ym. 2007, 81.) Simulaatiot ovat tietokonepohjaisia ohjelmia ja ne hyödyntävät kuvaa sekä ääntä. Sillä voidaan jäljitellä kuvattavaa ilmiötä mahdollisimman tarkasti ja luonnonmukaisesti. Koulutuskäytössä olevat simulaattorit ovat yleensä lentokone-, työkone-, tuotanto- ja kemiallisten ilmiöiden simulaatiot. Näitä voidaan toteuttaa myös sosiaalisen simulaation tai roolipelien muodossa.

Simulaattoriopetuksen pedagogiikan tutkimuksen(Salakari 2004) yhteydessä löytyneet ensimmäiset syvällisen pedagogisen lähestymistavan sisältävät lähteet ovat 1990- luvun loppupuolelta. (Salakari 2007, 116.) Salakari on perehtynyt simulaattoriopetukseen ja tehnyt aiheesta väitöksen Tampereen yliopistossa 2007. Väitöksessään hän on keskittynyt lähinnä hakkuukonesimulaattoriopetukseen.

Salakarin mukaan simulaatioon perustuvan opetuksen perusidea on seuraava: Kun käytännön tilanteessa ensimmäistä kertaa joudutaan tilanteeseen, jossa on päätettävä nopeasti miten toimia. Tällöin oikeanlaisen toimintatavan löytäminen on vaikeaa. Ensimmäisellä kerralla toimitaan usein virheellisesti. Jos taas tilannetta on harjoiteltu esimerkiksi simuloimalla tilanne ja harjoittelemalla toimintaa etukäteen, mahdollisuus siihen, että aidossa tilanteessa toimitaan oikein kasvaa.

Simulaattoriopetusta suunnitellessa kiinnostavia kysymyksiä herää esille. Näitä ovat; millä tavoin käyttää simulaattoria opetuksen apuna, kuinka paljon, milloin ja mitä

taitoja haluaa opettaa simulaattorilla sekä lisäksi millä tavoin opetus pitäisi järjestää, ja miten opettajan tulisi toimia simulaattorin avulla oppimista ohjatessaan. Olennaisin kysymys on kuitenkin: Millä tavoin simulaattorin käyttö sopii jo olemassa olevaan tai suunnitteilla olevaan koulutukseen.

Usein kuuluu puhuttavan virtuaalitodellisuudesta ja mikä sen erottaa simulaattorista. Molemmat ovat tietokonesimulointiin perustuvia oppimisympäristöjä. Toisaalta suurin osa nykyisistä simulaattoreista on virtuaaliympäristöjä laajasti käsitettynä. Simulaatiot ja simulaattorit eroavat perinteisestä koulutuksesta siten, että simulaation pääsisältö on konkreettista tapahtumista ja toimintaa eivätkä käsitteet tai teoreettinen aines ole ensisijaisia. Prosessin tai tapahtumaketjun simulointi tähtää jäljitellyssä tilanteessa aitojen ja todellisten kokemusten tuottamiseen. Simulaation perusidea on, että oppija omaa tietopohjaansa uudelleen rakentaessaan on mahdollisimman kokonaisvaltaisesti ja todenmukaisesti kosketuksessa siihen todellisuuteen, jota hän pyrkii opiskelemaan ja ymmärtämään.(Salakari 2007,118.)

Simulaattorein tarve taitojen opetukseen tulee useasta syystä. Syyt liittyvät kustannuksiin, turvallisuuteen ja helpompiin tai tehokkaampiin opetusjärjestelyihin. On tapauksia joissa ei voida koulutusta varten lainkaan järjestää aidoissa olosuhteissa, vaan simulointi on ainoa mahdollisuus. Suurin syy käyttöön löytyy kustannuksista ja turvallisuustekijöistä. Simulaattorit ovat halvempia kuin aidot koneet sekä ympäristöä säästäviä. Käytettäessä oikeaa metsäkonetta opetuksessa on se silloin pois tuotanto käytöstä. Tehokkuus on myös yksi tärkeä tekijä simulaattoreiden käyttöön. Oppimisen ohjaaminen simulaattoriopetuksessa on usein myös helpompaa kuin aidoissa olosuhteissa

Winnovassa käytössä on erilaisia simulaattoreita, kuten ajokone-, harvesteri- ja hydraulikkasimulaattoreita. Näitä on käytetty vuodesta 2005 ja uusimpana on Metvirohydrauliikka simulaattori, joka on otettu käyttöön vuoden 2008 syksyllä.

6 POHDINTAA: MISSÄ OPPIMISYMPÄRISTÖSSÄ TULEVAISUUDESSA OPISKELLAAN?

Minkälainen on hyvä oppimisympäristö? Brandsfordin mukaan se on oppijalähtöinen, tietokeskeinen, arviointikeskeinen ja yhteisökeskeinen. Nykyään on alettu yhä enemmän painottaa sosiaalisen vuorovaikutuksen ja osallistuvan toiminnan merkitystä oppimisympäristöjä suunniteltaessa (Kalli 14.9.2009, Manninen ym. 2007, 74)

Tässä työssä oppimisympäristöjä tarkasteltiin fyysisinä, sosiaalisina, paikallisina, teknologisinä ja didaktisina ulottuvuuksina. Käytännössä nämä näkökulmat ovat toisiaan täydentäviä. Hyvässä oppimisympäristössä on aina mukana kaikki ulottuvuudet.

Mannisen ym. (2007, 120 - 123) mukaan oppimisympäristön tulisi olla sen verran oppijan tavallisesta toimintaympäristöstä poikkeava, että se haastaa ylittämään omia rajojaan. Oppimisympäristön tulee mahdollistaa tiettyjä asioita (tietokoneiden opetuskäyttö). Oppimisympäristöajattelu johtaa yleensä tutkivaan oppimiseen, joten opetustuntien pilkkominen 45 minuutin pätkiin ei ole aina tarkoituksenmukaista. Oppimisympäristöissä sosiaalista vuorovaikutusta pyritään edistämään, perinteisessä opetuksessa oppilaiden välinen vuorovaikutus voi pahimmillaan olla häiriötekijä. Oppimisympäristöajattelu mahdollistaa eri oppiaineiden luovan integroimisen (matematiikan opiskelu työssäoppimisessa). Myös eri ikäryhmille perinteisesti tarkoitettuja oppimisympäristöjä voisi sekoittaa (pelit aikuisten opetuksessa). Hyvä oppimateriaali ohjaa, tukee ja hyödyntää oppimisympäristöajattelua.

Tulevaisuutta ei voida ennustaa, mutta siihen voidaan vaikuttaa valinnoin sekä teoin. Huolimatta teknisen kehityksen kovasta vauhdista, ihmiset päättävät, minkä tekniikan he valitsevat. Verkko-oppimisympäristöjen kirjo tuskin katoaa, mutta jatkossa tehdään varmasti standardeja lähempänä toisiaan olevia ohjelmistoja, samalla lisätään ohjelmien keskinäistä linkitettävyyttä. Modulaarisuus yleistyy ja eri kurssien osista voidaan aina vain helpommin laatia uusia kurssikokonaisuuksia. Samalla siis oppimateriaalin päivittäminen helpottuu. Voidaan vaihtaa verkko-oppimisympäristön käyttämää kieltä lennossa, jolloin kurssin pitäminen ulkomaalaisille muun muassa helpottuu. Oppimisympäristöissä korostuvat vuorovaikutus, argumentointi, luova on-

gelmanratkaisu sekä opiskelijoiden yhteinen tiedon rakentelu. Oppimismateriaali voi olla avointa, niin että kaikki kurssille osallistujat voivat yhdessä kehittää materiaalia oppimisprosessin aikana.

Kämmentietokoneet tuovat uusia mahdollisuuksia verkko-opiskeluun: opiskelija voi opiskella matkalla opiskelupaikkakunnalle, tuoda materiaaliin kuvia, videota tai muuta omaa dataansa, joka liittyy aiheeseen. Tämän lisäksi opiskelua voidaan suorittaa vaikka kesälomareissulla ulkomailla.

Näin oppimisympäristö seuraa opiskelijaa hänen matkallaan maailmalla ja mahdollistaa asioiden opiskelun juuri silloin kun opiskelija sitä itse haluaa. Tämä opiskelu on tavallaan opettajasta riippumatonta ja perustuu siihen, että opetettava materiaali on koottu opettajan toimesta paikkaan, josta opiskelija voi sen helposti löytää ja saada käyttöönsä. Lisäksi opettajan on oltava tavoitettavissa tietystä paikasta sovittuihin aikoihin, jotta kommunikointi opettajan ja oppilaan välillä onnistuu ja esille tulleet kysymykset voidaan esittää. Tämä tulevaisuuden näkymä luo opettajalle useita haasteita, mutta tarjoaa myös monia mahdollisuuksia. Kaikissa opetettavissa aineissa tämä näkymä ei ole mahdollinenkaan, joten meistä jokaisen täytyy itsenäisesti miettiä miten tämä kuva palvelisi minun opettamassani aineessa parhaiten.

Parhaimmillaan onnistunut teknologian hyödyntäminen voi luoda puitteet sekä oman ajattelun että sosiaalisesti jaetun osaamisen kehittämiseen; esimerkiksi blogien kiehtovuus perustuu eniten vuorovaikutukseen ja asioiden uudelleen yhdistelyyn. Toisaalta blogien käyttö opetuskäytössä on haasteellista, koska niiden käytölle ei ole olemassa valmiita malleja. Myös blogien julkisuus sekä jatkuva vuorovaikutus voi olla haasteellista. Koska opiskelijat voivat luoda omia blogeja ja wikejä, he osallistuvat käytännössä oman oppimisympäristönsä rakentamiseen (Manninen ym. 2007, 88, 134). Blogit ovat kuitenkin poistumassa jo muodista nuorten keskuudessa, näin opettajan kilpajuoksu uusia teknisiä apuvälineitä vilisevässä nykymaailmassa kiihtyy varsinkin, jos hän haluaa pysyä ajanhermolla.

Blended learning eli sulautuva opetus voidaan yksinkertaisimmillaan määrittää lähiopetuksen ja tietoverkkojen välityksellä toteutetun opetuksen integrointina. Laajemmin määriteltynä verkko-opiskeluun, lähijaksoihin ja itsenäiseen opiskeluun yhdistyy erilaisia vuorovaikutustilanteita, jotka voivat olla opettajajohtoisia, itse järjestettyjä tai verkossa tapahtuvia. Opiskelija voi yhä enemmän itse vaikuttaa opiske-

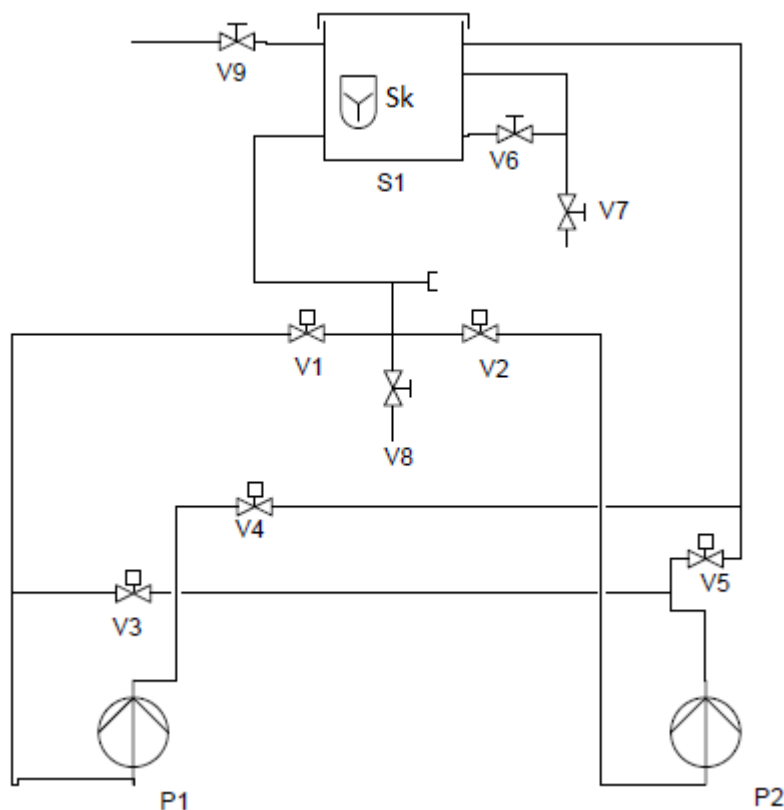
luunsa mm. ajankohdan suhteen. Opetukseen voi liittyä työharjoittelua, vanhemman kollegan mentorointia, vertaisohjausta ja työpaikalla tapahtuvaa opiskelua. (Manninen ym. 2007, 90 – 91)

7 WINNOVAN VESIPROSESSIN RAKENNE JA LAITTEET

Oppilaitoksemme Kunnossapito-osaston vesiprosessi on rakenteeltaan oheisen kuvan mukainen. Prosessissa voidaan käyttää joko yhtä pumppua tai sitten molempia pumppuja samaan aikaan. Pumpussa P2 on taajuusmuuttaja, jonka avulla voidaan sähkömoottorin pyörimisnopeutta säätää portaattomasti aina kierroslukuun 1450 r/min saakka. Tämä tarkoittaa sitä, että myös pumpun tuotto säätyy samassa suhteessa pyörimisnopeuden kanssa. Tämän hetken prosessi vain siirtää vettä saman säiliön suljetussa kierrossa ja prosessista puuttuvat mitta-anturit kokonaan.

Tarkoituksena olisi muuttaa prosessi niin, että alatasolle tulisi ainakin yksi, jollei jopa kaksi säiliötä lisää. Säiliöiden välillä voitaisiin virtauksia säädellä automaation avulla. Yksi malli voisi olla seuraavanlainen; alasäiliöiden nesteitä pumpattaisiin jossain suhteessa toisiinsa nähden yläsäiliöön. Yläsäiliön täytyessä määrättyyn tasoon, sieltä voitaisiin automaation ohjaamana päästää poistoventtiilin kautta vettä alasäiliöihin, samassa suhteessa kuin ylöspäin.

Automaatioon on olemassa Omronin ZEN 10C1AR-A logiikka, joka on jo kytketty omaan kytkentäkaappiinsa. Myös paineilmatoimisille läppäventtiileille on olemassa omat paineilmaventtiilit, jotka ovat myös omassa kytkentäkaapissaan. Näitä käsitellään omissa kappaleissaan myöhemmin.



Kuva 2. Winnovan kunnossapito-osaston nykyisen vesiprosessin pi-kaavio.

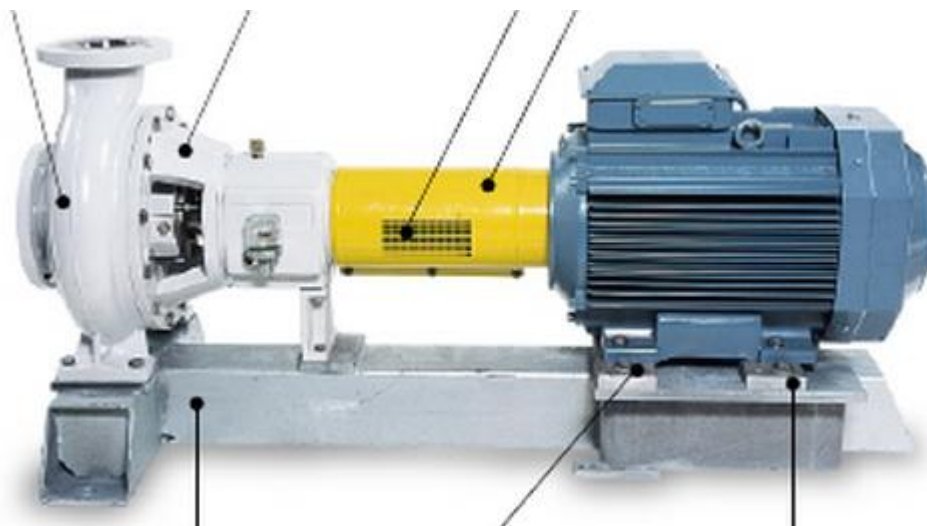
Pumppuyksiköt P1 ja P2 käsitellään tarkemmin omassa osiossaan.

Venttiilit V1 ja V2 ovat DN100 kokoisia läppäventtiileitä ja ovat paineilmatoimisia. Venttiilit V3, V4 ja V5 ovat DN 50 kokoisia läppäventtiileitä ja ovat myös paineilmatoimisia. Kaikki edellä mainitut venttiilit (V1-V5) ovat prosessin ohjausventtiileitä. Nämä läppäventtiilit ovat NELES Oy:n valmistamia 80-luvulla, mutta ovat toimintakuntoisia ainakin mekaanisesti. Ventiileitä ei vielä ole paineilmalla ohjattu, joten niiden toiminta on vielä epäselvää. Venttiili V6 on käsikäyttöinen vinoistukka-venttiili, joka on DN 50 kokoa. Ventiiliä käytetään venttiilin V7 kanssa yhdessä tyhjentäessä säiliötä. Venttiili V7 DN 32 sisäkierre R 1'' palloventtiili, venttiili V8 on DN 10 sisäkierre R3/8'' palloventtiili ja V9 venttiili on DN 25 sisäkierre R3/4'' palloventtiili. Ventiilillä V8 tyhjenetään putkistoa, joka ei tyhjene venttiileistä V6 ja V7. Ventiilillä V9 täytetään säiliö vesijohtoverkosta.

Säiliössä on myös sekoitin SK, jonka toiminta on vain viitteellinen, esimerkiksi kahden aineen sekoittamiseksi homogeeniseksi yhdisteeksi.

7.1 Pumppuyksiköt

Pumpuiksi on valittu tarjousten ja käyttötarkoituksen mukaan SULZER FINLANDIN valmistamat AHLSTAR APP 23-40(65-40-315) ja NPP 22-50(80-50-250).



Kuva 3. AHLSTAR pumppuyksikön rakennekuva.

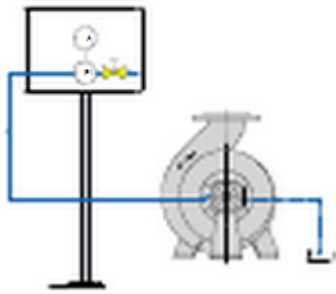
Molemmat yksiköt ovat samankaltaisia, joissa sähkömoottorit ovat samanlaisia, vain pumput ovat erityyppisiä ja kokoisia.

Yksiköt valettiin pumppupeteihin, jolloin niistä saatiin tukevia ja stabiileja.

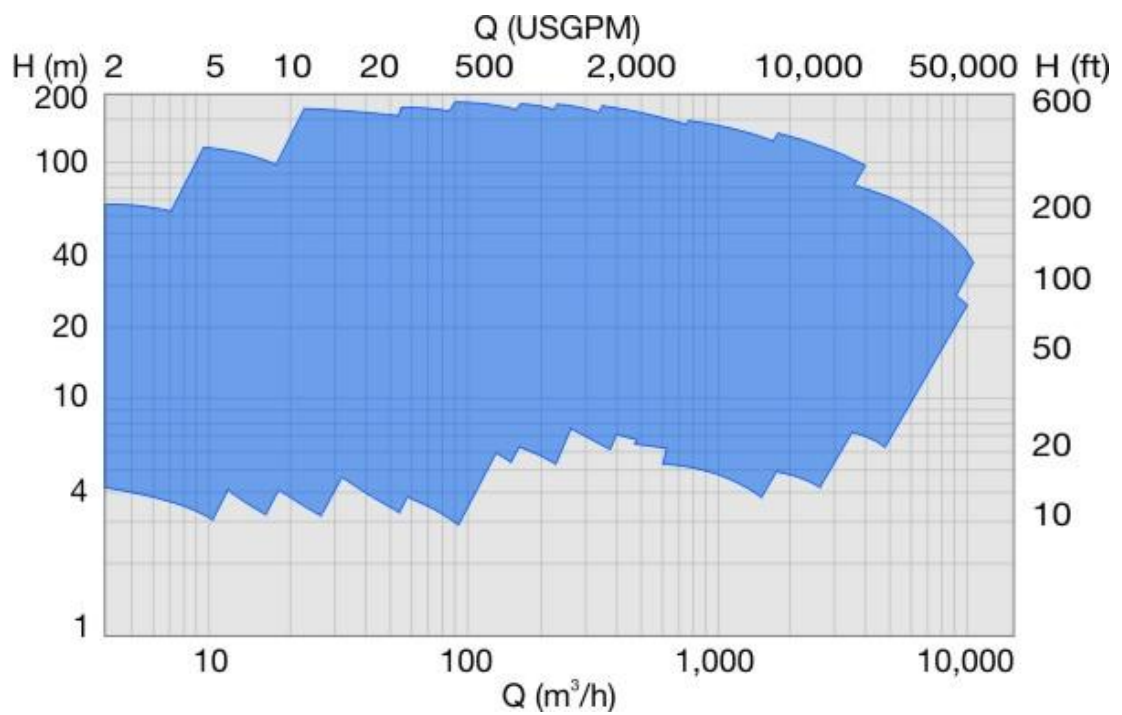
NPP 22-50 yksikköön on kytketty taajuusmuuttaja, jolla voidaan säätää pumpun pyörimisnopeutta sekä näin ollen myös tuottoa. Taajuusmuuttaja on Mitsubishiin FR-F540J-7.5K-EC.

APP 23-40 pumppuyksikköön on kytketty Safeunit tiivistenestelaite, joka pitää ”boksiiviesteen puhtaana sekä jäähdyttää sitä. Molemmissa on ABB:n valmistamat sähkömoottorit M2AA 132 M 380-420V 1450 r/min 7.5 kW 15.3 A.

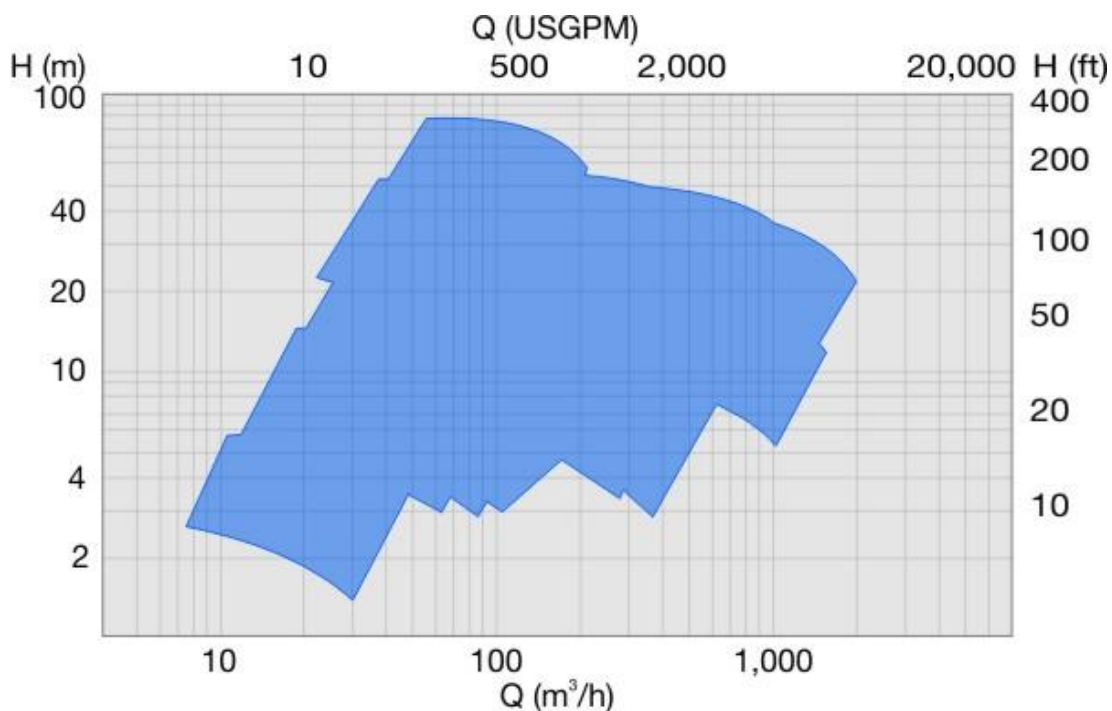
Palneeton
neste sisään/ulos



Kuva 4. Tiivisteneste laitteen toimintakaavio.



Kuva 5. APP 23- 40 pumpun tuoton graafinen kuvaaja. Pumpun tuotto kapasiteetti 2500 l/s(42 l/min), nostokorkeus 160m, paine 2.5MPa riippuen materiaalista ja pyörimisnopeus 3600 rpm.



Kuva 6. NPP 22- 50 pumpun tuoton graafinen kuvaaja. Pumpun tuotto kapasiteetti 550 l/s(9 l/min), nostokorkeus 90m, paine 1.6MPa riippuen materiaalista ja pyörimisnopeus 3600 rpm.

7.2 Putkisto

Putkisto on rakennettu ruostumattomasta ainesputkesta hitsaamalla. Venttiilien- ja pumppujen liitokset ovat DIN- laippaliitoksia.

Liitosten avulla laitteet ovat helposti irrotettavissa esim. huoltoa ja korjausta varten.

Lisättävät mittalaitteet olisi myös hyvä liittää putkistoon laippaliitoksilla, näin säilyisi yhteneväisyys jo olemassa olevien liitosten kanssa. Tietysti jos laitteita saadaan lahjoituksina, voi se asettaa erityisvaatimuksia.

Putkiston koko imupuolella on DN100 ja painepuolella DN50. Pumpun NPP 22- 50 imupuoli on DN80, joten imuputki on supistettu juuri ennen pumppua DN100:sta DN80:een. Kyseisen pumpun painepuoli on DN50, joten se sopii suoraan putkistoon. Pumpun APP 23- 40 imupuoli on DN65, joten imuputki on supistettu DN100:sta DN65:een. Painepuoli on DN45, joten sitä täytyy laajentaa DN50:een. Laajennukset

ja supistukset on tehty valmiina saaduilla putkisto kartioilla, jotka on hitsattu putkistoihin. Putkiston rakenne muuttuu, kun prosessiin lisätään tarvittavat mitta-anturit ja mahdollisesti lisättävät sulkuventtiilit.

7.3 Putkiston venttiilit

Putkistoon kytketyt paineilmatoimiset läppäventtiilit ovat Neleksen valmistamia. Venttiilit on saatu lahjoituksena teollisuudesta muutostöiden yhteydessä. Venttiilit toimivat ainakin käsikäytöllä. Paineilmalla niitä ei vielä ole ohjattu, joten se pitäisi myös tehdä mahdollisimman pian, jotta niiden kunto selviäisi. Vialliset pitää korjata jos mahdollista tai hankkia uudet epäkuntoisten tilalle.

Venttiilien tyyppimerkintä on LE100AE tai LE 50AE koosta riippuen. Toimilaitteen tyyppi on AP6. Tuotteet on valmistettu 1980- luvulla, joten niihin tuskin saa alkupe- räisiä osia. Paineilmapuolelle voi tiivisteitä löytyä tarvikkeena tiiviste myyjiltä.



Kuva 7. Neles LE- tyyppinen läppäventtiili pneumaattisella toimilaitteella.

Putkistossa on muitakin erityyppisiä käsikäyttöisiä venttiileitä kuten palloventtiileitä kierrelähtöisillä ja vinoistukkaventtiili DN50- laippaliitännällä.

Venttiilien lopullinen määrä ratkeaa, kun saadaan toimintasuunnitelma valmiiksi.

7.4 Toimilaitteet ja paineilma venttiilit

Säätimen lähtöviestillä vaikutetaan toimilaitteisiin, jotka puolestaan tekevät muutoksen prosessissa. Tässä prosessissa käytetään venttiilien toimilaitteina pneumaattisia toimilaitteita. Toimilaite muuttaa säätimen lähtöviestin mekaaniseksi toiminnaksi, jolla ohjataan prosessia. Toimilaitteita ohjataan 5/2 sähköohjatuilla paineilmaventtiileillä. Paineilmaventtiilit ovat sijoitettu omaan ohjauskaappiin. Säättöviesti on siis sähköviesti ja paineilman avulla suoritetaan varsinaisen venttiiliohjauksen mekaanisesti.



Kuva 8. Kuvassa samantyyppisiä venttiileitä, joita käytetään Winnovan prosessissa. Tyyppi on Parker Lucifer 5/2 sähköohjattu cetop 1/8.(<http://www.parker.com>)

8 MITTALAITTEET JA ANTURIT

Mittauksia tehdään, jotta saataisiin selville jonkin suureen arvo. Mittauksen kohdetta kutsutaan yleisesti järjestelmäksi eli systeemiksi. Järjestelmä voi olla sähköinen tai mekaaninen laite, mittauslaite, teollinen prosessi, lämmityskattila tai mikä tahansa, minkä käyttäytymistä tutkitaan. Järjestelmään tulee erilaisia vaikutteita, joita kutsutaan herätteiksi eli suureiksi tai signaaleiksi. Tulosignaali voi olla esimerkiksi optinen, sähköinen, mekaaninen, terminen tai kemiallinen. Tulosignaalit aikaan saavat järjestelmässä tapahtumia, joita kutsutaan vasteiksi eli lähtösignaaleiksi.

Mittaustekniikkaa tutkii sitä, millaisilla laitteilla ja menetelmillä mittaukset voidaan ja pitää tehdä, jotta tulokset olisivat riittävän oikeita ja tiedettäisiin mittausvirheen mahdollinen suuruus. (Halko, Härkönen, Lähteenmäki, Välimaa 1992, 7)

Mittaustietojen käyttötarkoitus voidaan jakaa kolmeen ryhmään:

- halutaan määrittää järjestelmän tila
- halutaan tutkia järjestelmän ominaisuuksia
- halutaan säätää järjestelmän käyttäytymistä

Ensimmäisessä tapauksessa halutaan vain tietoa järjestelmän tilasta pyrkimättä suoranaisesti vaikuttamaan järjestelmän käyttäytymiseen. Tätä varten mitataan järjestelmän tulosuureita ja/tai lähtösuureita.

Toisessa tapauksessa annetaan järjestelmälle sopiva ja tunnettu tulosuure ja mitataan järjestelmän antama lähtösuure tai lähtösuureet. Lähtösuureen suuruus ja muoto antavat tietoa järjestelmän ominaisuuksista.

Kolmannessa tapauksessa mittaus ohjaa suoraan järjestelmän käyttäytymistä. Mittaustulos kytketään takaisin vaikuttamaan järjestelmän tulosuureeseen eli järjestelmän lähtösuure vaikuttaa takaisin tulosignaalinä. Tämän tilanteen nimi on takaisinkytkentä ja kokonaisuutta sanotaan suljetuksi säätöpiiriksi. (Halko, Härkönen, Lähteenmäki, Välimaa 1992, 8)

Instrumentointi on yleisnimi, joka tarkoittaa laitteita joiden avulla voidaan määrittää prosessin tilaa ja käyttäytymistä ja joiden avulla voidaan ohjata, muuttaa ja säätää prosessin käyttäytymistä. Instrumentointiin luetaan mittausanturit, mittauslaitteet mittamuuntimet, mittalähettimet, moottoriohjaukset, jne.

Toimisuure kuvaa toimilaitteen (venttiilin tai lämmitysvastuksen) muutoksen aiheuttamaa muutosta prosessimuuttujassa (virtauksessa tai lämpötilassa).

Asennoitinta ohjataan säätimen lähtöviestillä, jonka viestialue on 4...20mA. Asennoitin mittaa venttiilin asennon ja siihen perustuen säätää paineilmalla venttiilin männän (karan) haluttuun asentoon. Säätimen lähtöviestillä vaikutetaan myös muihin toimilaitteisiin, jotka puolestaan tekevät muutoksen prosessissa. Toimilaitteita ovat esim. pumput, sähkömoottorikäytöt, säätöventtiilit, säätöpellit, lämmittimet, termos- taatit, liikeohjaimet, kuljettimet, pneumaattiset ja hydrauliset sylinterit, releet ja kyt-

kimet. Toimilaite muuttaa säätimen lähtöviestin mekaaniseksi toiminnaksi, jolla ohjataan prosessia. (Kippo. A, Tikka. A 2008, 43)

Prosessin tilaa seurataan mittausantureiden, lähettimien ja rajakytkimien avulla. Prosessiin vaikutetaan venttiileillä, pumpuilla, lämmitys- ja jäähdytyslaitteilla, joita ohjataan automaatiolla. Ohjauslaitteista voidaan mainita venttiiliohjaimet, taajuusmuuttajat ja servo-ohjaimet sekä pulssinleveysmodulaattorit.

1970-luvulta lähtien kenttälaitteet ovat muuttuneet analogisista digitaalisiksi. 2000-luvun mittauslähetimet ovat lähes poikkeuksetta digitaalisia. Digitaalisten kenttälaitteiden liityntä muuhun automaatioon on perinteisesti ollut analogista ja milliampeeriviesti 4...20 mA on ollut yleisemmin käytössä. 1990-luvulta lähtien myös viestiliikenne on digitalisoitumassa, mikä mahdollistaa vuorovaikutuksen kenttälaitteen ja muun automaation välillä. (Kippo. A, Tikka. A 2008, 59)

Mittausanturi muuttaa prosessisuureen sähköiseksi suureeksi. Mittauslähetin taas muuttaa mittausanturilta saadun mittaustiedon standardiksi mittaviestiksi ja lähettää sen edelleen muun automaation käyttöön. Mittauslähettimen avulla voidaan mittausignaali linearisoida, valita sopiva mittausalue mittausanturin mukaan, suodattaa mitaussignaalista pois häiriöitä, kompensoida lämpötilan vaikutus mittausarvoon jne. Lähetin usein osaa myös kommunikoida digitaalisesti muun automaation kanssa standardeja viestiprotokollia käyttäen. HART-lähetin kykenee sekä analogiseen että digitaaliseen tiedonsiirtoon. Analoginen viesti sisältää mittausarvon ja sen suunta on automaatiojärjestelmään päin. Digitaalinen tiedonsiirto on kaksisuuntaista ja tapahtuu samaa viestikaapelia käyttäen. Kenttäväyläpohjaisista lähetimistä analogiset on kokonaan poistettu. (Kippo. A, Tikka. A 2008, 59)

Mittausanturi ja lähetin ovat usein integroitu yhteen, jolloin ne ovat saman kotelon sisällä. Tavallisesti painelähetin ja paineanturi ovat samassa kotelossa. Tyypillinen esimerkki erillään olevasta anturista ja lähetimestä on lämpömittaus termosähköisen tai resistiivisen anturin avulla. Näin lähetin, joka sisältää paljon elektroniikkaa on tarvittaessa helposti siirrettävissä riittävän kauas mittauskohteesta. (Kippo. A, Tikka. A 2008, 60)

Mittalaitteen suorituskkyä voidaan kuvata staattisilla ja dynaamisilla ominaisuuksilla. Staattiset, ajasta riippumattomat ominaisuudet liittyvät mittauksen tarkkuuteen. Dynaamiset ominaisuudet puolestaan ilmaisevat, miten nopeasti mittatulos saadaan. Mittalaitteen staattiset ominaisuudet ilmaistaan ominais- eli kalibroitikäyrän avulla. Tällöin kyse on herkkyydestä, joka määrittää lähtösuureen muutoksen suhteena tulosuureen muutokseen. Staattinen tarkkuus ilmoitetaan yleensä maksimaalisena suhteellisena virheenä koko mittausalueella.

Järjestelmän dynaamisilla ominaisuuksilla tarkoitetaan sitä, kuinka nopeasti ja millä tavoin mittatulos muuttuu suureen muuttuessa. Dynaamisten ominaisuuksien mittaamiseen käytetään erilaisia tulospaaleja, joita kutsutaan usein herätteiksi. Tavallisin tällainen heräte on askelfunktio; mitattava suure muuttuu askelmaisesti. Automaatiossa dynaamisten ominaisuuksien merkitys on usein suurempi kuin staattisten ominaisuuksien merkitys.

8.1 Pinnankorkeuden mittaaminen

Pinnankorkeuden mittaaminen on yksi tärkeimmistä tehtävistä useilla teollisuuden aloilla. Nykyaikaisessa automatisoidussa prosessiteknikassa pinnan korkeus, lämpötila, paine ja virtaus ovat suureita, joiden mittauksesta saadun informaation perusteella prosessin ohjaus tapahtuu.

Usein riittää tieto siitä, milloin pinnankorkeus alittaa tietyn rajan. Tällöin voidaan käyttää ns. pintakytkimiä. Yleensä tarvitaan myös jatkuva tieto pinnankorkeudesta tai sen muutoksesta. Toisinaan on välttämätöntä pitää pinnankorkeus määrättyllä tasolla, jolloin puhutaan vakioarvosäädöstä.

Mittausmenetelmän valinta riippuu siitä, onko kysymyksessä nesteen vai kiintoaineen pinnankorkeuden mittaaminen. Fysikaaliset ja kemialliset tekijät kuten lämpötila, tiheys, viskositeetti, sähkönjohtavuus, kemiallinen aktiivisuus, jne. on otettava huomioon kuten myös käyttöolosuhteet.

Pintakytkimet ovat yleensä toiminnaltaan yksinkertaisia. (Halko, Härkönen, Lähteenmäki, Välimaa 1992, 74)

Pinnankorkeuden mittaamiseen käytetään seuraavia mittausmenetelmiä:

- mekaaniset menetelmät
- hydrostaattiseen paineeseen perustuvat menetelmät
- nosteeseen perustuva mittaaminen
- sähköiset mittausten menetelmät
- termiset pintakytkimet
- optiset pintakytkimet
- ultraäänimenetelmät
- mikroaaltosäteilyyn perustuva menetelmä
- radioaktiiviseen säteilyyn perustuva menetelmä

Mekaanisia pinnankorkeuden mittausten menetelmiä ovat mittatikku, ylivuotoputki, näkölasi, tähyslasi, uimurimittari ja punnitus.

Uimurimittaria voidaan usein käyttää pintakytkimenä osoittamaan tietyn raja-arvon ylittymistä. Uimurin kellahtaminen toiseen asentoon saa aikaan mekaanisen, pneumaattisen tai sähköisen kytkennän. (Halko, Härkönen, Lähteenmäki, Välimaa 1992, 75)

Hydrostaattiseen paineeseen perustuva mittausta tarkoittaa nestekerroksen massasta aiheutuvaa painetta. Hydrostaattisen paineen p_h suuruus riippuu nestekerroksen paksuudesta h ja nesteen tiheydestä ρ kaavan $p_h = \rho gh$ mukaisesti (g on putoamiskiiktyvyys). Jos nesteen tiheys tunnetaan ja paine, voidaan laskea, kuinka korkealla nesteen pinta on paineen mittauskohdasta lukien. Nestepinnan yläpuolella oleva paine vaikuttaa mittaustulokseen. Tämä paine on tunnettava tai on mitattava paine-ero siihen verrattuna. (Halko, Härkönen, Lähteenmäki, Välimaa 1992, 76)

Avonaisen säiliön tapauksessa riittää pelkästään korkeamman paineen(+) liitäntä. Lähetin asennetaan nollassa kohdalle tai sen alapuolelle. Mittauslähettimille ilmoitetaan suurin mahdollinen h_l :n arvo. Nollassa korkeammalle lähetintä ei saa sijoittaa.

Avoimen säiliön liitäntäputken ollessa täynnä samaa nestettä, voidaan kirjoittaa

$$p_1 = p + \rho gh + \rho gh_l$$

$$\Delta p = p_1 - p = \rho gh + \rho gh_1$$

$$h = \frac{\Delta p}{\rho g} - h_1$$

Nosteeseen perustuva mittaaminen perustuu Arkhimeden lain mukaan kappaleeseen kohdistuvaan nosteeseen, mitä suurempi noste sitä suurempi osa kappaleesta on nesteessä. Tähän perustuen pinnankorkeutta voidaan mitata ns. uppouimurilla, joka sijoitetaan nestesäiliöön tai erilliseen uimurikammioon. Nesteen pinnan noustessa jää yhä suurempi osa uimurista nesteen sisään ja noste kasvaa. Nesteen pinnan laskiessa uimuriin vaikuttava noste pienenee. Uimurin ei tarvitse seurata nesteen pintaa niin se voidaan kiinnittää lähes kiinteästi pystysuoraan asentoon. Uimurin liike on hyvin pieni suuruudeltaan noin 1mm.

Uimurin ollessa ympyrän muotoinen pinta-alan ollessa A , nesteen tiheys ρ , niin pinnan noustessa määrällä h , kasvaa noste määrän

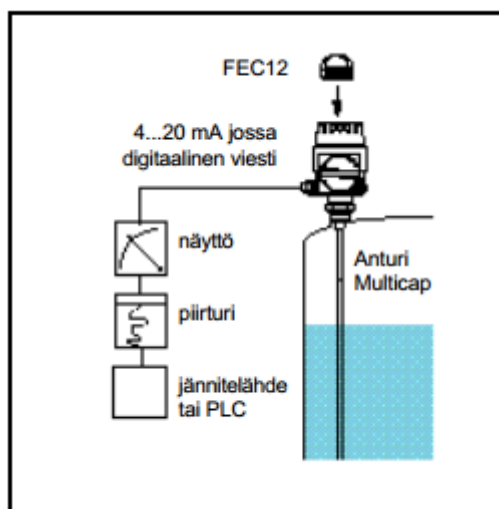
$$F = \rho g A h$$

Sähköiseen ilmiöön perustuvat mittaukset voivat elektrodeilla tunnusteluun, kapasitiiviseen menetelmään tai värähtelyyn.

Sähköä johtavan nesteen pinnankorkeutta voidaan tunnustella yhdellä tai useammalla elektrodilla, jotka toimivat pintakytkiminä. Näitä binääriantureita käytetään pinnan ylä- ja alarajavahteina, mutta myös useampiportaiseen pinnankorkeuden seuraamiseen. Elektrodit on kytketty yleensä matalille vaihtojännitteille esim. 45 V ja virta on yleensä noin 5 mA.

Kapasitiiviseen menetelmään perustuvia mittauksia on useita sovelluksia jatkuvista mittauksista pintakytkimiin. Kapasitiivisen pinnankorkeusanturin voidaan ajatella muodostavan kahdesta pitkästä yhdensuuntaisesta pystysuorasta kondensaattorilevyistä. Sähköä johtamattoman nesteen noustessa levyjen väliin, muuttuu permittiivisyys levyjen välissä voimakkaasti.

Kapasitiivinen pinnanmittaus toimii seuraavasti; anturi ja säiliön seinämä (johtava) tai mahdollinen anturiin asennettu maadoitusputki muodostavat kondensaattorin. Riippuen pinnan korkeudesta on kondensaattorin napojen välissä mitattavaa väliainetta tai ilmaa (tyhjä säiliö). Säiliön ollessa tyhjä on kondensaattorin kapasitanssi alhainen, kun pinta säiliössä nousee, nousee mitattu kapasitanssiarvo vastaavasti. Kapasitanssimuutoksen suuruus on riippuvainen pinnankorkeudesta sekä mitattavan materiaalin ominaisuuksista. (Halko, Härkönen, Lähteenmäki, Välimaa 1992, 79)



Kuva 9. FEC12 asennettuna kapasitiiviseen anturiin. (<http://www.metsoendress.com>)

Yllä oleva mittausjärjestelmä koostuu kapasitiivisesta anturista Multicap ja elektronikkayksiköstä FEC 12. Lisäksi tarvitaan DC-jännitelähde. 2-johdin syöttökaapelia käytetään myös virtaviestin 4...20 mA siirtoon, virtaviestissä on lisäksi digitaalinen HART-protokollan mukainen viestinsiirto. Viestinsiirrolla ei ole vaikutusta virtaviestiin liitettyihin apulaitteisiin. (<http://www.metsoendress.com>)

Winnovan vesiprosessin yläsäiliössä voitaisiin käyttää ainakin näkölasia, jotta nähdään heti onko säiliössä tarpeeksi vettä prosessin käynnistämiseksi. Automaation kannalta tarvitaan lisäksi jonkinlainen sähköiseen signaaliin perustuva mitta-anturi/lähetin pinnankorkeuden mittaamiseen. Mitta-anturissa pitää olla ylä- ja alarajan anturit.

8.2 Lämpötilan mittaaminen

Lämpötilan mittaus on tärkeimpiä teknillisiä ja fysikaalisia mittauksia. Riippuvathan käytännöllisesti katsoen kaikki aineen ominaisuudet esim. koko, väri, sähköiset ja magneettiset ominaisuudet, olomuoto jne. lämpötilasta.

Prosessiteollisuuden tärkeimpiä mittaushohteita on juuri lämpötila, sillä esimerkiksi kaikki kemialliset prosessit riippuvat lämpötilasta. Virheelliset lämpötilamittaukset saattavat johtaa huomattaviin taloudellisiin menetyksiin.

Lämpötilan mittaus voi joissakin tapauksissa olla hyvin vaikea vaadittaessa kohtuullista tarkkuutta. (Halko, Härkönen, Lähteenmäki, Välimaa 1992, 30)

Lämpötilan mittausten periaatteena on lämpötila-asteikon tai $-$ arvon kytkeminen sellaiseen suureeseen tai ilmiöön, joka olennaisesti riippuu lämpötilasta. Lähes kaikki fysikaaliset suureet ovat lämpötilariippuvia, tämän johdosta on mahdollisia mittausmenetelmiä hyvin runsaasti.

Menetelmien yleisluokittelu voidaan tehdä suureen tai ilmiön mukaan, riippuen mihin lämpötila-asteikko on kytketty.

Kosketuslämpötilamittauksessa tuntoelimen tulee olla mitattavassa aineessa tai koskettaa sitä:

- ainemäärän tilavuuden tai paineen taikka kappaleen pituuden muutoksiin perustuvat menetelmät
- nesteen höyrypaineen muutoksiin perustuvat menetelmät
- sähköisten suureiden muutoksiin perustuvat menetelmät

Säteilypyrometrit perustuvat säteilyenergian mittaamiseen. Säteilyherkkä osa on yleensä kaukana mitattavasta kohteesta:

- optiset pyrometrit
- kokonaissäteilypyrometrit
- lämpökamerat

Lämpötilaindikaattorit osoittavat vain määrälämpötilan:

- aineen pehmenemiseen tai sulamiseen perustuvia
- värin muuttumiseen perustuvia

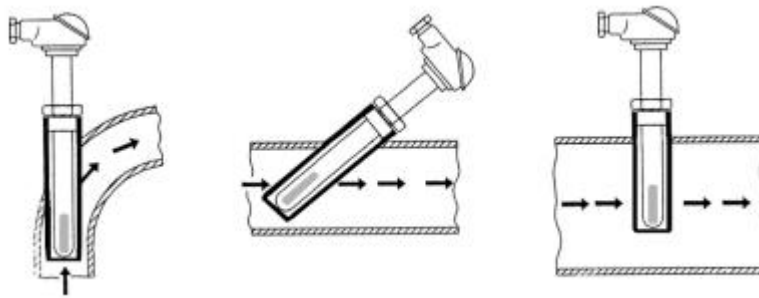
Mittausmenetelmän valintaan vaikuttavat yleensä fysikaalisen soveltuvuuden lisäksi teknilliset ja taloudelliset seikat, mittausolosuhteet, kaukomittausvaatimus jne. (Hal-ko, Härkönen, Lähteenmäki, Välimaa 1992, 31- 32)

Lämpötilan mittauksessa anturi ja lähetin ovat eri koteloidissa, joten mittaus tapahtuu vastusanturin avulla. Usein anturin sijoituspaikka on lähetinelektronikalle liian kuuma, jolloin lähetin sijoitetaan riittävän etäälle mittauskohdasta. Tyypillisesti lähettimen suurin sallittu ympäristön lämpötila on 60 °C. Syynä voi olla myös erilleen sijoittelun luokse päästävyys sekä tilantarve.

Sähköiset lämpötila-anturit kiinnostavat tähän työhön liittyen eniten ja niistä kerronkin enemmän seuraavaksi. Näitä käytetään myös teollisuudessa useimmiten, koska ne ovat tarkkoja, niillä on joustavat käyttöominaisuudet sekä tuntoelimiltä saatavan viestin voi helposti muokata sähköiseksi standardiviestiksi.

Sähköiseen ilmiöön perustuvat tuntoelimet jaetaan kahteen ryhmään resistiiviset ja aktiiviset. Resistiiiviset, sähköinen resistanssi riippuu tuntoelimen lämpötilasta. Tuntoelimet on tehty metallista, yleisin Pt 100, puolijohdetuntoelimet sekä termistorit. Aktiiviset, generoivat sähkömotorisen voiman, jännitteen kanssa ja näitä kutsutaan nimellä termoelementti.

Tuntoelimet eivät ole suorassa kosketuksessa mitattavaan aineeseen, vaan ne asetetaan suoja-putkeen. Tätä yhdistelmää kutsutaan lämpötila-anturiksi, joka taas laitetaan suojataskuun. Näin syntynyt rakenne on kosketuksessa mitattavaan aineeseen. Syntynyt monikerroksinen rakenne on mittausteknisesti hidas.



Kuva 10. Pt 100 lämpötila-anturin eri asennustapoja suojataskuun. (Halko, Härkönen, Lähtenmäki, Välimaa 1992, 52)

Yleisin resistiivinen lämpötilatuntoelin on Pt 100 ja sen resistanssi riippuu lämpötilasta seuraavan kaavan mukaisesti

$$R(t) = R_0(1 + \alpha t)$$

t = tuntoelimen lämpötila, $[t] = ^\circ\text{C}$

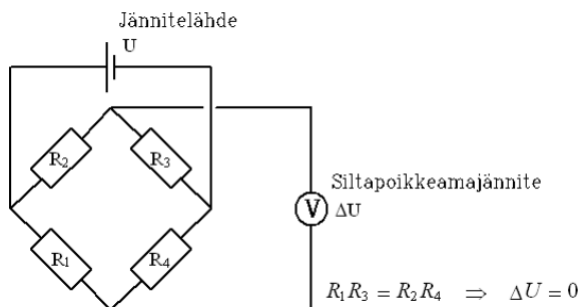
$R(t)$ = tuntoelimen resistanssi lämpötilassa t

R_0 = tuntoelimen nimellisresistanssi eli resistanssi referenssilämpötilassa ($0\text{ }^\circ\text{C}$),

$$R_0 = 100\ \Omega$$

α = resistanssin lämpötilakerroin, $\alpha = 0,003850\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

Mikäli Pt 100-anturin resistanssi pystytään mittaamaan, saadaan anturin tuntoelimen lämpötila laskettua edellä olevalla yhtälöllä. Pienten resistanssien mittaaminen on ongelmallista, jotta ne olisivat luotettavia. Tämä mahdollistetaan käyttämällä Wheatstonen siltakytkentää. Siinä on neljä vastusta kytketty neliön malliseen kytkentään. Siltakytkentää sanotaan olevan tasapainossa, kun siltapointteamajännite on nolla. Riittävä ehto tälle on, että sillan vastakkaisten sivujen resistanssien tulot ovat yhtä suuria. (R. Savolainen, luentomateriaali 2012)



Kuva 11. Wheatstonen siltakytkentä. (R. Savolainen, luentomateriaali 2012)

Termistorit ovat puolijohdemateriaalista valmistettuja lämpötilantuntoelimiä. Niiden sähköinen resistanssi riippuu lämpötilasta; riippuvuus on epälineaarista.

$$R(T) = R_0 e^{\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

T_0 = referenssilämpötila, yleensä 298 K (25 °C)

R_0 = termistorin resistanssi referenssilämpötilassa, nimellisresistanssi (1 kΩ...10 MΩ)

β = materiaalista riippuva vakio, suuruusluokkaa 4000 K



Kuva 12. Termistoreita.

Termoelementti muodostuu kahdesta eri metallia A ja B olevasta johtimesta (termolangasta), jotka on yhdistetty suljetuksi virtapiiriksi.

Jos liitoskohdat ovat lämpötiloissa T_1 ja T_2 ($T_2 > T_1$), syntyy virtapiiriin virta. Virta kulkee niin kauan kuin liitokset ovat eri lämpötiloissa. Jännitettä, joka aiheuttaa tämän virran sanotaan lämpösähköiseksi lähdejännitteeksi eli termojännitteeksi, joskus myös sähkömotoriseksi voimaksi).

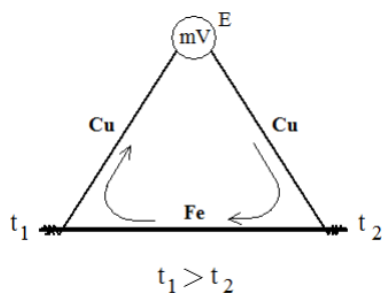
Termoelementit ovat aktiivisia tuntoelimiä, jotka generoivat sähkömotorisen voiman (~jännitteen). Tämä voima riippuu kahden pisteen välisestä lämpötilaerosta. Toiminta perustuu lämpösähköiseen ilmiöön (Seebeckin ilmiö). (R. Savolainen, luentomateriaali 2012)

$$E = k(t_1 - t_2)$$

E = termojännite

k = liitokselle ominainen kerroin

t_i = liitoskohtien lämpötilat



Kuva 13. Kuvassa on esitetty kupari- ja rautajohtimen välinen lämpösähköinen ilmiö. (R. Savolainen, luentomateriaali 2012)

8.3 Paineen mittaaminen

Ilmanpaine on ilmakehän aiheuttama hydrostaattinen paine. Paine yleisesti on absoluuttinen fysikaalinen suure. Sen arvo on nolla täydellisessä tyhjiössä. Tämän johdosta nesteen tai kaasun painetta verrataan vallitsevaan ilmanpaineeseen. Kun tilan absoluuttinen paine on suurempi (pienempi) kuin ilmanpaine, sanotaan että siinä vallitsee ylipaine (alipaine). (Halko, Härkönen, Lähteenmäki, Välimaa 1992, 61)

$$p = p_e + \text{ilmanpaine}$$

Paine määritellään kaasun tai nesteen molekyylien törmäysten aiheuttamana voimana pinta-alayksikköä kohti.

$$\text{paine} = \text{voima/pinta-ala}$$

SI-järjestelmän mukainen paineen mittayksikkö on pascal (Pa).

$$1\text{Pa} = 1\text{ N/m}^2$$

Nesteen ja kaasun paineenmittauksissa on hyväksyttyä käyttää rinnakkaisena mit-
taysikkönä myös baaria (bar) yhteyksissä, joissa siihen on totuttu.

$$1 \text{ bar} = 0,1 \text{ MPa} = 100 \text{ kPa}$$

Yksi baari vastaa likimain normaalia ilmakehän painetta, mistä johtuu sen käytön suosio.

Avoimen nestesäiliön hydrostaattinen paine määritellään seuraavasti.

$$p_h = \rho h g,$$

missä ρ = nesteen tiheys

h = nestekerroksen korkeus

g = putoamiskiihtyvyyys

Valtaosa teollisuuden mittauksista on paine-ero mittauksia. Kun vertailupaineena on vapaan ympäristön paine, puhutaan tavallisesti kuitenkin paineenmittauksista. Täs-
mällisempi ilmaisu olisi kuitenkin ylipaineen mittausta.

Paineenmittaukseen käytetään seuraavia mittaustapoja:

- nestepatsasmanometrit
- mittaus joustavilla elimillä
- painelähettimet
- painekytkimet

Yksinkertaisin painemittari eli manometri on päistään avoin U:n muotoinen, lasista tai jostakin muusta läpinäkyvästä aineesta valmistettu putki, joka on puoliksi täytetty nesteellä.

U-putken haaroihin vaikuttavat eri suuret paineet, saadaan paine-ero laskettua seuraavasti

$$p_1 - p_2 = h\rho g,$$

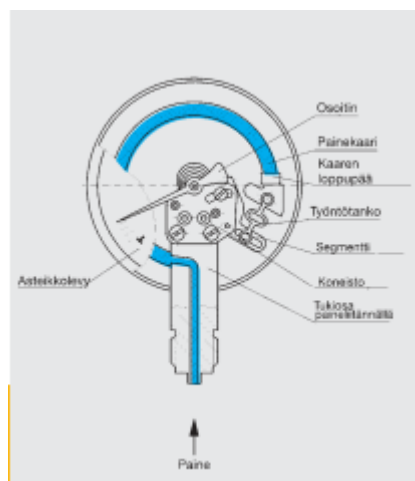
missä h = nestepintojen korkeusero

ρ = U-putkessa olevan nesteen tiheys

g = putoamiskiihtyvyyys

Usein U-putki on varustettu paine-eroasteikolla.

Osoittavissa mittareissa on kimmoisten mittauselinten pientä siirtymää käytetty jo kauan asennon ohjaamiseen. Näistä mittauselementeistä tunnetuin ja käytetyin on pariisilaisen Eugene Bourdonin vuonna 1852 patentoima ja hänen nimeään kantava tuntoelin, bourdonputki. Siitä käytetään myös nimityksiä paineputki, painekaari tai putkijousi. Se on ympyräkaaren- tai spiraalinmuotoinen, toisesta päästä suljettu putki, joka pyrkii paineen alaisen oikenemaan. Putken avoin pää on kytketty painemittarin runkoon, pyrkii suljettu pää siirtymään, kun paine putkessa muuttuu.

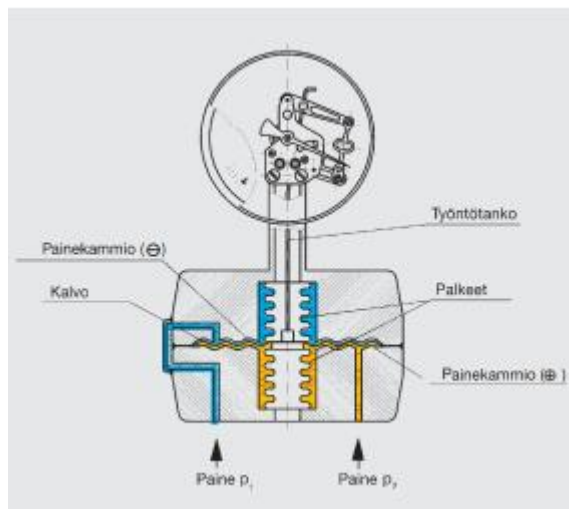


Kuva 14. Painekaarellinen painemittari, bourdonpuki.

(http://www.wika.com.ar/upload/pr_pm_6522.pdf)

Joustavia mittauselimiä ovat myös paljeputket ja kalvorasiat. Paine-eron tuntoelimissä, joissa paine-ero muunnetaan voimaksi, pyritään mahdollisimman vähän sitomaan mekaanista energiaa itse tuntoelimeen. Paine-eron muutos tekee hyvin vähän työtä mittalaitteessa.

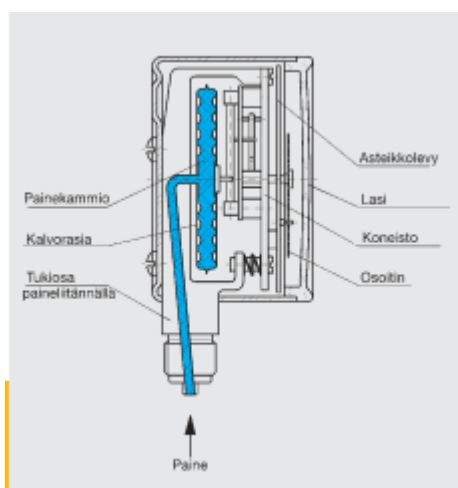
Paljeputki on ohuesta metallilevystä muotoiltu haitarimainen putki. Bartonkenno on eräs paljeputken sovellus, jota käytetään suurten paineiden mittaukseen.



Kuva 15. Bartonkenno paine-eromittari.

(http://www.wika.com.ar/upload/pr_pm_6522.pdf)

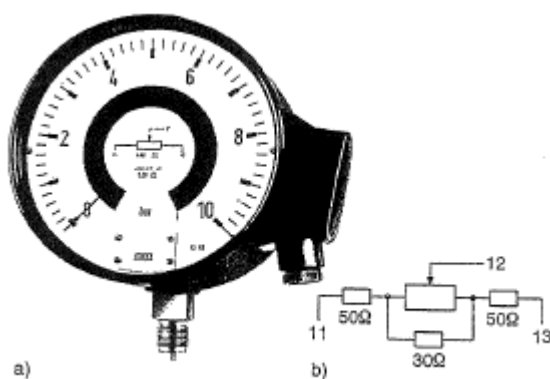
Kalvorasia on ohuesta metallilevystä tehty litteä rasia, joka pullistuu sen sisällä vaikuttavan paineen kasvaessa. Metallilevyn poimutuksella saadaan liike mahdollisimman suureksi. Rasian omasta jäykkyydestä syntyvä vastavoima on yleensä niin suuri, että vastajousia ei tarvita. Kalvorasioita käytetään yleensä pienten paineiden mittaukseen mm. ilmanpainemittareissa.



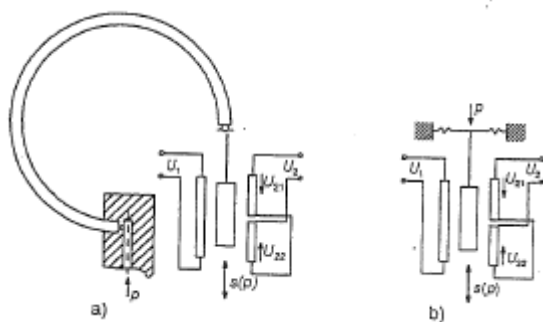
Kuva 16. Kalvorasia painemittari. (http://www.wika.com.ar/upload/pr_pm_6522.pdf)

Painelähettimien mittaustapahtuma voi olla siirtymää tai jännitystä mittaava. Useissa paineantureissa paineen muutos aiheuttaa muutokseen verrannollisen siirtymän. Siirtymä voi muuttua myös laakeroidun akselin kiertymäksi. Siirtymä tai kiertymä mitataan resistenssin, induktanssin tai kapasitanssin muutoksena. Voidaan käyttää myös differentiaalimuuntajaa.

Potentiometrissä painelähtetimestä bourdonkaarimanometrin osoittimen kierto liike välitetään painemittarin taakse asennettuun kiertopotentiometriin. Potentiometrin vastusarvot ovat tyypillisesti $10\ \Omega \dots 25\ \text{k}\Omega$ ja potentiometrin liuon kääntymäkulma on $0 \dots 270^\circ$. Sähköisenä lähettimenä voidaan käyttää mitä tahansa jännitteen mittaukseen tarkoitettua lähetintä.

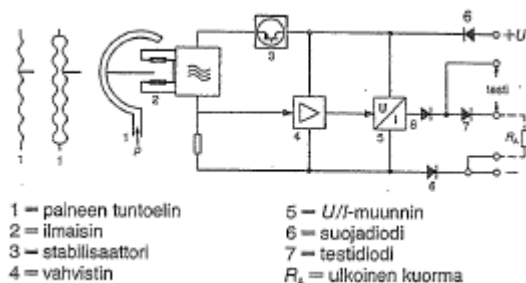


Kuva 17. Potentiometrinen painelähetin, a) painelähetin on yhdistetty pyöreään mittariin, b) erään potentiometrin sijaiskytkentä(DIN 43822). (Halko, Härkönen, Lähteenmäki, Välimaa 1992, 65)



Kuva 18. Differentiaalimuuntaja painelähtetimen anturina, a) Bourdonputki, b) kalvo. (Halko, Härkönen, Lähteenmäki, Välimaa 1992, 65)

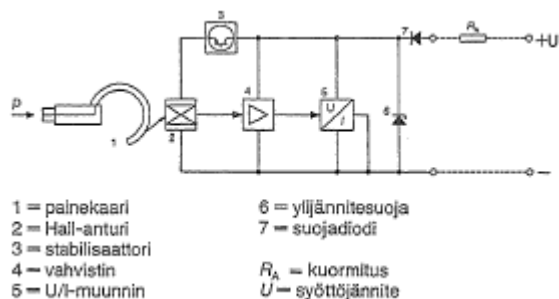
Induktiivisessa painelähettimessä on kaksi induktiokäämiä, joiden keskinäisinduktanssin muutosta mitataan sillalla. Käämien keskinäisinduktanssi muuttuu, kun painanturiin liitetty meltorautasauva tai -levy siirtyy.



Kuva 19. Induktiivinen painelähetin (WIKA). Paineen tuntoelimenä voi olla kalvo, kalvorasia tai Bourdonputki. Lähetin kytketään joko 3- tai 4-johdinlähettimeksi.

(Halko, Härkönen, Lähteenmäki, Välimaa 1992, 65)

Hall-anturipainelähettimessä mitattava paine kytketään bourdonkaareen, johon on kiinnitetty kestmagneetti. Kestomagneetin läheisyydessä on Hall-anturi, jonka anturi muodostaa jännitteen ja sen suoraan verrannollinen Hall-elementin kautta kulkevan magneettivuontiheyteen. Paineen kasvaessa bourdonkaaren päähän kiinnitetty kestmagneetti siirtyy lähemmäksi Hall-anturia, jolloin sen jännite kasvaa. Jännite vahvistetaan ja U/I-muuntimessa muodostetaan 4...20mA:n virtaviesti. Hall-anturin jännite, joka on suuruusluokkaa 0...100 mV, voidaan kytkeä myös sellaisenaan automaatiojärjestelmään.

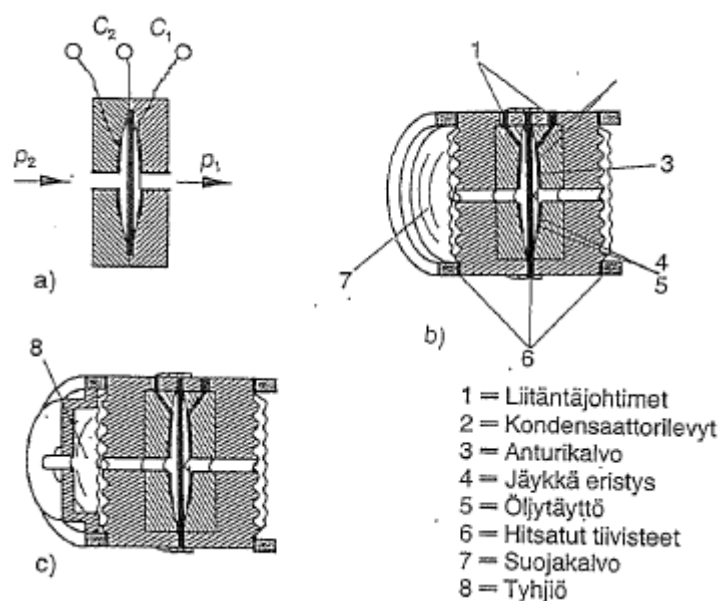


Kuva 20. Hall-anturiin perustuvan 2-johdin painelähettimen lohkokkaavio.

(Halko, Härkönen, Lähteenmäki, Välimaa 1992, 65)

Tunnetuimpia differentiaalikonkondensaattoriin pohjautuvia paineantureita on amerikkalaisen Rosemount-nimisen instrumenttivalmistajan anturi. Anturissa oleva silikoniöljy välittää prosessipaineen suojakalvolta tuntoelinkalvolle, joka on anturiyksikön sisäkammiossa. Samalla tavalla vertailupaine välitetään vastakkaiselle puolelle tuntoelinkalvoa. Tuntoelinkalvo muodostaa kondensaattorin keskielektrodin. Ulommat levyt ovat mittauskammion kaarevilla lasipinnoilla.

Prosessipaineen ja vertailupaineen ero siirtää tuntoelinkalvoa. Siirtymä mitataan kondensaattorien kapasitanssien erosta. Tuntoelinkalvon ja ulompien kondensaattorilevyjen välinen kapasitanssi on suuruusluokkaa 150 pF. Mittauksessa käytetyn vaihtojännitteen amplitudi on noin 30 V ja taajuus 30...60 kHz. (Halko, Härkönen, Lähteenmäki, Välimaa 1992, 66)



Kuva 21. Kapasitiivinen tuntoelin (Rosemount). a) differentiaalikonkondensaattori, b) paine-eron mittauksessa käytetyn anturiyksikön rakenne, c) absoluuttipaineen mittauksessa käytetyn anturiyksikön rakenne. (Halko, Härkönen, Lähteenmäki, Välimaa 1992, 66)

Edellisten lisäksi on olemassa muitakin konstruktioita paineen mittaukseen kuten Siemensin pietsoresistiivinen paineanturi. Anturissa on joustava piikalvo, jonka pinnassa on puolijohdevastuksia, joiden resistanssi muuttuu paineen kalvoon kohdistuvan voiman aiheuttaman taipuman tai jännityksen mukaan. Kyseisen anturin etuna on

aiemmin käytettyihin metallivenymäliuskoihin nähden suurempi herkkyys. Huonona puolena on voimakas lämpötilariippuvuus, jonka vaikutus kompensoidaan kalvolta mitatun lämpötilan avulla. Anturien resistanssimuutosta mitataan Wheatstonen sillan avulla. Mittasillassa kaikkien neljän haaran resistanssit muuttuvat kalvolle kohdistuvan paineen vaikutuksesta, toiset kasvavat ΔR :n verran ja toiset pienenevät ΔR :n verran. Lähtöjännite U_{OUT} , kun syöttöjännite on U_{IN} on seuraavan kaavan mukainen:

$$U_{OUT} = U_{IN} \frac{\Delta R}{R}$$

Lämpötilakompensointi voidaan tehdä passiivisesti kytkemällä lämpötilan mittaavan anturin vastus ja joitakin lisävastuksia suoraan siltaan. Aktiivinen kompensointi tehdään laskemalla uusi painearvo lämpötilanmittauksen perusteella. (Kippo. A, Tikka. A 2008, 60)

8.4 Virtauksen mittaaminen

Virtausmittaus on virtaavan nesteen, kaasun tai höyryn virtausnopeuden, tilavuusvirtauksen tai massavirtauksen määrittämistä.

Virtausmittauksessa menetelmän ja laitteiston valintaan vaikuttavat monet seikat, kuten

- tapahtuuko virtaus putkessa vai avokanavassa
- onko virtaava aine neste, kaasu vai höyry
- mitkä ovat virtaavan aineen fysikaaliset ominaisuudet (lämpötila, paine, viskositeetti, jne.)
- kulkeeko virtaavan aineen mukana mahdollisesti kiinteitä aineita
- onko kysymyksessä paikallinen vai valvomossa suoritettava mittaus
- tarkkuusvaatimus
- muuttuuko mitattava suure pienellä vai isolla alueella
- mittaustuloksen luotettavuus taso

Virtausnopeudella tarkoitetaan virtauksen etenemisnopeutta yksikön ollessa esim. m/s. Virtausnopeus(v_k) mitataan yleensä virtauskanavan poikkileikkauksen keskimääräisenä nopeutena. (Halko, Härkönen, Lähtenmäki, Välimaa 1992, 87)

Tilavuusvirta(q_v) ilmoittaa virtauskanavan poikkileikkauksen läpi virranneen ainemäärän tilavuuden tietyssä ajassa. Tilavuusvirtauksen yksikkönä voi olla esim. m³/s. Tilavuusvirtauksen laskennallinen kaava on

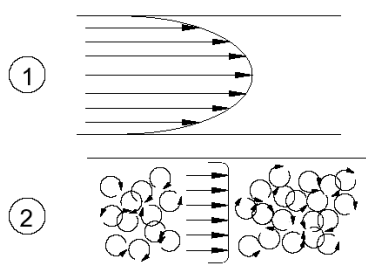
$$q_v = v_k * A$$

Massavirtauksella tarkoitetaan virtauskanavan poikkileikkauksen läpi tietyssä ajassa virranneen ainemäärän esim. kg/s. Tilavuusvirtauksen ja massavirtauksen välillä on riippuvuus, joka kirjoitetaan muotoon

$$q_m = \rho * q_v,$$

missä ρ on virtaavan aineen tiheys.

Virtausnopeuksia tarkastellessa tulee huomioida, että virtauksen poikkileikkauksen tietyssä pisteessä kysymys on aineen pienen massahiukkasen nopeudesta. Tämä nopeus on luonteeltaan vektori. Virtauskanavan poikkileikkauksen eri kohdissa virtaus etenee eri nopeuksilla. Lähellä putken seinämää virtausnopeus on alhaisempi kuin putken keskellä. Nopeusprofiili muodostuu virtaavan aineen ominaisuuksien ja virtausolosuhteiden perusteella. (Halko, Härkönen, Lähtenmäki, Välimaa 1992, 87)



Kuva 22. Kuvassa 1) esiintyy laminaarinen virtaus ja kuvassa 2) taas turbulентtinen virtaus. (<http://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/4.+Putkivirtaus>)

Bernoullin yhtälö on virtausopin perusyhtälöitä ja siihen perustuu eräiden virtausmittausmenetelmien teoreettinen käsittely. Energian säilymisen periaatteen pohjalta seuraa Bernoullin yhtälö:

$$\rho gh_1 + p_1 + 1/2\rho v_1^2 = \rho gh_2 + p_2 + 1/2\rho v_2^2,$$

joka voidaan kirjoittaa muotoon(Bernoullin laki)

$$\rho gh + p + 1/2\rho v^2 = \text{vakio}$$

missä g = putoamiskiihtyvyys

ρ = virtaavan aineen tiheys

p = absoluuttinen paine

v = virtausnopeus

h = poikkileikkauksen painopisteen etäisyys vertailutasosta

Virtaustapahtumassa virtaus tapahtuu seinämältään läpäisemättömässä putkessa, kutsutaan tätä jatkuvuusilmiöksi ja sen kaava on

$$g_v = A_1 v_1 = A_2 v_2$$

Bernoullin yhtälön yhteydessä käsitellään yleensä ideaalista tapausta, jossa ei esiinny kitkaa. Todellisuudessa jokaisella virtaavalla aineella sille ominainen sisäinen kitka, jolla on vaikutuksensa esim. putkivirtauksen nopeusprofiilin muotoutumisessa. Virtauksen ollessa kitkatonta on nopeusprofiili tasainen.

Nopeuseroista syntyy kerrosten välille leikkausjännite τ , joka on verrannollinen derivaattaan d_v/d_x eli leikkausnopeuteen siten, että

$$\tau = \mu \frac{d_v}{d_x}$$

Kerroin μ on dynaaminen viskositeetti, jonka SI-yksiköksi saadaan $\text{Ns/m}^2 = \text{Pa} \cdot \text{s}$. Jos ρ on virtaavan aineen tiheys, kinemaattinen viskositeetti ν määritellään seuraavasti:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

Kinemaattisen viskositeetin SI-yksiköksi tulee m^2/s . Viskositeetti on virtaavan aineen sisäinen kitka. Pienen viskositeetin omaava aine on helposti juoksevaa (ohutta) ja taas suuren viskositeetin omaava aine on tahmeaa (paksua). (Halko, Härkönen, Lähtenmäki, Välimaa 1992, 89)

Virtausolosuhteita kuvattaessa käytetään yleisesti hyväksi Reynoldsin lukua Re , joka dimensioton suure. Putkivirtaukselle se esitetään seuraavasti:

$$Re = \frac{\rho v d}{\mu}$$

missä ρ = virtaavan aineen tiheys

μ = dynaaminen tiheys

v = keskimääräinen virtausnopeus

d = putken halkaisija

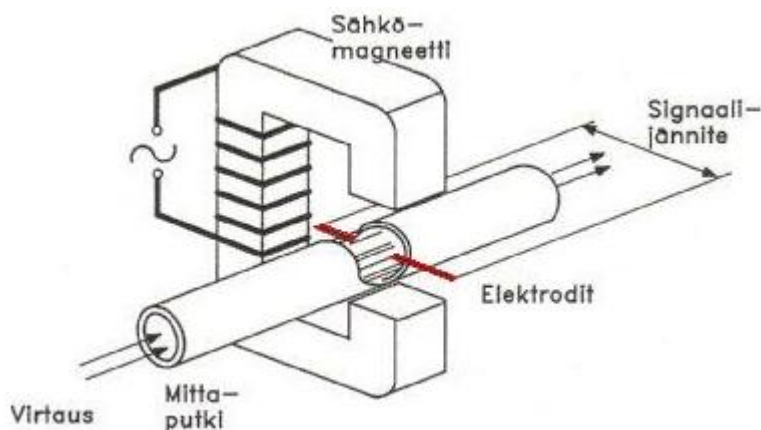
Kun otetaan huomioon, että $\nu = \frac{\mu}{\rho}$, kirjoitetaan lauseke muotoon:

$$Re = \frac{v d}{\nu}$$

Pienillä Reynoldsin luvuilla virtaus on laminaarista, pyörteetöntä. Virtausnopeuden kasvaessa Reynoldsin luku kasvaa ja sen ollessa 2000...2500 muuttuu virtaus turbulenteiksi, pyörteiseksi. Virtaavan aineen osat kuitenkin etenevät keskimääräisellä nopeudella v . Käytännössä putkivirtaukset etenevät turbulenteiksi, koska putkistoissa on mutkia, t-liittimiä ja venttiileitä, jotka aiheuttavat turbulenssia.

Nestevirtauksen mittauksessa käytetään monenlaisia mittausmenetelmiä ja mittaantureita. Käytössä ovat mm. seuraavia menetelmiä; tilavuuslaskijoita, siivikkomittareita, kuristusmenetelmiä, patopaineeseen perustuvia, rotametrit, termiset menetelmät, ultraäänimenetelmät(Doppler-menetelmä), pyörrevana mittaus(Vortex-mittaus), kierrevirtausanturit, magneettinen virtausmittaus ja massavirtausmittaus(Coriolisvoima).

Magneettinen mittausmenetelmä on edelleen paras ratkaisu sähköjohtaville aineille. Mittausmenetelmä perustuu sähkömagneettiseen induktioon. Edellytyksenä mittaukselle on riittävän suuri nesteen sähkön johtavuus, jonka tulee olla vähintään 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Siemens, $1/\Omega$). Joissain tapauksissa alaraja voi olla jopa 0,05 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Puhdas vesi ei johda sähköä mainittavasti, mutta veteen liuenneet aineet (erityisesti suolat) parantavat veden johtavuutta huomattavasti.



Kuva 23. Sähkömagneettiseen ilmiöön perustuvan virtausmittarin periaatekuva.

(<http://moodle.keuda.fi/kansiot/kaolf/MITTAUS/MAGNEETTINEN/>)

Virtausmittareiden asennuksessa täytyy huomioida seikat, jotka on esitetty kuvassa 23. Ennen mitta-anturia tulisi olla suoraa putken osuutta ainakin 5 * putken halkaisija ja jälkeen 2 * putken halkaisija.



Kuva 24. Sähkömagneettiseen ilmiöön perustuvan mitta-anturin asennus kuva.

(<http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Rosemount%20Documents/00825-0116-4663.pdf>)



Kuva 25. Burkert 8041 tyyppinen virtausanturi/lähetin laippaliitoksella.

(http://www.burkert.fi/FIN/buerkert_products.php?type=8041&sk_id=25)

8.5 Pyörimisnopeuden säätäminen ja mittaaminen

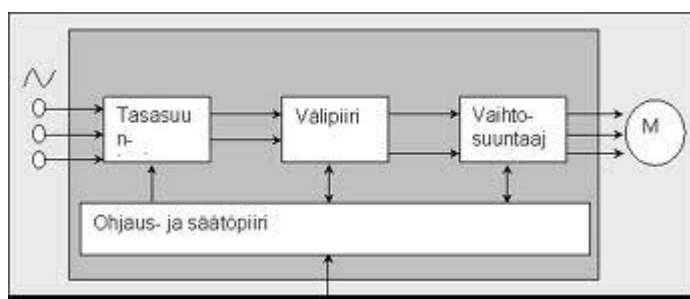
Teollisuusprosessien pumppujen pyörittämiseen käytetään tyypillisesti sähkömoottoreita. Sähkömoottoreita on erilaisia, joista yleisin on oikosulkumoottori. Oikosulkumoottorin yksinkertaisen ja kestävä rakenteen, hyvän hyötysuhteen, toimintavarmuuden ja edullisen hintansa takia se on saavuttanut valta-aseman teollisuudessa.

Moottorit ovat yleisesti 3-vaiheisia, jolloin pyörimissuunnan voi vaihtaa muuttamalla kahden vaiheen paikat vaihtokytkimellä. Oikosulkumoottorin pyörimisnopeutta on helppo säätää taajuusmuuttajalla. Pumppuun yhdistettynä voidaan sitä käyttää virtauksen säätöön joko venttiilin sijasta tai sen kanssa yhdessä.

Taajuusmuuttaja on ohjauslaite, joka muuttaa moottorin saamaa jännitettä ja taajuutta, josta oikosulkumoottorin pyörimisnopeus riippuu. (Kippo. A, Tikka. A 2008, 67)

Taajuusmuuttajakäytön avulla voidaan energian kulutusta vähentää. Pumpun tehoa pienentämällä myös pyörimisnopeutta pienennetään. Muussa tapauksessa pumppu pyöri vakionopeudella ja virtausta säädetään kuristamalla virtaus poikkipinta-alaa.

Taajuusmuuttajat ovat rakenteeltaan hyvinkin monimutkaisia. Taajuusmuuttaja muuttaa vaihtovirran sykkiväksi tasavirraksi, joka välipiirissä stabilisoidaan. Vaihtosuuntaaja muuttaa tasavirran jälleen 3-vaiheiseksi moottorille meneväksi vaihtovirraksi, jonka taajuus ja jännite määräytyvät ohjausyksikön säätöjen mukaan. (Kippo. A, Tikka. A 2008, 68)



Kuva 26. Taajuusmuuttajan periaatekuva (välipiirillinen).

http://www.tekniikka.oamk.fi/~terohi/auto1_s2006u.htm

Automaatiojärjestelmään liitetty taajuusmuuttaja ohjaa moottorin pyörimisnopeutta automaatiojärjestelmän AO- yksikön (Analog Out) antaman analogisen viestin mukaan tai kenttäväyläliittymällä varustettu taajuusmuuttaja väylän kautta tulevan ohjearvon mukaan. Taajuusmuuttajan ja automaatiojärjestelmän välillä on myös muita liitäntöjä kuten käynnistys/pysäytys, jotka toteutetaan BO- yksikön (Binary Out) avulla. Taajuusmuuttajasta voidaan saada lisäksi vikatietoja kytkintietoina ja moottorin ottaman virran analogiaviestinä, jotka viedään järjestelmään vastaavien liitäntöjen avulla. (Kippo. A, Tikka. A 2008, 68)

Winnovan vesiprosessiin on kytketty toiseen (P2) pumppuyksikköön Mitsubishiin taajuusmuuttaja FR-F540J-7.5K-EC. Taajuusmuuttaja oli tarkoitettu 7.7 kW nimellistehon omaaville sähkömoottoreille, joka on ABB: n valmistama M2AA 132 M 380-420V 1450 r/min 7.5 kW 15.3 A.

FR-F500J -sarjan taajuusmuuttajat kommunikoivat ohjausjärjestelmän kanssa sisäänrakennetun RS485-väylän kautta. Jopa 32 taajuusmuuttajaa voidaan kytkeä sen avulla samaan monipisteverkkoon. Masterina käytetään ohjelmoitavaa logiikkaa, ope-
rointipäätettä tai PC:tä.

PID-säädin 4-20 mA takaisinkytkennällä mahdollistaa taajuusmuuttajien käytön lämpötilan säätöön, pumppujen ja puhaltimien nopeuden säätöön sekä muihin sovel-
luksiin, joissa tarvitaan moottorin nopeuden säätöä ulkoisen ohjeen ja mittauksen mukaan. Uudelleenkäynnistys virtakatkon jälkeen on myös tärkeä ominaisuus tämän tyyppisissä sovelluksissa.

(http://www.beijer.se/web/web_aut_fi.nsf/AllDocuments/C125701A003AA919C1256F3B004D22AA)



Kuva 27. Mitsubishi Electricin FR-F500J-sarjan taajuusmuuttaja.

(<http://www.beijer.se>)

Pyörimisnopeuden mittaamisessa käytetään mm. inkrementtiantureita, jotka on asen-
nettu suoraan sähkömoottoriin. Tällöin ne antavat suoraan tietoja moottorin nopeu-
desta. Absoluuttikulma-anturia usein käytetään liikkeen tarkkaan asemointiin.

Pulssiantureiden käyttökohteet vaihtelevat suuresti ja niitä käytetään useilla teolli-
suuden aloilla kuten paperi-, teräs- ja tuulivoimateollisuudessa. Niitä käytetään myös
usein erilaisissa mittaus- ja testausjärjestelmissä.



Kuva 28. Inkrementtianturi on asennettu suoraan sähkömoottoriin. Leine&Linde malli 703. (<http://www.leinelinde.fi/Tuotteet/Lataukset>)

Yllä olevassa anturissa on useampi liitäntä mahdollisuus; TTL (5 VDC), HCHTL (9-30 VDC), HTL (5-30 VDC), RS422 (5 VDC).

9 OHJAUS JA SÄÄTÄMINEN

Prosessiteollisuuden automaatio on mittauksiin perustuvaa säätöä. Siinä prosessista kerätään mittaustietoa, jota verrataan vertailusignaaliin, kyseessä on siis takaisinkytketty säätö. Vertailusignaalin ja mittaustiedon välistä erotusta, erosuuretta, käytetään säätöalgoritmissa laskettaessa uutta ohjaussignaalia toimilaitteelle, jonka avulla mitaus voidaan pitää mahdollisimman lähellä vertailusignaalia. (Kippo. A, Tikka. A 2008, 13)

Prosessiautomaatiojärjestelmä koostuu useista tehtäviinsä erikoistuneista tietokoneista, jotka voivat keskustella keskenään tietoverkkojen avulla. Tehtävien jakamista useille tietokoneille kutsutaan hajautukseksi. Prosessiin kytketyt mittalaitteet syöttävät jatkuvasti tietoa prosessiautomaatiojärjestelmään, joka kykenee ohjaamaan prosessia toimilaitteidensa avulla. Mittalaitteissa on anturi(tuntoelin) ja mittauslähetin, joka muuttaa anturin mittaviestin paremmin siirrettävään ja muulle laitteistolle sopivaan standardimuotoon. (Kippo. A, Tikka. A 2008, 13)

Toimiyksiköt koostuvat toimilaitteista ja toimielimistä. Toimilaitteet vaikuttavat prosessiin halutulla tavalla, esimerkiksi venttiili voi muuttaa jonkin putken virtausta tai

lämmitysvastus jonkin säiliön lämpötilaa. Nykyisten mitta- ja toimilaitteiden mikroprosessori käsittelee tietoja itsenäisesti. Nämä älykkäät kenttälaitteet kommunikoivat sekä keskenään että muiden automaatiolaitteiden ja ihmisten kanssa alemman tason tietoverkon, kenttäväylän kautta. (Kippo. A, Tikka. A 2008, 13)

9.1 Tiedonsiirto

Yksinkertainenkin säätöjärjestelmä sisältää useampia toistensa kanssa vuorovaikutuksessa toimivia osasysteemejä; edellisen lähtösuure on seuraavan tulosuure. Osa kytkennöistä on laitteidensisäisiä ja osa taas puolestaan täysin kiinteitä ja mekaanisia. Suurehkoissa toteutuksissa kenttälaitteet eli mitta- ja ohjauslaitteet hankitaan erillisinä komponentteina. Niiden tulee kuitenkin ymmärtää automaation ohjausviestejä ja toisaalta automaation tulee ymmärtää kenttälaitteita. Tätä varten on sovittu määrätyistä viestimuo-doista ns. standardiviesteistä. (Savolainen, Vaittinen 2007, 16)

	SÄHKÖISET		PNEUMAATTISET
ANALOGISET	1...5 VDC 2...10 VDC	4...20 mA	20...100 kPa
DIGITAALISET	Kenttäväylät		

Taulukko 1. Kenttäviestit.

Standardiviestit jaetaan fysiikan suureiden perusteella sähköisiin ja pneumaattisiin viesteihin. Nykyään käytetään lähes yksinomaan sähköisiä viestejä, mutta ohjauspuolella pneumatiikan merkitys säilyy suurena etenkin prosessiteollisuudessa.

Toiminnallisesti standardiviesti jaetaan jatkuviin, verrannollisuuteen perustuviin analogisiin viesteihin ja epäjatkuviin, numeroin osoitettaviin digitaalisiin viesteihin. Sähköiset viestit siis voivat olla joko analogisia tai digitaalisia, jolloin viesti muodostuu numeerisesti tutkittavista peräkkäisistä pulssijonoista (sarjaliikenne).

Tietoliikenteen kehittymisen myötä on digitaalisesta tiedon siirrosta tullut yleisin kenttälaitteiden ja muun automaatin välille. Analoginen viestisignaali pyritään täysin korvaamaan digitaalisella, mutta siirtymäaika on kuitenkin kovin pitkä. Jatkossa tullaankin näkemään erilaisia kombinaatioita analogisten, digitaalisten ja HART- tie-

donsiirron kesken. Analogisen viestipiirin hyvät ominaisuudet on pyritty säilyttämään myös uusissa kenttävylyissä.

Sähköisiä analogiaviestejä on kahta tyyppiä, jänniteviesti (1...5 VDC tai 2...10 VDC) ja virtaviesti (4...20 mA). Jänniteviesti muodostuu lähtevän ja vastaanottavan laitteen välisestä johdinparista. Johtimen välinen on suoraan verrannollinen lähtevään suureen. Lähettävässä laitteessa täytyy olla oma sähköinen tehonsyöttö viestijännitteen aikaansaamiseksi. vastaanottimessa viesti luetaan jännitteen mittauksena.

Virtaviestiyhteys muodostuu lähettävän ja vastaanottavan laitteen välisestä suljetusta virtapiiristä ns. virtasilmukasta. Virtasilmukassa kulkeva sähkövirta on suoraan verrannollinen lähtevään suureen. Lähettävän laitteen tulee siis pystyä muuttamaan silmukassa kulkevaa sähkövirtaa. Tapahtuma vaatii, että virtasilmukkaan pitää syöttää jossakin kohtaa jännitettä (12...50 VDC). Jännitteen syöttö voidaan tehdä joko lähettävässä tai vastaanottavassa laitteessa. Virtasilmukan tehonsyötön tapahtuessa automaatiojärjestelmässä tai säädinlaitteessa puhutaan ns. 2- johdinkytkennästä. Mittalähettimet pystyvät käyttämään omassa toiminnassaan hyväksi viestipiirissä kulkevaa sähkötehoa, sehan on suurempi kuin nolla, koska alarajallakin on nolasta poikkeava virranvoimakkuus 4 mA. (Savolainen, Vaittinen 2007, 17)

Analogisen 4...20 mA virtaviestin hyviä puolia:

- standardisoitu menetelmä
- ns. elävä nolla, 0 mA:n viesti merkitsee vikaa piirissä
- ylimenovastukset yms. eivät vaikuta, koska lähetin syöttää mittaamaansa mA:n määrän piirin resistanssista riippumatta. Tämä pätee niin pitkälle kuin apujännite (esim. 24 V) riittää.
- piirissä kulkeva virta voidaan helposti mitata mA-mittarilla katkaisematta piiriä, kunhan piirin on kytketty diodi.

Virtaviestin huono puoli on se, että voidaan siirtää vai yksi tieto (anturitieto muunnettuna) ja tiedon siirto tapahtuu vain yhteen suuntaan. Toisaalta joka lähetintä varten tarvitaan johtopari. Nämä ovat syitä, miksi nykyisin suositaan digitaalista tiedonsiirtoa lähettimen ja automaatiolaitteiden välillä. Analogisen mA-viesti on kuitenkin useimmiten yksinkertaisin ja halvin tapa järjestää pienen prosessin mittaus ja säätö.

Digitaalitekniikalla saavutetaan monia etuja, kuten hyvä häiriöiden sieto, laitteiden ohjelmallinen konfiguroitavuus, laitteiden virheellisen toiminnan havainnointi, viallisen laitteen poisto väylältä sekä laitteiden toimintatilan vaihto väylän kautta. Sarjamuotoisen väylän avulla voidaan tiedon prosessointia hajauttaa suuremmalle alueelle. (Savolainen, Vaittinen 2007, 17)

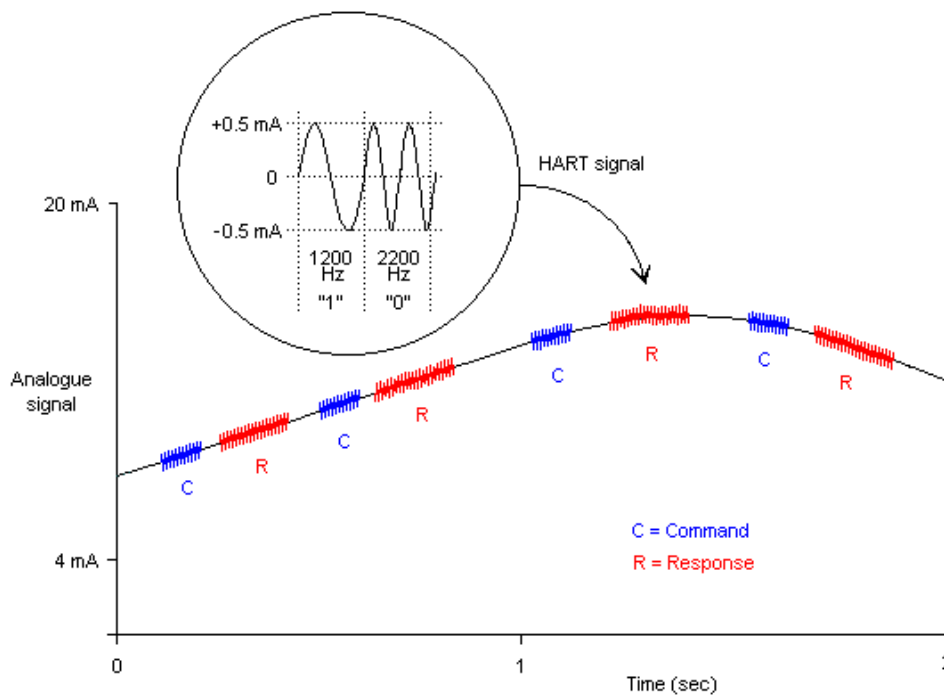
9.2 Kenttäväyläratkaisut

Kenttäväylä on yleisnimitys laitetason tiedonsiirrossa käytetyille digitaalisille sarjaväylille. Kenttäväylissä tiedonsiirto tapahtuu kuparikaapelia tai optista kuitua pitkin, joka on yleistymässä langattomaan suuntaan. Kenttäväylän fyysinen tiedonsiirtokerros voi olla toteutettu sarjaliikenneprotokollalla kuten RS485 tai omalla protokollalla sisältävällä kytkentäpiirillä kuten CAN -piiri tai se voi perustua Ethernetin käyttöön.

9.2.1 HART- tiedonsiirtoprotokolla

Analogisista mittauslähettimistä digitaalisiin siirryttiin mikroprosessorien kehityksen myötä. Lähettimessä tapahtuvasta digitaalisesta tiedonkäsittelystä saataisiin täysi hyöty vasta digitaalista tiedonsiirtoa käytettäessä. Automaatiovalmista Rosemouth kehitti analogisen viestitekniikan puuteiden takia digitaalisen HART- tiedonsiirtoprotokollan (Highway Addressable Remote Transducer). Tämä protokolla mahdollistaa myös analogisen viestin käytön.

Tiedonsiirrossa käytetään taajuusmoduloitua sinisignaalia, jossa taajuus 1200 Hz tarkoittaa binääristä arvoa 1 ja 2200 Hz binääristä arvoa 0. Sinisignaali kelluu virtaviestin päällä ja on amplitudiltaan n. 0.5 mA. Sinisignaalin keskiarvon ollessa 0 mA, se ei vaikuta analogiasignaalin arvoon. HART- kenttälaitteen tietoliikenne voi siis olla analogisen ja digitaalisen yhdistelmä. Käytössä voi siis olla joko analoginen tai digitaalinen tai molemmat viestit yhtä aikaa. (Kippo. A, Tikka. A 2008, 72)



Kuva 29. HART- signaalin muoto. (<http://www.romilly.co.uk/whathart.htm>)

HART- kenttälaitte voidaan konfiguroida ja parametroida suoraan prosessiautomaation käyttöliittymästä. Kenttälaitteen diagnostiikan huomaamista häiriöistä saadaan tieto heti esim. kunnossapidolle. Kenttälaitteen parametointi esim. mittausalueen muutos tai kalibrointi, voidaan tehdä myös erillisellä HART- ohjelmointilaitteella.

(Kippo. A, Tikka. A 2008, 73)

HART- kenttälaitteelta saadaan mm. seuraavia tietoja:

- laitteen positio tunnus
- mittausalue
- enintään neljän prosessimuuttujan arvot täydellä tarkkuudella
- diagnostiikkatiedot laitteen kunnosta
- aikaleima
- vaimennusaikakaavio
- laitteen materiaalitiedot

9.2.2 Väyläliitynnät

Kenttäväylästandardoinnin tuloksen käytössä on useita väylätyyppejä, joilla on vaikiintunut käyttökohde tai käyttäläkunta. Profibus- väylät ja Foundation Fieldbus- väylät ovat lähtöisin samasta standardista (IEC61158), mutta 1989 ne erkaantuivat omiksi väyläperheiksi. OSI- mallin fyysinen alin kerros on sama, mutta väylälaitteet eivät ole keskenään yhteensopivia. Signaali on ns. Manchester Biphas- koodin mukainen ja nopeus on 31.25 kbit/s. Standardi määrittelee myös väylän käyttävän parikaapelin. Hyväksytyjä parikaapeleita on 4, joista suositeltavin on ns. A- tyyppin kaapeli. (Kippo. A, Tikka. A 2008, 74)

Väyläsegmentin molemmissa päissä on pääterajoitin (kondensaattori), joka estää väylälaitteiden tarvitseman tasavirran kulkemisen päätevastusten läpi. Datasignaalin sijaan vaimenee pääterajoittimissa. Väylälaitteet lähettää signaalin 50 Ω :n kuormana ja toisen rajoittimen puuttuessa on signaalijännite kaksinkertainen normaaliin jännitteeseen verrattuna.

Segmentin teholaähde voi syöttää kenttälaitteille n. 400 mA:n virran ja kenttälaitteen toimintajännite liikkuu 9...32 V:n välillä. Teholähteen ja väylän välissä oleva impedanssisovitin päästää tasavirran teholahteelta väylälaitteille, mutta estää signaalijännitteen pääsyn teholahteelle ja sallii näin signaalijännitteen tarvitseman noin 1 V:n vaihtelun. (Kippo. A, Tikka. A 2008, 74)

9.2.3 Profibus- väylä

Profibus- väylä toteuttaa master-slave protokollaa, jossa väyläohjain, logiikka, PC tai automaatioasema ohjaa liikennettä väylällä. Profibus koostuu kolmesta eri väylästä Profibus FMS (Field Message Specification), Profibus DP (Decentralized Periphery) ja Profibus PA (Process Automation).

Profibus DP on automaatiojärjestelmän ja hajautetun I/O:n välinen nopea väylä, 12 Mbit/s. Tarvitaan aina Profibus PA:n yhteydessä.

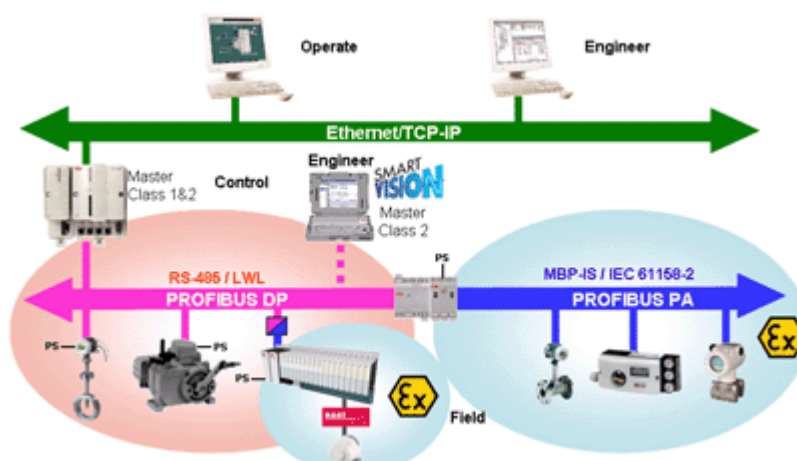
Profibus PA on prosessiautomaatiossa käytetty ja sopii räjähdysvaarallisiin tiloihin. OSI- mallin fyysiseltä tasolta kuin Foundation Fieldbus- väylän taso H1.

Prosessiautomaatiossa käytetään erityisen paljon Profibus DP:tä jonka kautta hoideetaan teollisuuden moottoriohjauksia. Väylä sopii hyvin myös I/O:n hajauttamiseen lähemmäs prosessia. Väylän suurin nopeus on 12 Mbit/s, jolloin väyläkaapelin pituus voi olla enintään 100 m. Väylän fyysinen rakenne on standardin RS 458:n mukainen. Väylännopeuden ja parikaapelipituuden välinen riippuvuus ilmenee alla olevassa taulukosta.

Nopeus(kbit/s)	9,6	19,2	93,75	187,5	500	1500	1200
Pituus (m)	1200	1200	1200	1000	400	200	100

Taulukko 2. Profibus DP:n väylänopeuden ja segmentin pituuden riippuvuus käytetäessä tyyppin A:n kaapelia.

Profibus DP:ssä käytetään myös optista kaapelia, joka ei ole altis sähkömagneettisille häiriöille. DP- väylä tukee 126:tta laiteosoitetta, jolloin laitteiden tulee olla Profibus DP- tai PA – tyyppisiä. On huomioitava, että varsinainen kentälaitteiden välinen väylä Profibus PA liittyy muuhun automaatioon aina Profibus DP:n kautta. Tähän tarvitaan linkkilaite (Linking device) tai kytkinlaite (Coupler). (Kippo. A, Tikka. A 2008, 76)

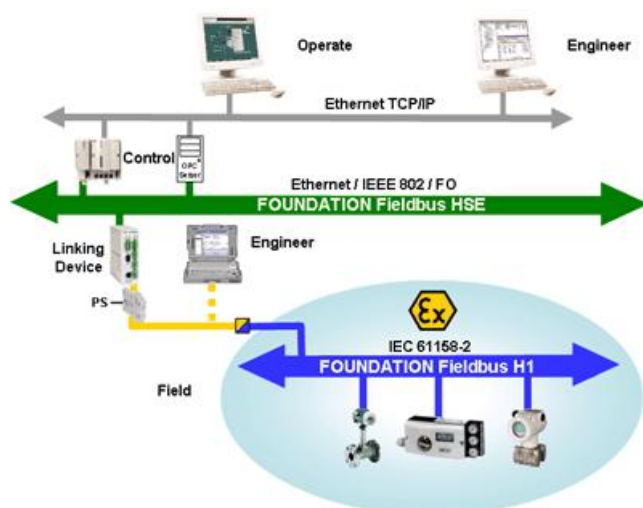


Kuva 30. Profibus- väylien kytkentä automaatioon. (<http://www.abb.com>)

9.2.4 Foundation Fieldbus, FF

Foundation Fieldbus kenttäväylää käytetään sekä prosessi että rakennusautomaatiossa. Foundation Fieldbusia ohjaa samanniminen organisaatio, joka koostuu automaatio- ja instrumentointijärjestelmien toimittajista. Sovelluskerros sisältää ohjelmien ja tietokantojen siirron laitteiden välillä, puskureiden ja jonojen tuen, prosessin ajatuksen ja tapahtumien raportoinnin. Siirtoyhteyskerros antaa kaikille kommunikoiville laitteille mahdollisuuden verkon hallintaan. Jokainen solmupiste, jolla on valtuus, saa mahdollisuuden hallita verkkoa lyhyen ajan vuorolla. Väyläisäntä LAS, hallitsee delegoituja ja menetettyjä valtuuksia, verkkoon pääsyä sekä verkon aloitustapahtumaa. Fyysisenä siirtotienä käytetään kierrettyä parikaapelia tai optista yhteyttä.

FOUNDATION H1 väylä on tarkoitettu ensisijaisesti prosessin ohjauksen kenttä-tason käyttöliittymänä ja laite integraationa. Väylän nopeus on enintään 31,25 kbit/s. Tekniikka yhdistää laitteet, kuten lähettimet ja toimilaitteet kentän verkkoon. H1 väylä on suunniteltu toimimaan kierretyssä parikaapelissa, jossa käyttöjännite ja signaali on samassa kaapelissa. Voidaan käyttää myös valokuituverkossa. High Speed Ethernet (HSE) sopii käytettäväksi kontrollin selkärankana. Väylän nopeus 100 Mbit/s. HSE tekniikka on suunniteltu H1 väylän ja Ethernetin välille.



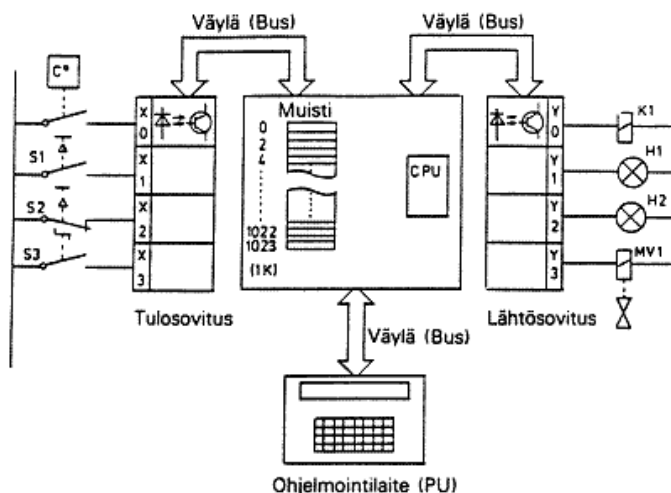
Kuva 31. Foundation Fieldbus kenttäväylän topologiamalli.

9.3 Ohjelmoitava logiikka

Ohjelmoitava logiikka (PLC = Programmable Logic Controller) on yksittäinen, itsenäinen (Stand Alone) automaatiojärjestelmä, joka hoitaa tiettyä prosessia, minkä toiminta tyypillisesti etenee vaiheittaisesti. Ohjelmoitava logiikka hoitaa omaa erityistä tehtäväänsä toimintaohjeidensa eli logiikalle ladatun sovellusohjelman mukaisesti. Ohjelmoitava logiikka liittyy prosessiin prosessiliityntäyksiköiden kautta. Ohjelmoitava logiikka kehitettiin alun perin korvaamaan monimutkaisia relekytkentöjä. (Kippo. A, Tikka. A 2008, 54)

Logiikan I/O yksiköt ovat tyypillisesti kytketty väylän avulla keskusyksikköön, jolloin ne voidaan hajauttaa. Teholähde voi olla ulkoinen. Ohjelmointi tehdään tavallisesti PC:n avulla. Ohjaukseen liittymä voidaan toteuttaa PC- valvomon tai yksinkertaisemman ohjauspaneelin avulla. Käyttöliittymä voi olla yksikertaisimmillaan toteutettu merkkilamppujen ja painonappien avulla. (Kippo. A, Tikka. A 2008, 56)

Perusmuodossaan ohjelmoitava logiikka voi sisältää tuloyksiköt, lähtöyksiköt, keskusyksikön (CPU = Central Processing Unit), ohjelmamuistin, jännitteen syöttöyksikön ja ohjelmointilaitteen (kuva 31).



Kuva 32. Ohjelmoitavan logiikan peruskokoonpano ja – toiminta.

(http://www.tekniikka.oamk.fi/~terohi/auto1_s2006u.htm#_Toc147132902)

Viestit tuodaan logiikkaan tuloyksiköiden kautta, joissa tapahtuu jännitteen sovitin (24 V DC, 220 V AC ->5 tai 10 V DC), potentiaalierotus sekä häiriöiden vaimennus.

Lähtöyksiköt ohjaavat toimilaitteita (tyypillisesti binäärinen päälle/pois ohjaus), joissa tarvittavat tehot voivat vaihdella mW:sta kW:hin. Kytkiminä lähtöyksiköissä käytetään relekoskettimia, transistoreja ja triakkeja.

Keskusyksikkö suorittaa ohjelmamuistissa olevien ohjeiden ja apumuistissa olevien tilatietojen mukaisesti jatkuvaan ohjelmakiertoon perustuvaa toimintaa. Keskusyksikkö voi olla toiminnaltaan pyyhkäisevä tai reaaliaikainen. (www.tekniikka.oamk.fi)

Automaatioon on olemassa Omronin ZEN 10C1AR-A 1 ohjelmoitava rele, joka on jo kytketty omaan kaappiinsa. Selvitetään onko kyseinen logiikka sopiva vesiprosessin ohjaamiseen vai täytyykö hankkia joku toinen logiikka, esimerkiksi Siemens S7.

ZEN 10C1AR-A:ssa on neljä erilaista 10:n I/O- pisteen keskusyksikköä, minkä ansiosta se täyttää kaikki erilaisilta automaatiosovelluksilta vaaditut ominaisuudet. Yksiköistä kolme (C1/C2/C3) ovat laajennettavissa jopa 34:n I/O- pisteeseen, yhsekä analoginen tulo ja pikalaskuritulo 150 Hz:iin asti.

Olemassa oleva ohjelmoitava rele on perusmalli, joka siis sisältää nuo 10 kpl I/O pistettä. CPU:ssa RS 485 liitäntä, joka voidaan liittää PC:n joko RS 232 tai USB portin kautta.

ZEN 10C1AR-A:ssa on LCD- näyttö, 110...24 VAC käyttöjännite sekä sisääntulo signaalit ja releohjatut ulostulo signaalit.



Kuva 33. Omronin ZEN 10C1AR-A ohjelmoitava rele.

(<http://industrial.omron.fi>)

10 YHTEENVETO

Työni tavoitteena oli selvittää ja päivittää mitta-anturien tarpeet vesiprosessin automaatio ohjaukselle. Valmiina prosessissa oli automaation kannalta ohjaus logiikka, taajuusmuuttaja sekä pneumatiikkaventtiilit toimilaiteteille. Työn aloittaminen tapahtui tutustumalla olemassa olevien komponenttien teknisiin mittoihin, pumppujen virtaus ja paine arvoihin sekä sähköisiin arvoihin. Vesiprosessista löytyi oma kansio, josta löytyi hankituista komponenteista dokumentit. Laitteet, jotka oli saatu lahjoituksena, ei löytynyt valmiita dokumentteja. Netti hauilla löytyi jotain tietoa näistä komponenteista.

Tämän jälkeen selvitin teorian vaatimat matematiikkaan ja fysiikkaan perustuvat arvot sekä laskelmat.

Selvitysten jälkeen aloin tutkimaan minkä tyyppisiä mittalaitteita ja – antureita olisi saatavilla. Tutkin niiden sopivuutta olemassa olevaan logiikkaan. Sopivan kenttäväylän valinta oli myös oleellinen ja haastava tehtävä. Näiden asioiden osalta käännyin paikallisen asiantuntijan puoleen. Heiltä pyysin tarjouksen vesiprosessiimme sopivista mitta-antureista ja säätölaitteista.

Tarjouksessa ehdotettiin vesiprosessiimme seuraavia Siemensin tuotteita:

- TME620-2YC12-2AA1 virtaus mittaputki, MAG5100W, DN50, PN16, Hast.C,
- vaihtoehtona samainen tuote, mutta DN25, joka voisi olla prosessin virtauksilla tarkempi
- vahvistin virtausantureille 7ME6910-1AA10-1AA0,MAG5000, 115-230VAC,IP65,NEMA4X/
- 7MF4133-1DA70-2AB1-Z M04 painelähetin, DS III, 0-16bar, DN50 PN16 laipalla, Z=M04, HART-, Profibus PA ja FOUNDATION Fieldbus väyläliityntä mahdollisuudet
- 7MC1006-1DA16-Z T10 lämpötil-anturi, Pt 100 G ½, 100 mm,1.4471, ke-raaminen pala, sis. TH100 lähettimen, kapasitiivinen
- vaihtoehtona sama lämpötila-anturi DN25 laipalla

- pinnankorkeuden mitta-anturi kapasitiivinen, 7ML5670-0AA00-0AB0-Z Y01600MM, 3300 pF, 4-20 mA, 3/4" NPT, 600 mm näyttö, IP65
- pulssianturi pyörimisnopeuden mittaamiseksi taajuusmuuttujalla varustettuun pumppuyksikköön, IOV-58(00021), TR, HTL,11-27 VDC, 6mm sisältäen liittimet, 0-3600 pls/r (uusi tuote)

Tarjous kysyttiin vain yhdeltä toimittajalta, joka myös tarjosi vain yhden valmistajan tuotteita. Olisi suotavaa käyttää useamman valmistajan tuotteita, jotta opiskelijoilla olisi tietoa myös eri valmistajista. Näin ollen tulisi laajempaa tietoa mittalaitteiden tyypeistä ja toimintamalleista.

Kenttäväylän osalta mikä vaan edellä mainituista voisi tulla kysymykseen. Mittalaitteita on niin vähän, että HART -protokollaa voisi olla halvin ja yksinkertaisin. Opimisen kannalta voisi miettiä myös muita vaihtoehtoja.

Vesiprosessin uusi rakenne jäi vielä suunnittelematta, koska mittalaitteita ei oltu vielä hankittu eikä näin ollen tiedetty tarkalleen niiden sijoituspaikkaa. Prosessin ohjelmointi jäi myös seuraavaan vaiheeseen, tähän oli jo työn alkuvaiheessa tiedossa. Näistä olisikin hyvä tehdä jatkotyö vesiprosessin lopulliseen toimintakuntoon saattamiseksi.

Omasta mielestäni työni tavoitteet tuli saavutettua siltä osin kuin alussa olin suunnitellutkin. Prosessin uudesta putkistosta ehkä olisi voinut ehdotelman tehdä.

LÄHTEET

Hakkarainen, K., Lonka, K., Lipponen, L. 2004. Tutkiva oppiminen: WSOY Helsinki. 6.- 8. Painos 2008

Halko, Härkönen, Lähteenmäki, Välimaa. 1992 VAPK.

Kippo, A., Tikka, A. Automaatiotekniikan perusteet. Edita Prima Oy 2008.

Manninen, J., Burman, A., Koivunen, A., Kuittinen, E., Luukannel, S., Passi, S., Särkkä, H. 2007. Oppimista tukevat ympäristöt. Johdatus oppimisympäristöajattelun. Vammala: Vammalan kirjapaino Oy.

Meisalo, V., Sutinen E., Tarhio, J. 2003. Modernit Oppimisympäristöt. Helsinki: Tietosanoma Oy. 2. uudistettu laitos. ISBN 951 – 885 – 214 – 6.

Salakari, H. 2007. Taitojen opetus: Saarijärven Offset, Saarijärvi.

Savolainen, R., Vaittinen. 2007. Sääntötekniikan Perusteita. Suomen Robotiikkayhdistys Ry.

Kalli, Pekka. TAOKK luento 14.9.2009.

http://www.promaint.net/alltypes.asp?menu_id=846 26.3.2012

<http://www.scribd.com/doc/85569560/Ahlstar-fi-E00545> 28.11.2012

<http://www.metsoendress.com> 7.1.2013

http://www.wika.com.ar/upload/pr_pm_6522.pdf 8.1.2013

<http://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/4.+Putkivirtaus> 12.1.2013

<http://moodle.keuda.fi/kansiot/kao-lf/MITTAUS/MAGNEETTINEN/magnvirtausm.htm> 12.1.2013

<http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Rosemount%20Documents/00825-0116-4663.pdf> 12.1.2013

http://www.tekniikka.oamk.fi/~terohi/auto1_s2006u.htm 13.1.2013

http://www.beijer.se/web/web_aut_fi.nsf/AllDocuments/C125701A003AA919C1256F3B004D22AA 13.1.2013

<http://www.romilly.co.uk/whathart.htm> 13.1.2013

<http://www.abb.com> 13.1.2013

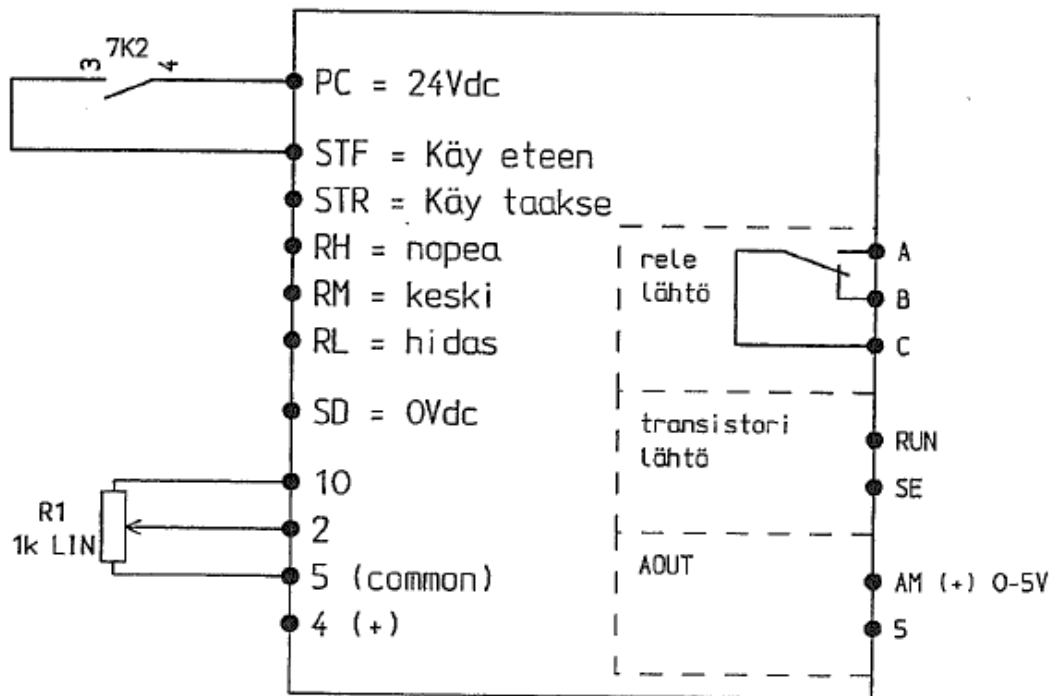
http://www.tekniikka.oamk.fi/~terohi/auto1_s2006u.htm#_Toc147132902 14.1.2013

http://industrial.omron.fi/fi/products/catalogue/control_components/programmable_relay/zen_10c/default.html 14.1.2013

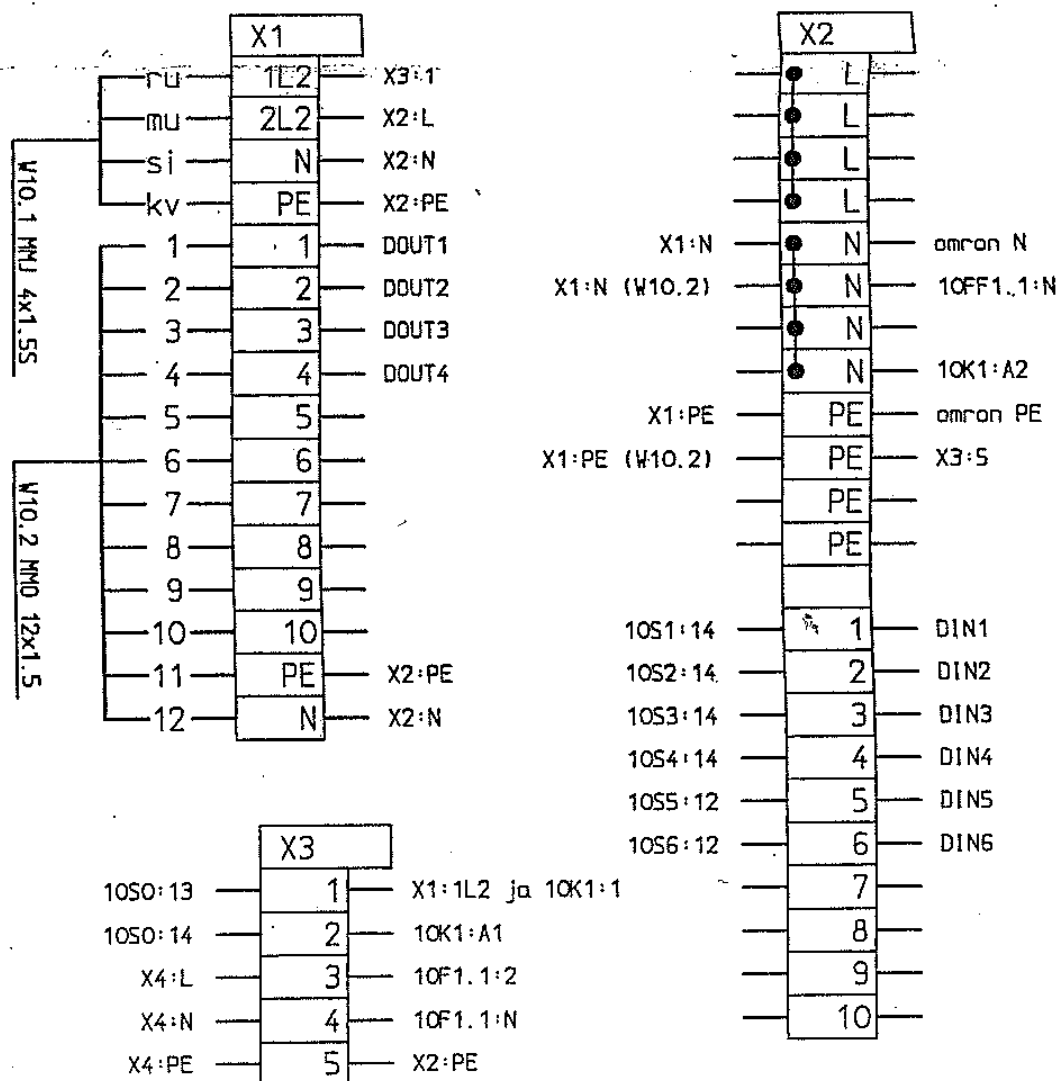
<http://www.parker.com> 15.1.201

LIITTEET

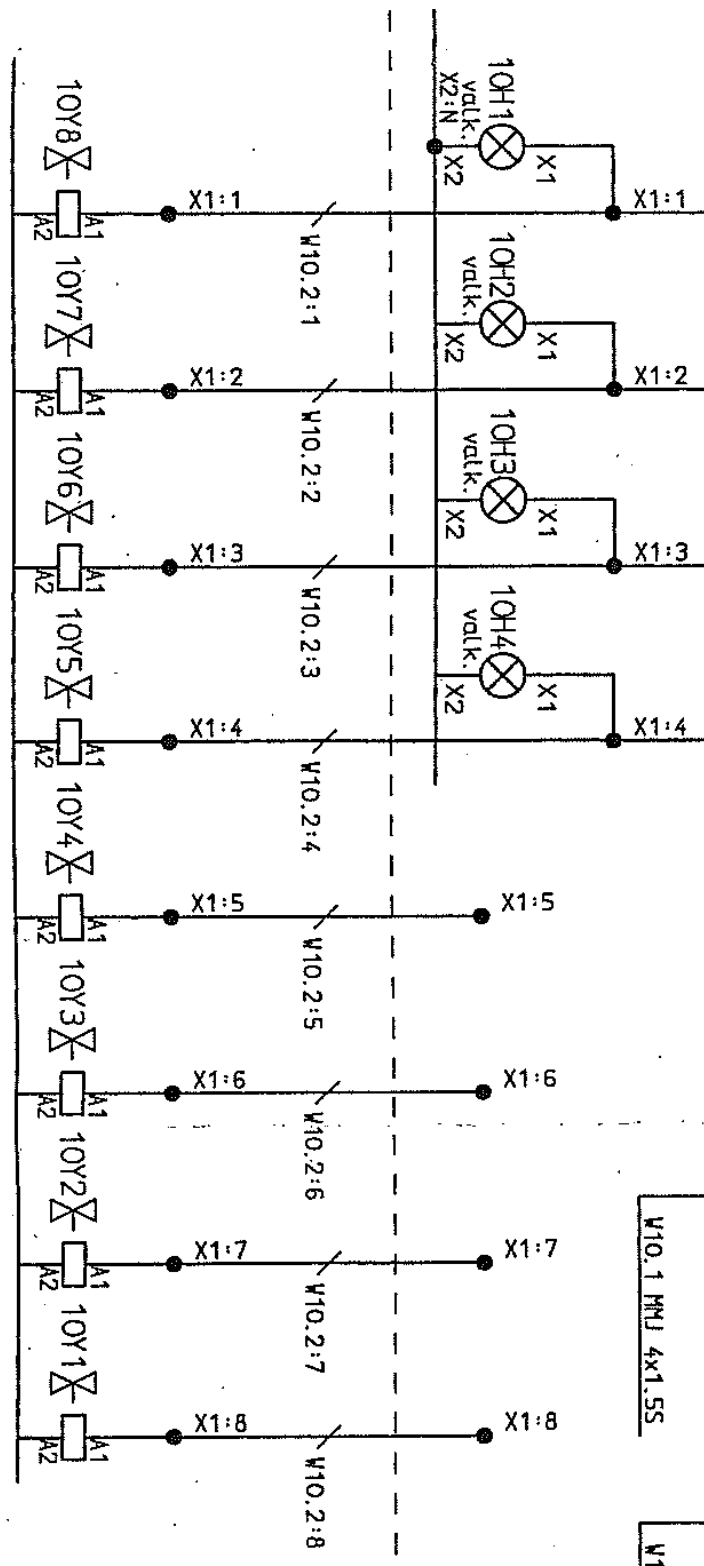
LIITE 1



Taajuusmuuttajan sähköinen kytkentä.

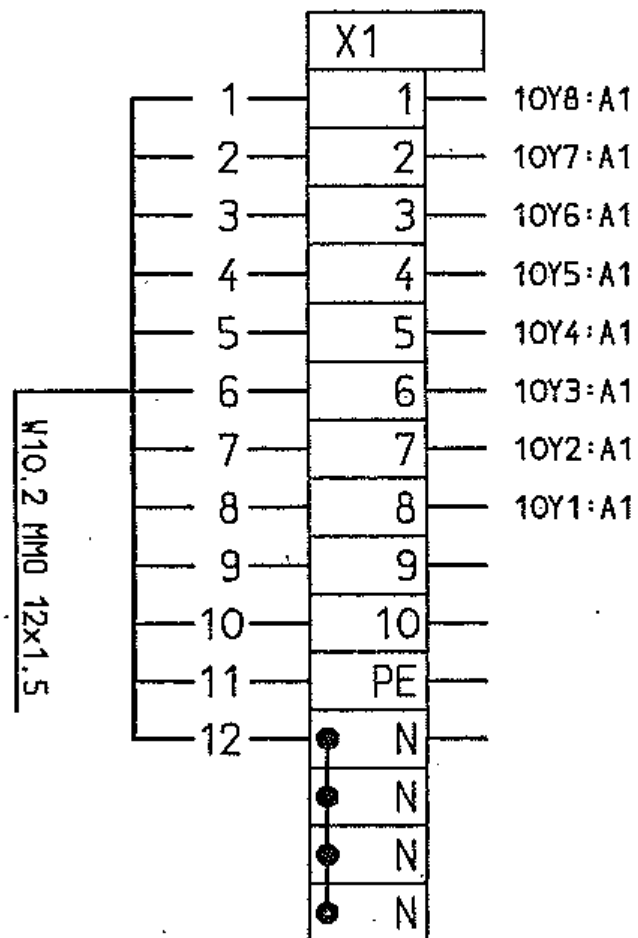


Logiikan sähköytkenän riviliittimet.



Pneumatiikan sähkökaavio.

OK4



Pneumatiikan sähkökytkennän riviliittimet.