



Antti Piipponen

PUMPPAUSPROSESSIN SUUNNITTELU KOULUTUSKÄYTTÖÖN

**PUMPPAUSPROSESSIN SUUNNITTELU
KOULUTUSKÄYTTÖÖN**

Antti Piipponen
Opinnäytetyö
Kevät 2013
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, energiatekniikka

Tekijä: Antti Piipponen

Opinnäytetyön nimi: Pumppausprosessin suunnittelu koulutuskäyttöön

Työn ohjaajat: Jukka Ylikunnari (OAMK), Jyrki Mänttari (OSAO)

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2013 Sivumäärä: 53 + 11 liitettä

Opinnäytetyössä suunniteltiin pumppausprosessi Oulun seudun ammattiopistolle (OSAO) oppilaiden koulutuskäyttöön. Tavoitteena oli suunnitella työn lähtökohtana olleen pumpun ympärille rakenteet ja putkisto, valita oikeat laitteet ja varusteet sekä laatia prosessista piirustukset, jotta OSAO:n opiskelijat pystyisivät pumppausprosessin toteuttamaan syksyllä 2013 alkavalla lukukaudella.

Työ toteutettiin tiiviissä yhteistyössä toimeksiantajana toimineen OSAO:n lehtori Jyrki Mänttärin kanssa, jolta saatiin toivotut yleiset toimintaperiaatteet ja -tavoitteet. Prosessin oli tarkoitus olla yksinkertainen kiertoprosessi, jossa pumppu pumppaa vettä imusäiliöstä yläsäiliöön ja josta se palaa takaisin imusäiliöön. Prosessin täytyi olla liikuteltavissa ja toteutettavissa OSAO:n omilla laitteilla ja tietotaidolla. Suunnittelu toteutettiin 3D Cad-suunnitteluohjelmistolla standardien ja opiskeluaikana opittujen asioiden mukaan. Suomen standardisoimisliiton SFS:n ja PSK-standardisoinnin tietokannoista saatiin ohjeet putkien ja putkistovarusteiden sekä muiden rakenneterästen valinnalle ja putkiston kannattimien ja turvakaiteen mitoituksille. Prosessiin valitut materiaalit, laitteet ja tarvikkeet tullaan tilaamaan ulkopuolisilta yrityksiltä.

Työn tuloksena laadittiin toimeksiantajalle luovutetut ja toimeksiantajan hyväksynnän saaneet prosessin rakentamiseen vaadittavat piirustukset. Piirustuksista käyvät ilmi prosessiin valitut materiaalit ja laitteet. Prosessin toteuttamiselle laadittiin lisäksi kustannusarvio, jonka mukaan budjetin tulisi olla noin 10 000 €. Prosessi kattaa alkuperäisen suunnitelman mukaisesti imu- ja yläsäiliön, runkorakenteen, putkiston, venttiilit, putkiston kannatuksen, hoitotason, turvakaiteen ja tikkaat. Lisäksi prosessiin tulee automaattinen pinnanmittaus yläsäiliöön sekä pinnanmittauksen mukaan toimiva virtauksen säätöventtiili yläsäiliöstä imusäiliöön palaavaan paluuputkeen. Näin laitteistoa voidaan käyttää mahdollisimman laajasti OSAO:n opiskelijoiden opetukseen.

Asiasanat:

pumppaus, keskipakopumppu, putkisto, prosessiautomaatio, säätöventtiili, toimilaite

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Mechanical and Production Engineering, Energy Technology

Author: Antti Piipponen

Title of thesis: Designing a Pumping Process for an Educational Use

Supervisor: Jukka Ylikunnari (OAMK), Jyrki Mänttari (OSAO)

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2013 Pages: 53 + 11 appendices

In this thesis work a pumping process was designed for the Oulu Vocational College (OSAO) as an educational use of the students. The objective was to plan a structure, a piping and choose devices and supplies around the pump which was the starting point of the whole designing. As a result the drawings were made of the whole process so that the students of OSAO could execute it at the autumn term in 2013.

The work was executed with a close collaboration with lecturer Jyrki Mänttari from OSAO from who the generally objectives and functions wanted from the process were given. The process was supposed to be a simply circulation process in which water is pumped from lower level to the upper vessel. It had to be planned so that it is movable and the manufacturing would be possible with the tools and devices available in OSAO. The designing was made by the 3D CAD software following standards and things learned during the studies. The instructions for the selections of the pipes, accessories and structural steels were taken from the PSK and the Finnish Standards Association (SFS) databases as well as the dimensions of the safety rail and pipe supports. All the materials and supplies needed for the process will be ordered from the companies outside.

As a result the drawings which were approved by the client and the selections for materials, devices and supplies needed to execute the process were made. The materials and devices chosen for the process are shown in the drawings and also an estimate for the cost of the process was made. The planned process includes lower and upper vessels, body structure, piping, valves, pipe supports, maintenance level, safety rail and ladders. In addition there will be an automatic measure of the fluid level in the upper vessel and a control valve in the pipe between the upper and the lower vessels which operates according to the fluid level. This way the process could be used as much as possible in the training of the students in OSAO.

Keywords:

pumping, centrifugal pump, piping, process automation, control valve, actuator

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 NESTEIDEN PUMPPAUS	8
3 KESKIPAKOPUMPPU	9
3.1 Ominaiskäyrät	10
3.1.1 Tilavuusvirta-nostokorkeuskäyrä	10
3.1.2 Tilavuusvirta-tehontarvekäyrä	11
3.1.3 Tilavuusvirta-NPSH-käyrä	12
3.2 Kavitaatio veden pumppauksessa	13
4 PUMPUN SÄÄTÖTAVAT	15
4.1 Pyörimisnopeuden säätö taajuusmuuttajalla	15
4.2 Kuristussäätö	18
5 PUTKISTO	19
5.1 Virtauslajit	19
5.2 Painehäviö putkistossa	20
5.2.1 Kitkapainehäviö	20
5.2.2 Kertavastushäviö	23
5.3 Putkiluokat	23
5.4 Putkikoon määrittäminen	24
5.5 Muotokappaleet ja putkivarusteet	25
6 PROSESSIMITTAUKSET JA AUTOMAATIO	26
6.1 Pinnankorkeuden mittaus	26
6.1.1 Näkö- ja tähyslasi	26
6.1.2 Hydrostaattiseen paineeseen perustuvat menetelmät	27
6.1.3 Kapasitiiviset menetelmät	27
6.2 Automaatio	28
7 KÄYTTÖSSÄ OLEVA PUMPPU	30
8 PUTKISTON MITOITUS JA PAINEHÄVIÖIDEN LASKENTA	31
8.1 Suurimman esiintyvän tilavuusvirran määrittäminen	31

8.2 Putkiston koon määrittäminen ja valinta	32
8.3 Putkiston painehäviöt	33
8.4 Kavitoitiriskin arviointi	37
8.5 Putkistovarusteiden valinta	38
9 VENTTIILIT	40
9.1 Teräspalloventtiilit	40
9.2 Toimilaitteella varustettu sulkuventtiili ja pinnanmittaus	40
10 MUUT PROSESSIN OSAT	42
10.1 Säiliöt	42
10.2 Runkorakenne	42
10.2.1 Putkiston kannattimet	43
10.2.2 Hoitotaso, suojakaide, tikkaat	44
11 KONEIKON ASENNUKSESSA JA KÄYTÖSSÄ HUOMIOITAVIA ASIOITA	45
12 KUSTANNUSARVIO	48
13 YHTEENVETO	49
LÄHTEET	51
LIITTEET	53

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä suunnitellaan pumppausprosessi Oulun seudun ammattiopistolle (OSAO) opiskelijoiden koulutuskäyttöä varten. Työn teettäjä on lehtori Jyrki Mänttari OSAO:lta. Prosessin suunnittelun perustana oli OSAO:lle hankittu keskipakopumppu, jolle ei ollut löydetty vielä hyödyllistä käyttöä. Työn teettäjä halusi, että pumpun ympärille suunnitellaan ja toteutetaan yksinkertainen kiertoprosessi, jotta OSAO:n opiskelijat pääsisivät asentamaan ja rakentamaan sekä huoltamaan sitä ja sen eri osia Valmistustekniikka-kurssilla. Liitteessä 1 on esitetty työn alussa tehty lähtötietomuistio, jossa on kerrottu työn kuvaus ja tavoitteet.

Pumpun ympärille on tavoitteena suunnitella tarvittava runkorakenne, putkisto ja imu- ja yläsäiliö sekä valita sopivat putkistovarusteet, venttiilit ja toimilaitteet. Prosessin täytyy olla liikuteltavissa, ja esimerkiksi säiliöt pitää pystyä irrottamaan muusta rakenteesta. Standardiosat, kuten eri putkiosat, valitaan standardien mukaan. Erilaiset venttiilit ja niihin kuuluvat mahdolliset toimilaitteet ja asennoittimet sekä standardiosat tilataan tarjouskyselyiden perusteella seuloituista yrityksistä.

Opinnäytetyön tuloksena laaditaan prosessin rakentamiseen tarvittavat dokumentit, joista käyvät ilmi rakennettavien osien mittapiirustukset ja prosessiin valitut materiaalit, laitteet ja tarvikkeet. Vaadituista kustannuksista tehdään kustannusarvio (liite 2), jotta nähdään, onko prosessi mahdollista toteuttaa saatavilla olevilla resursseilla.

2 NESTEIDEN PUMPPAUS

Pumppuja käytetään laajalti teollisuudessa ja kunnallistekniikassa siirtämään erilaisia nesteitä sekä nesteiden ja kiintoaineiden seoksia paikasta toiseen. Yleisin siirrettävä neste on vesi. Pumpun tarkoituksena on lisätä sen kautta virtaavan nesteen kokonaisenergiaa massayksikköä kohden. Yleensä tällä tarkoitetaan pumpun kykyä nostaa neste alemmalta sijaintikorkeudelta ylemmälle sijaintikorkeudelle, siirtää sitä pienemmästä alkupaineesta suurempaan loppupaineeseen tai kierrättää nestettä suljetussa kiertojärjestelmässä. (1, s. 3; 2, s. 2.)

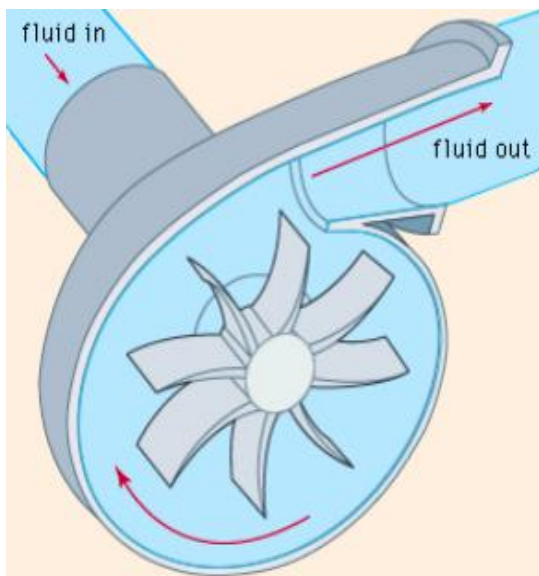
Pumpun aikaansaama energialisäys vaatii ulkoa tuotua työtä eli mekaanista energiaa. Yleensä energian saamiseksi käytetään sähkömoottoria, jonka akselilta energia välitetään pumpun akselille kytkimen avulla. Muita käytettäviä energianlähteitä ovat esimerkiksi polttomoottorit ja turbiinit. Akselilta välittyvä mekaaninen energia siirtyy edelleen pumpussa nesteen mekaaniseksi energiaksi, mikä ilmenee pumpun yli vaikuttavana paine-erona eli pumpun poistopuolen paine on imupuolen vastaavaa suurempi. (2, s. 2.)

Pumppuja voidaan luokitella käyttötarkoituksen tai fysikaalis-mekaanisen toimintatavan mukaan. Ensimmäiseen luokkaan kuuluvat mm. siirto-, annostelu-, paineenkorotus- ja kierrätyspumput. Jälkimmäinen luokittelutapa on haasteellisempi ja teknisempi. Siinä pumput jaetaan niiden fysikaalis-mekaanisen toimintatavan mukaan kahteen pääryhmään, jotka ovat hydrostaattiset ja kineettiset pumput. (2, s. 5–7.)

Hydrostaattiset pumput ovat staattista painetta nostavia, kuten edestakaisin liikkuvat mäntäpumput ja pyörivät hammaspyöräpumput. Kineettisiin pumppuihin kuuluvat mm. drallipumput eli niissä on työelimenä pyörivälle akselille kiinnitetty yksi tai useampi juoksupyörä. Yksi esimerkki drallipumpusta on keskipakopumppu. (2, s. 5–7.)

3 KESKIPAKOPUMPPU

Keskipakopumput ovat yleisimmin käytetty pumppuryhmä lähes 80 %:n osuudella. Niiden toiminta perustuu pyörivän juoksupyörän ja siivistön aiheuttamaan keskipakovoimaan. Ulkoa tuotu mekaaninen energia välittyy akselin kautta juoksupyörälle ja siitä edelleen pyörivien juoksusiipien kautta pumpattavaan nesteeseen hydraulisena energiana eli paineena ja nopeutena keskipakovoiman vaikutuksesta. Keskipakovoima saa nesteen ohjautumaan sisäkehältä kohti ulkokehää ja pumpun lähtö- eli painepuolta. (Kuva 1.) (1, s. 3, 7; 3, s. 52.)



KUVA 1. Keskipakopumpun toimintaperiaate (4, s. 19)

Samalla kun nestettä poistuu painepuolelta, uutta virtaa jatkuvasti pumppuun imupuolelta. Juoksupyörän keskustaasta syntyy keskipakovoiman vaikutuksesta imutila, jonka kautta pumpattava neste virtaa pumppuun imupuolen alkupäässä vallitsevan paineen vaikutuksesta. Painesäiliöistä pumpattaessa paine on säiliön sisäinen paine ja avoimesta säiliöstä pumpattaessa vallitseva ilmakehän paine. Pumpun imupuolen staattisen paineen on oltava riittävästi pumpattavan nesteen lämpötilan mukaista höyrystymispainetta suurempi, jotta haitalliselta kavitaatioilmiöltä vältytään. (2, s. 3, 16; 3, s. 52.)

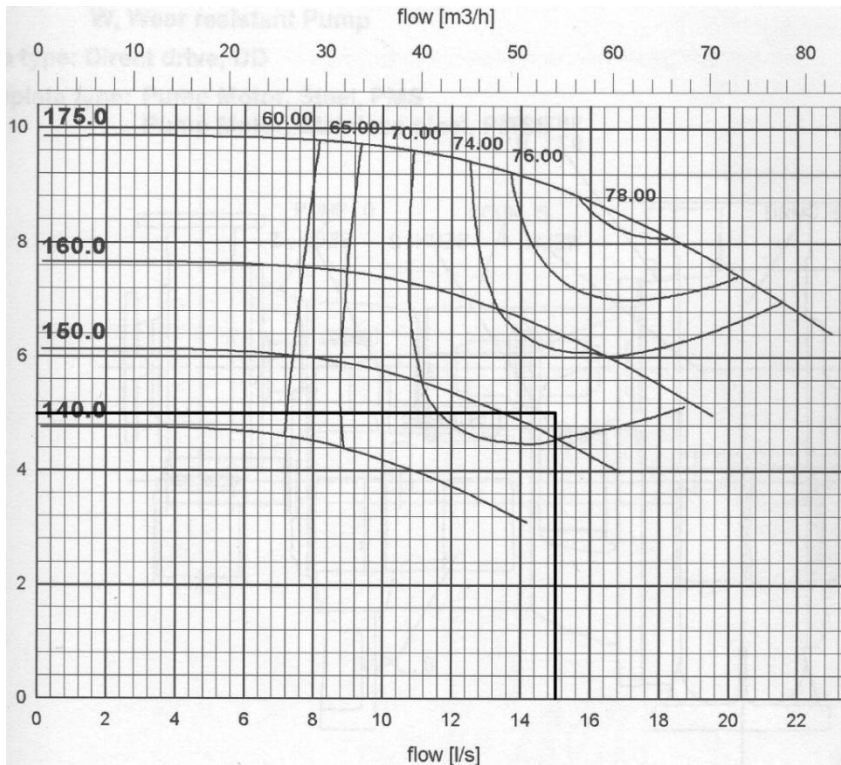
Keskipakopumput voidaan karkeasti jakaa vaakasuoriin ja pystysuoriin pumppeihin niiden asennustavan perusteella. Pystysuorissa pumpuissa nesteen virtaus pumppuun on akselinsuuntainen, ja ulostuleva virtaus on akselia vastaan kohtisuorassa tasossa. Nesteen tuloyhdettä pumppuun sanotaan imupuoleksi ja lähtöyhdettä pumpusta painepuoleksi. (1, s. 7; 2, s. 14.)

3.1 Ominaiskäyrät

Pumpun tärkeimmät suoritusarvot ovat nostokorkeus H , tilavuusvirtatuotto Q , hyötysuhde η , tehontarve P sekä kavitaatioon liittyvä termi NPSH (Net Positive Suction Head). Näitä arvoja kuvataan käyrien avulla kuvaajissa, joiden mukaan valitaan systeemiin sopiva pumppu ja pumpulle moottori, sekä tarkistetaan imuolosuhteet ja kavitaation vaara. Käyrien käyttö ja vertaaminen ovat mahdollisia ainoastaan silloin, kun pumpun pyörimisnopeus on vakio. Pyörimisnopeuden muuttuessa on laskelmien ja uusien käyrien avulla tarkistettava, voidaanko pumppua käyttää uudella pyörimisnopeudella (2, s. 26–27.)

3.1.1 Tilavuusvirta-nostokorkeuskäyrä

Tilavuusvirta-nostokorkeuskäyrä kuvataan koordinaatistossa, missä vaakakselilla on pumpun tuottama tilavuusvirta Q ja pystyakselilla pumpun nostokorkeus H . Koordinaatistossa voi olla useita käyriä, mitkä on tehty pumpun juoksupyörän eri halkaisijoiden mukaan. Kuvassa 2 on pumppuvalmistaja Sulzerin Ahlstar 20–65–keskipakopumpun tilavuusvirta-nostokorkeuskäyrä. (5, s. 17.)

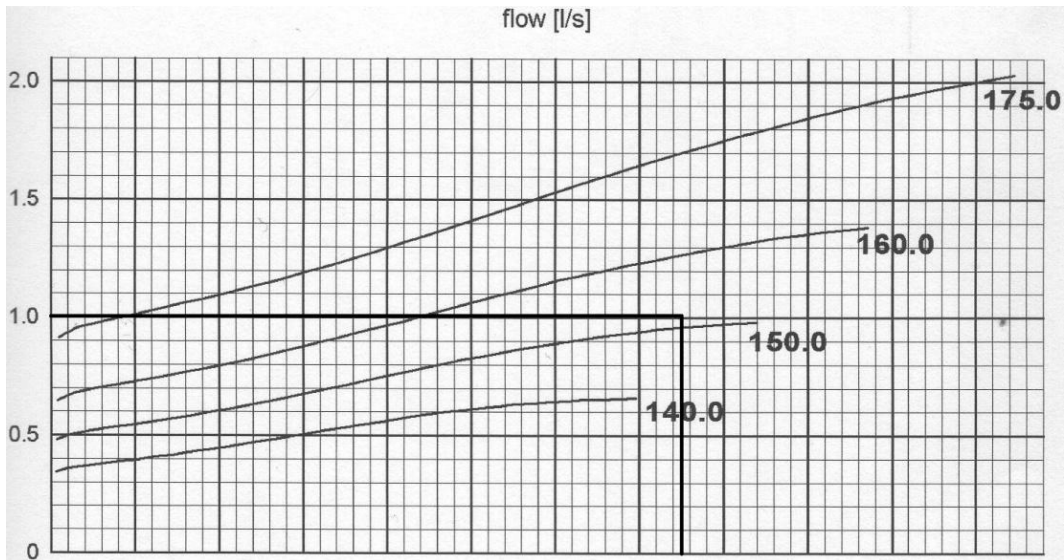


KUVA 2. Tilavuusvirta-nostokorkeuskäyrä (5, s. 17)

Oletetaan tuotoksi 15 l/s tietyllä pyörimisnopeudella ja pumpun juoksupyörän halkaisijaksi 152,5 mm. Vaaka-akselilta piirretään 15. kohdalta pystysuora viiva kohti 152,5 mm juoksupyörän käyrää, mikä kulkee kuvassa 2 oikealta vasemmalle laskevana. Näiden leikkauspisteestä piirretään vaakasuora viiva kohti nostokorkeuden akselia, jolta voidaan lukea, että pumpun nostokorkeus edellä mainituilla arvoilla on 5 m. Samaan kuvaajaan on merkitty myös pumpun hyötysuhdetta kuvaavat käyrät. Kuvasta 2 nähdään, että piirrettyjen viivojen leikkauspisteessä pumpun hyötysuhde on noin 71–72 %. (5, s. 17.)

3.1.2 Tilavuusvirta-tehontarvekäyrä

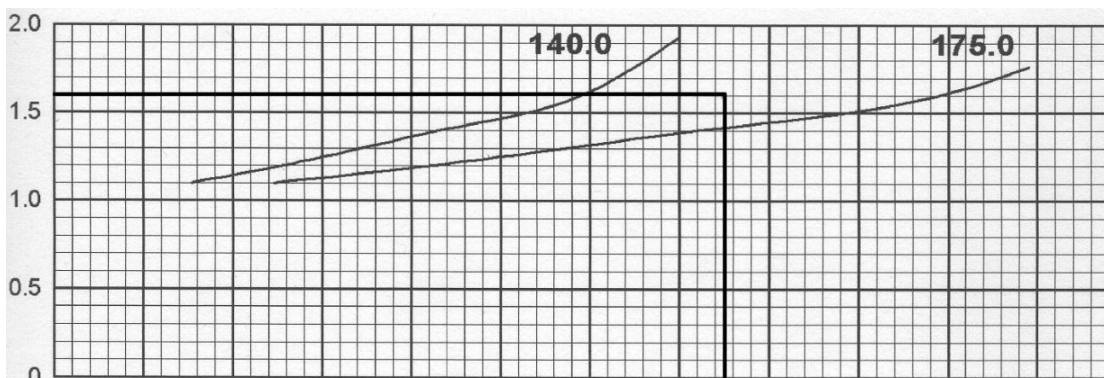
Tilavuusvirta-tehontarvekäyrältä saadaan pumpun vaatima teho tietyllä pyörimisnopeudella, tilavuusvirralla ja juoksupyörän halkaisijalla. Käyrän käyttöperiaate on sama kuin tilavuusvirta-nostokorkeuskäyrällä. Edellä mainitulla Sulzerin keskipakopumpulla ja samoilla pumpun arvoilla eli 15 l/s tuotolla ja 152,5 mm juoksupyörän halkaisijalla saadaan pumpun vaatimaksi tehoksi 1 kW (kuva 3). (5, s. 17.)



KUVA 3. Tilavuusvirta-tehontarvekäyrä (5, s. 18)

3.1.3 Tilavuusvirta-NPSH-käyrä

NPSH-arvo on pumpun valmistajan kokeellisesti määrittelemä arvo. Se ilmaisee energiakorkeuden pumpun juoksupyörän imureunan edessä nesteen pumpuominaislämpötilaa vastaavan kylläisen höyryn paine-energiakorkeuden lisäksi (1, s. 138). Tätä arvoa tarvitaan tarkasteltaessa pumpun kavitoinnin riskiä ja siihen perehdytään tarkemmin seuraavassa luvussa. Kuvassa 4 on jälleen saman Sulzerin keskipakopumpun tilavuusvirta-NPSH-käyrä, josta saadaan edellä käytetyillä arvoilla pumpun NPSH-arvoksi 1,6 m. (5, s. 17.)



KUVA 4. Tilavuusvirta-NPSH-käyrä (5, s. 18)

3.2 Kavitaatio veden pumppauksessa

Kavitaatioilmiö syntyy, kun pumpattavan veden staattinen paine putoaa juoksupyörän imureunalla alle veden pumppaamislämpötilan mukaisen höyrystymispaineen. Vesi alkaa tällöin höyrystyä, ja siihen muodostuu höyrykuplia, jotka edetessään pyörivään juoksusiipisolaan joutuvat suuremman paineen alueelle. Tämä paineen nousu saa höyrykuplan tiivistymään ja lysähtämään kokoon, jolloin vesi höyrykuplan ympärillä lyö erittäin suurella voimalla pumpun seinämää tai juoksusiipeä vastaan. (1, s. 21.)

Iskun voimakkuus on verrattavissa vasaran lyöntiin metallista pintaa vasten, eikä mikään metalli kestä pitkään jatkuvan kavitoinnin aiheuttamia vaikutuksia. Ilman korjaavia toimenpiteitä kavitaatio jatkuu keskeytymättä. Täysin kehittynyt kavitaatio aiheuttaa eroosiota eli pumpun osien kulumista (kuva 5), värähtelyä sekä voimakasta ääntä, ja pahimmassa tapauksessa pumpun käyttö on mahdotonta. (4, s. 100–101.)



KUVA 5. Kavitaation aiheuttamia vahinkoja juoksusiivissä (4, s. 102)

Kavitaation välttämiseksi tulee pumpun imureunan paineen oltava riittävästi pumpattavan nesteen lämpötilan mukaista höyrystymislämpötilaa korkeampi. Tätä käytettävissä olevaa eroa merkitään nestekorkeutena ilmaistuna lyhenteellä $NPSH_{av}$, joka tulee englannin kielen sanoista Net Positive Suction Head, ja

alaviite av tarkoittaa available eli käytettävissä oleva. Tämä arvo on putkistolle eli se on pumppausprosessin suunnittelijan määriteltävissä. (1, s. 22–23.)

Pumpun valmistaja antaa aina pumpulle kokeellisesti määritellyn $NPSH_{req}$ -arvon, missä alaviite req tarkoittaa required eli vaadittu. Tämä arvo on pumpun $NPSH$ -arvo ja sen tulee olla pienempi kuin $NPSH_{av}$. Yleensä mukaan otetaan vielä varmuusmarginaalia seuraavan ehdon mukaan:

$$NPSH_{av} > NPSH_{req} + 0,5 \text{ m. (1, s. 24.)}$$

Kun tämä ehto täyttyy, pumppu ei kavitoi.

$NPSH_{av}$ lasketaan kaavan 1 (1, s. 23) mukaan.

$$NPSH_{av} = \frac{p_b - p_d}{g \cdot \rho} \pm H_{sgeo} - H_{sv} \quad \text{KAAVA 1}$$

$NPSH_{av}$ = käytettävissä oleva $NPSH$ -arvo (m)

p_b = paine imusäiliössä (Pa)

p_d = pumpattavan nesteen höyrystymispaine pumppaamislämpötilassa (Pa)

g = maan vetovoiman kiihtyvyys (m/s^2)

ρ = pumpattavan nesteen tiheys (kg/m^3)

H_{sgeo} = imusäiliön nestepinnan ja pumpun imuaukon korkeusero. Jos pumppu sijaitsee nestepinnan yläpuolella, H_{sgeo} on miinusmerkkinen ja plusmerkkinen, jos pumppu on nestepinnan alapuolella (m).

H_{sv} = imuputken painehäviö (m)

$NPSH_{av}$ -arvon laskemisessa pitäisi teoriassa ottaa huomioon vielä pumppuun virtaavan nesteen dynaaminen paine nestekorkeutena ilmaistuna. Käytännössä se on lähes aina merkityksetön laskun kannalta, joten se voidaan jättää siitä pois. (2, s. 46.)

4 PUMPUN SÄÄTÖTAVAT

Pumpun tuoton säädöllä tarkoitetaan pumpun tuottaman tilavuusvirran muuttamista. Veden kulutuksen, teollisuuden ja valmistusprosessien muutosten vuoksi pumpun tuoton säätö tulee joskus tarpeelliseksi. Pumppua voidaan muokata mekaanisesti halutun muutoksen aikaansaamiseksi muuttamalla juoksupyörän halkaisijaa tai sorvaamalla juoksupyörän painereunaa. Näitä muutoksia käytetään, kun tilavuusvirran muutoksen tarpeen halutaan jäävän pysyväksi. Mahdollista on myös käyttää juoksupyörässä säädettäviä siipiä tai käyttää useampaa pumppua rinnan tai sarjaan kytkettyinä. (1, s. 49; 2, s. 37.)

Toinen ja yleisemmin käytetty keino pumpun pysyvän säädön ohella on käyttää jatkuvaa tai toistuvaa tilavuusvirran säätöä. Tämä toteutetaan muuttamalla pumpun pyörimisnopeutta tai kuristus- eli venttiilisäädöllä. (2, s. 39.)

4.1 Pyörimisnopeuden säätö taajuusmuuttajalla

Pyörimisnopeuden säätö saadaan aikaan joko muuttamalla pumppua käyttävän koneen, esimerkiksi sähkömoottorin pyörimisnopeutta tai asentamalla pumpun ja sitä käyttävän koneen väliin laite, mikä mahdollistaa pumpun pyörimisnopeuden säätämisen käyttävän koneen vakiopyörimisnopeudella. Tämä voidaan toteuttaa mm. vaihteiston asentamisella. (1, s. 51.)

Teknologian kehittymisen seurauksena on pyörimisnopeuden säädössä nykypäivänä vallitsevana keinona taajuusmuuttajien käyttö. Taajuusmuuttaja kytketään sähköverkon ja pumppua käyttävän sähkömoottorin väliin ja sillä pystytään säätämään moottorille menevän jännitteen taajuutta. Koska moottorin pyörimisnopeus on riippuvainen verkon jännitteen taajuudesta kaavan 2 mukaan, voidaan taajuutta muuttamalla säätää moottorin ja sitä kautta pumpun pyörimisnopeutta portaattomasti. (6.)

Sähkömoottorin todellinen pyörimisnopeus lasketaan kaavalla 2 (6).

$$n = (1 - s) * \frac{f}{p}$$

KAAVA 2

n = moottorin todellinen pyörimisnopeus (r/min)

s = jättämä

f = jännitteen taajuus (Hz*60)

p = moottorin napapariluku

Jättämä s saadaan kaavalla 3 (6).

$$s = \frac{n_s - n}{n_s}$$

KAAVA 3

n_s = moottorin nimellinen pyörimisnopeus (r/min)

n = moottorin todellinen pyörimisnopeus (r/min)

Kaksinapaisen oikosulkumoottorin nimellinen pyörimisnopeus on 3 000 r/min ja nelinapaisen 1 500 r/min. Napapariluku on kaksinapaisilla moottoreilla 1 ja nelinapaisilla 2. Oikosulku- eli epätahtimoottorilla ilmenee aina jättämää, joka ilmaisee, kuinka paljon akselin pyörimisnopeus on pyörivän magneettikentän vastaavaa pienempi. Pumpun pyörimisnopeuden kohtuullinen muuttaminen ei vaikuta juuri lainkaan pumpun hyötysuhteeseen, ja samalla optimoidaan pumpun käyttö ja säästetään näin tehon tarpeessa ja energiassa. (6.)

Affiniteettisäännöt

Pumpun pyörimisnopeuden muutos vaikuttaa pumpun suoritusarvoihin ja näin myös ominaiskäyriin. Affiniteettisääntöjä käytetään pumpun suoritusarvojen laskemiseen eri pyörimisnopeuksilla. Tilavuusvirralle, nostokorkeudelle, tehon tarpeelle ja NPSH-arvolle on kaikille omat affiniteettisäännöt. Ne pätevät, kun tarkasteltavan pumpun hyötysuhde ei merkittävästi muutu pyörimisnopeuden muutoksen jälkeen. (2, s. 33–34.)

Tilavuusvirran affiniteettisääntö nähdään kaavasta 4 (2, s. 33).

$$\frac{Q_I}{Q_{II}} = \frac{n_I}{n_{II}}$$

KAAVA 4

Q_I = alkuperäinen tilavuusvirta (l/s)

Q_{II} = pyörimisnopeuden muutoksella saatu tilavuusvirta (l/s)

n_I = alkuperäinen pyörimisnopeus (r/min)

n_{II} = muutettu pyörimisnopeus (r/min)

Muutettaessa pumpun pyörimisnopeutta tilavuusvirta muuttuu suoraan verrannollisena pyörimisnopeuksien suhteeseen. (2, s. 33.)

Nostokorkeudelle saadaan affiniteettisääntö kaavasta 5 (2, s. 34).

$$\frac{H_I}{H_{II}} = \left(\frac{n_I}{n_{II}}\right)^2$$

KAAVA 5

H_I = alkuperäinen nostokorkeus (m)

H_{II} = pyörimisnopeuden muutoksella saatu nostokorkeus (m)

n_I = alkuperäinen pyörimisnopeus (r/min)

n_{II} = muutettu pyörimisnopeus (r/min)

Pumpun nostokorkeus muuttuu suoraan verrannollisena pyörimisnopeuksien suhteen neliöön. (2, s. 34.)

Tehon tarpeen affiniteettisääntö nähdään kaavasta 6 (2, s. 34).

$$\frac{P_I}{P_{II}} = \left(\frac{n_I}{n_{II}}\right)^3$$

KAAVA 6

P_I = alkuperäinen pumpun tehon tarve (kW)

P_{II} = pumpun tehon tarve pyörimisnopeuden muutoksen jälkeen (kW)

n_I = alkuperäinen pyörimisnopeus (r/min)

n_{II} = muutettu pyörimisnopeus (r/min)

Pumpun tehon tarve muuttuu suoraan verrannollisena pyörimisnopeuksien suhteen kuutioon. (2, s. 34.)

Pumpun NPSH-arvolle saadaan affiniteettisääntö kaavasta 7 (2, s. 34).

$$\frac{NPSH_I}{NPSH_{II}} = \left(\frac{n_I}{n_{II}}\right)^2$$

KAAVA 7

$NPSH_I$ = alkuperäinen NPSH-arvo (m)

$NPSH_{II}$ = NPSH-arvo pyörimisnopeuden muutoksen jälkeen (m)

n_I = alkuperäinen pyörimisnopeus (r/min)

n_{II} = muutettu pyörimisnopeus (r/min)

NPSH-arvo muuttuu suoraan verrannollisena pyörimisnopeuksien suhteen neli-
öön. (2, s. 34.)

4.2 Kuristussäätö

Pumpun kuristussäädöllä tarkoitetaan keskipakopumpuissa painepuolelta lähte-
vässä paineputkessa olevan säätöventtiilin avulla tapahtuvaa pumpun tuotta-
man tilavuusvirran säätöä. Venttiili voi olla esimerkiksi kahvalla varustettu käsi-
käyttöinen teräspalloventtiili tai toimilaitteella varustettu, automaattisesti jonkin
prosessisuureen mukaan toimiva säätöventtiili. (1, s. 51.)

Pumpun toimintapiste on pumpun tilavuusvirta-nostokorkeuskäyrän ja putkijoh-
don ominaiskäyrän leikkauspiste. Jos halutaan pienentää tilavuusvirtaa kuris-
tamalla, pumpun ominaiskäyrä ei muutu, mutta putkijohdon ominaiskäyrästä
tulee jyrkempi, sillä se leikkaa pumpun käyrän halutulla pienemmällä tuotolla.
Voidaan siis sanoa, että kuristusventtiilillä lisätään putkijohdon häviöitä keino-
koisesti. Halvan, mutta energiaa kuluttavan toteutustavan vuoksi kuristussäätöä
käytetään lähinnä pienissä pumpuissa ja silloin kun tilavuusvirran muutokset
ovat pieniä tai lyhytaikaisia. (1, s. 51.)

5 PUTKISTO

5.1 Virtauslajit

Todellisessa nesteen virtauksessa syntyy aina painehäviötä eli pumpun tuottama nostokorkeus pienenee painehäviöiden vaikutuksesta. Painehäviölaskuja varten täytyy aina ensin laskelmilla todeta, onko putkistossa virtaavan nesteen virtauslaji laminaarista vai turbulენტtista. (3, s. 31.)

Laminaarisessa virtauksessa neste ja sen osaset virtaavat kerroksittain putken pituusakselin suuntaisesti eivätkä sekoitu keskenään. Turbulenttinen tilanne on päinvastainen, eli virtaavat osaset sekoittuvat jatkuvasti keskenään pyörteisessä virtauksessa. Tällaista vallitsevaa virtausta pidetään ns. täysin kehittyneenä virtauksena. Laminaarista virtausta esiintyy lähinnä aineiden, joilla on suuri viskositeetti, virratessa pienissä putkissa pienillä nopeuksilla. (3, s. 31–33; 7, s. 94.)

Virtauslaji riippuu Reynoldsin luvusta, joka saadaan kaavalla 8 (3, s. 32).

$$Re = \frac{v \cdot d_s}{\nu}$$

KAAVA 8

Re = Reynoldsin luku

v = nesteen keskimääräinen virtausnopeus putkessa (m/s)

d_s = putken sisähalkaisija (m)

ν = virtaavan nesteen kinemaattinen viskositeetti (m²/s)

Kriittisenä Re -lukuna pidetään lähteestä riippuen noin 2 300:aa. Laminaarinen virtaus on kyseessä silloin, kun Re -luku jää alle kriittisen arvon ja turbulენტtinen, kun luku ylittyy. (3, s. 32.)

5.2 Painehäviö putkistossa

Putkiston painehäviö koostuu kitka- eli virtausvastushäviöstä ja kertavastusten aiheuttamasta painehäviöstä. Kitkahäviö lasketaan putkiosuuksille, ja siihen lisäämällä putkistovarusteiden kuten käyrien, supistuskappaleiden ja venttiilien aiheuttamat kertavastushäviöt, saadaan selville putkiston kokonaispainehäviö. (7, s. 92, 105.)

5.2.1 Kitkapainehäviö

Kitkapainehäviön laskentaan tarvittava kitkavastuskerroin saadaan laminaariselle virtaukselle ympyräputkessa kaavalla 9 (7, s. 94).

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

KAAVA 9

λ = kitkavastuskerroin

Re = Reynoldsin luku

Kaavasta 9 nähdään, ettei laminaarisessa virtauksessa putken sisäpinnan karheudella ole vaikutusta kitkavastuskertoimeen. Turbulenttisessa tilanteessa karheus otetaan huomioon, ja putket voidaan karheutensa perusteella jakaa hydraulisesti sileisiin ja karheisiin putkiin sekä ylimenoalueella oleviin putkiin. (7, s. 96.)

Kaavoilla 10, 11 ja 12 (7, s. 96) voidaan selvittää putken karheuden vaikutus kitkavastuskertoimen laskentaan.

$$Re * \frac{k}{d_s} < 65$$

KAAVA 10

Re = Reynoldsin luku

k = putken sisäpinnan karheus (mm)

d_s = putken sisähalkaisija (mm)

Tässä tilanteessa putki on hydraulisesti sileä. (7, s. 96.)

$$Re * \frac{k}{d_s} > 1\,300$$

KAAVA 11

Re = Reynoldsin luku

k = putken sisäpinnan karheus (mm)

d_s = putken sisähalkaisija (mm)

Nyt saadaan hydraulisesti karhea putki. (7, s. 96.)

$$65 < Re * \frac{k}{d_s} < 1\,300$$

KAAVA 12

Re = Reynoldsin luku

k = putken sisäpinnan karheus (mm)

d_s = putken sisähalkaisija (mm)

Jäljelle jää ylimenoalue, joka sijoittuu hydraulisesti sileiden ja karheiden putkien väliin. (7, s. 96.)

Seuraavassa on esitetty kaavat 13, 14 ja 15 (7, s. 96), joilla voidaan laskea kitkavastuskerroin hydraulisesti sileälle putkelle Re -luvun mukaan.

$$\lambda = 0,3164 * Re^{-0,25}$$

$$2\,300 < Re < 10^5$$

KAAVA 13

$$\lambda = 0,0032 + 0,221 * Re^{-0,237}$$

$$10^5 < Re < 5 * 10^6$$

KAAVA 14

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 * \lg(Re * \sqrt{\lambda}) - 0,8$$

$$Re > 10^6$$

KAAVA 15

λ = kitkavastuskerroin

Re = Reynoldsin luku

Hydraulisesti karhealle putkelle kitkavastuskerroin voidaan riittävällä tarkkuudella laskea kaavalla 16 (7, s. 96), joka tunnetaan Moodyn yhtälönä.

$$\lambda = 0,0055 + 0,15 * \sqrt[3]{\frac{k}{d_s}}$$

KAAVA 16

λ = kitkavastuskerroin

k = putken sisäpinnan karheus (mm)

d_s = putken sisähalkaisija (mm)

Ylimenoalueella olevalle putkelle kitkavastuskerroin lasketaan kaavalla 17 (7, s. 96).

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 * \lg \left[\frac{2,51}{Re * \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{d_s} * 0,269 \right]$$

KAAVA 17

λ = kitkavastuskerroin

Re = Reynoldsin luku

k = putken sisäpinnan karheus (mm)

d_s = putken sisähalkaisija (mm)

Kitkavastuskertoimen ratkaisu kaavasta 17 on haastavaa, ja se voidaankin riittäväällä tarkkuudella katsoa taulukosta (liite 3). (7, s. 253.)

Kitkavastuskertoimen laskemisen jälkeen voidaan putkiston kitkapainehäviö laskea kaavalla 18 (7, s. 98).

$$\Delta p_{kitka} = \lambda * \frac{l}{d_s} * \frac{\rho}{2} * v^2$$

KAAVA 18

Δp_{kitka} = putkiston kitkapainehäviö (Pa)

λ = kitkavastuskerroin

l = putkiston pituus (m)

d_s = putken sisähalkaisija (m)

ρ = putkistossa virtaavan nesteen tiheys (kg/m³)

v = putkistossa virtaavan nesteen keskimääräinen virtausnopeus (m/s)

Kitkapainehäviön kaava käy putkiosuudelle, jossa halkaisija pysyy vakiona. Jos putkisto koostuu erikokoisista putkista, on niille laskettava erikseen kitkapainehäviö samalla kaavalla ja lopuksi häviöt summataan yhteen. Edellä esitet-

tyjä kaavoja voidaan käyttää putkiston kitkapainehäviön laskennassa, kun kyseessä on poikkipinta-alaltaan ympyrän muotoinen putki. (2, s. 31.)

5.2.2 Kertavastushäviö

Suorien putkiosuuksien lisäksi painehäviötä esiintyy siis myös putkistoon liitettyjen varusteiden ja erinäisten liitosten vuoksi. Näille osille ja tekijöille on kirjallisuudessa määritelty ns. kertavastuskertoimet, jotka vaihtelevat hieman lähteestä riippuen. Kertavastushäviön laskennalle eri osille voidaan käyttää yleispätevää kaavaa 19 (7, s. 105).

$$\Delta p_{\xi} = \xi * \frac{\rho}{2} * v^2$$

KAAVA 19

Δp_{ξ} = kertavastushäviö (Pa)

ξ = kertavastuskerroin

ρ = putkistossa virtaavan nesteen tiheys (kg/m³)

v = putkistossa virtaavan nesteen keskimääräinen virtausnopeus (m/s)

Laskettaessa koko putkiston kertavastushäviötä voidaan kaavassa käyttää kertavastuskerrointen summaa eli putkistossa esiintyvien osien yhteenlaskettua kertavastusarvoa. Tämä edellyttää, että virtausnopeus on vakio. Jos putkisto sisältää esimerkiksi virtauksen laajennuskartioita eli diffuusoreita tai supistuskartioita eli konfusoreita, joissa nesteen virtausnopeus muuttuu, pitää näiden häviö laskea erikseen. Silloin käytetään kartion pienemmässä päässä vallitsevaa, suurempaa virtausnopeutta. Lopuksi kaikki putkiston kertavastushäviöt summataan yhteen ja lisätään aiemmin esitetyllä tavalla laskettuun kitkapainehäviöön ja näin saadaan putkiston kokonaispainehäviö. (7, s. 108.)

5.3 Putkiluokat

Putkikoot on standardisoitu ulkohalkaisijan mukaan DN-kokoihin, jotka ilmaisevat putken nimellisen ulkohalkaisijan. Ruostumattomien ja hiiliteräsputkien kanssa DN-kokoa ei käytetä putkiston mitoituksessa vaan putken todellista ulkohalkaisijaa, joka poikkeaa nimellisestä arvosta. Esimerkiksi DN 100 -putken todellinen ulkohalkaisija on 114,3 mm. (8.)

DN-kokojen ohella putkille on määritelty myös PN- eli paineluokka. Se ilmaisee, kuinka suuri saa putken sisällä vallitseva ylipaine olla ilmakehän absoluuttiseen 1 baarin paineeseen verrattuna. PN 10 -paineluokkaan kuuluvan putken suurin sallittua käyttöpaine on 10 baaria ylipainetta. Paineenkeston määrittämisen perustana on putken seinämänvahvuus ja materiaali sekä prosessissa esiintyvät paineet. Painelaiteteräksille tulee aina laskea vaadittu seinämänpaksuus standardien mukaan. (8.)

On myös olemassa valmiiksi standardisoituja putkia ja putkiosia, joille on määritelty materiaali, PN-luokka ja seinämänvahvuus valmiiksi. Suomen kansallinen standardiyhdistys PSK on esimerkiksi määrittellyt putkiluokan E0H1A, missä putken ja putkiosien materiaali on austeniittinen ruostumaton teräs EN 1.4307, PN-luokka on 6 +20 °C:n lämpötilassa ja DN 100 -putken seinämänvahvuus on 2 mm. (9, s. 1, 5.)

5.4 Putkikoon määrittäminen

Putken vaadittu koko voidaan laskea joko virtausnopeuden tai painehäviön mukaan. Tässä yhteydessä keskitytään virtausnopeuden avulla tehtävään putkikoon määrittämiseen. Vaadittu sisähalkaisija saadaan kaavalla 20 (8).

$$d_s = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}}$$

KAAVA 20

d_s = vaadittu putken sisähalkaisija (m)

Q = suurin putkistossa esiintyvä tilavuusvirta (m^3/s)

v = putkistossa virtaavan nesteen keskimääräinen virtausnopeus (m/s)

Monesti putkikokoa laskiessa ei vielä tiedetä virtausnopeutta, joten laskussa voidaan käyttää ohjeellista virtausnopeuden arvoa. Vedelle arvot ovat seuraavat:

- pumpun imuputken virtausnopeus 0,5–1,5 m/s
- pumpun paineputken virtausnopeus 1,5–3 m/s (8).

Putken halkaisijan laskemisen jälkeen voidaan määrittää nesteen keskimääräinen, todellinen virtausnopeus putkessa kaavalla 21 (7, s. 52).

$$v = \frac{Q}{A}$$

KAAVA 21

v = nesteen keskimääräinen virtausnopeus putkessa (m/s)

Q = putkessa esiintyvä keskimääräinen tilavuusvirta (m³/s)

A = putken virtauspoikkipinta-ala (m²)

5.5 Muotokappaleet ja putkivarusteet

Putkiston muotokappaleita ovat mm. putkikäyrät, kartiot, haaroituskappaleet ja putkipäädyt. Suorien putkiosuuksien tavoin niiden tarkat mitat ja seinämävahvuuden laskeminen on esitetty standardeissa. Putkiosuuksien yhdistämiseen käytetään joko laippa- tai hitsiliitosta. Laippoja on useita erimallisia ja ne on mitoitettava putken DN- ja PN-luokkien mukaan. Perusperiaatteena on, että laippojen käyttö putkistossa tulisi pitää minimissään, sillä laippaliitoksessa on aina suurempi vuotoriski kuin hitsiliitoksessa. (8.)

Putkisto vaatii aina käyttötarkoituksesta riippuen erilaisia varusteita. Näitä ovat esimerkiksi venttiilit sekä paine- ja virtausmittarit. Tyypillisimmät putkistoissa esiintyvät venttiilit ovat sulku- ja säätö- sekä takaiskuventtiilit. Sulkuventtiilit sijoitetaan yleensä sekä pumpun imu- että painepuolelle. Imuputken venttiilillä estetään nesteen virtaus säiliöistä esimerkiksi huoltotilanteissa. Imupuolella ei kuitenkaan silloin välttämättä tarvita sulkua ollenkaan, jos imusäiliö sijaitsee pumpun alapuolella. Näin pumpun ollessa pysähtynyt oikein asennettuun, loivasti nousevaan imuputkeen ei jää nestettä ja pumppu voidaan nostaa huoltoon varten pois paikaltaan tai vaihtaa tilalle uusi pumppu. (8.)

Säätöventtiiliä käytetään virtauksen kuristuksessa pumpun painepuolella. Yleisin käytetty venttiilityyppi niin sulku- kuin säätötehtävissä on palloventtiili. Sen virtausominaisuudet ovat erinomaiset ja huollontarve vähäinen. Takaiskuventtiilin tehtävänä on estää virtaavan nesteen takaisinvirtaus paineputkessa silloin, kun pumppu häiriön vuoksi pysähtyy eikä sulkuventtiiliä ehditä sulkea heti. Näin ehkäistään pumpussa palaavan virtauksen aiheuttama paineisku, joka voi olla suuri, varsinkin jos kyseessä on pystysuora keskipakopumppu. Takaiskuventtiili sijoitetaan yleensä heti säätöventtiilin jälkeen paineputkeen. (4, s. 56; 8.)

6 PROSESSIMITTAUKSET JA AUTOMAATIO

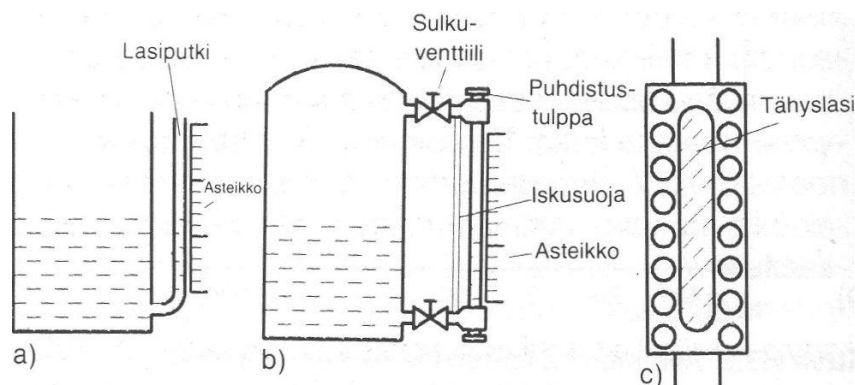
6.1 Pinnankorkeuden mittaus

Pinnankorkeuden mittaus on paineen, lämpötilan ja virtauksen mittauksien ohella tärkeä tekijä eri prosessiteollisuuden aloilla. Pinnankorkeutta mitataan yleensä säiliöissä, joista nestettä pumpataan sisään ja ulos. Yksinkertaisin mittauksen perusta on seurata, milloin pinnankorkeus ylittää tai alittaa tietyn raja-arvon. (10, s. 74.)

6.1.1 Näkö- ja tähyslasi

Näkölasia on yksinkertainen tapa seurata pinnankorkeuden muutosta säiliössä. Se on lasi- tai muoviputki, joka kiinnitetään säiliön seinään siten, että neste pääsee virtaamaan sen sisään. Nesteen paineen vaikutuksesta pinnankorkeus on sama näkölasissa kuin säiliössä, ja se pystytään helposti lukemaan näkölasin asteikolta. Tahrivien ja tarttuvien nesteiden kanssa näkölasia vaatii säännöllistä puhdistamista, jotta sen lukeminen on mahdollista. (10, s. 74.)

Näkölasia soveltuu niin avoimille kuin suljetuille eli painesäiliöille. Painesäiliön pinnanmittauksessa näkölasin säiliöön kiinnitettävät yhteydet on varustettava sulkuventtiileillä paineen hallitsemiseksi. Tähyslasi on yksi näkölasin sovellutus. Sitä käytetään usein mm. höyryvoimalaitoksilla seuraamaan kattilan lieriön pinnankorkeutta. Kuvassa 6 on esitetty erilaisia näkö- ja tähyslasiratkaisuja pinnankorkeuden mittaamiseen. (10, s. 74.)



KUVA 6. a) Näkölasia avoimessa säiliössä, b) näkölasia painesäiliössä, c) tähyslasi (10, s. 74)

6.1.2 Hydrostaattiseen paineeseen perustuvat menetelmät

Säiliössä olevan nestekerroksen massa aiheuttaa painetta, jota kutsutaan hydrostaattiseksi paineeksi. Se on riippuvainen säiliössä olevan nesteen tiheydestä sekä nestekerroksen korkeudesta kaavan 22 (10, s. 76) mukaan.

$$p = \rho * g * h$$

KAAVA 22

p = hydrostaattinen paine (Pa)

ρ = nesteen tiheys (kg/m^3)

g = maan vetovoiman kiihtyvyys (m/s^2)

h = nestekerroksen korkeus (m)

Säiliössä olevan nestemassan paino ja sitä kautta paine lisääntyvät siis lineaarisesti nestekerroksen korkeuden myötä. Joka puolella säiliötä samassa syvyydessä vallitsee yhtä suuri hydrostaattinen paine. Nesteen pinnalla on säiliötyypistä riippuen joko normaali ilmakehän 1 baarin absoluuttinen paine tai painesäiliön mukainen yli- tai alipaine. Paine levittyy tasaisesti nestekerrokseen ja näin ollen kokonaispaine tietyssä syvyydessä saadaan, kun hydrostaattiseen paineeseen lisätään nesteen pinnalla vallitseva paine. Yleensä hydrostaattinen paine ilmoitetaan paine-eroantureilla tai paine-erolähettimillä ylipaineena ilmakehän paineeseen verrattuna. (7, s. 28–29.)

6.1.3 Kapasitiiviset menetelmät

Kapasitiiviset pinnanmittausmenetelmät jaetaan mitattavan nesteen sähkönjohtavuuden mukaan. Pinnankorkeusanturin toiminta perustuu kahteen kondensaattorilevyyn ja niiden välillä vallitsevaan permittiivisyyteen, joka kertoo miten väliaine vaikuttaa siihen kohdistuvaan sähkökenttään. Sähköä johtamattomilla nesteillä levyt muodostuvat mittausanturin sauvasta ja säiliöstä, jota käytetään tällöin maadoitettuna elektrodina, jos se on sähköä johtavaa materiaalia. Mikäli kyseessä on esimerkiksi muovisäiliö, on käytettävä kahta sauvamaista elektrodia tai yhtä elektrodia, joka muodostuu sisäkkäisistä samankeskisistä sylintereistä. (10, s. 79.)

Pinnanmittaus säiliössä perustuu sen yläosassa olevan ilman ja nestekerroksen kapasitansseista muodostuvaan kokonaiskapasitanssiin. Kapasitanssi voidaan laskea permittiivisyyden, väliaineen korkeuden sekä säiliön muodosta ja mittaussauvan sijainnista riippuvan vakion avulla. Ilmalla permittiivisyys on 1 ja esimerkiksi +18-°C:isella vedellä se on 81 ja öljyllä 2,2. Näin säiliön ollessa tyhjä on muodostuva kapasitanssi pieni. Kun säiliö alkaa täyttyä, kasvaa myös kokonaiskapasitanssi lineaarisesti pinnankorkeuden mukaan. (10, s. 79.)

Sähköä johtavien nesteiden kuten veden pinnankorkeuden mittauksissa on mitaussauva päällystettävä sähköä johtamattomalla materiaalilla. Yleensä käytetään muovista tai keraamista eristettä. Tällöin säiliössä oleva neste toimii madoitettuna elektrodina. Pinnanmittaus ei perustu sähköä johtamattomien nesteiden tapaan muodostuvaan kokonaiskapasitanssiin, vaan pinnankorkeuden mukaan muuttuvaan kondensaattorin pinta-alaan. (10, s. 79.)

Kapasiitiivisen pinnanmittausmenetelmän hyvinä puolina ovat liikkuvien osien puute ja yksinkertainen rakenne, joiden ansiosta menetelmä on varmatoiminen. Huonoina puolina ovat väliaineiden permittiivisyyden muutokset lämpötilojen muuttuessa ja tahmeiden, sähköä johtavien nesteiden aiheuttamat virheelliset mittaustulokset. (10, s. 80.)

6.2 Automaatio

Venttiilit voidaan varustaa toimilaitteella toimimaan automaattisesti jonkin mitattavan prosessisuuren mukaan. Venttiilin säätö voi olla jatkuvaa eli moduloivaa ohjausta tai kertaluontoista, esimerkiksi säiliön pinnankorkeuden mukaan toimiva sulkuventtiilin on/off-säätö. Toimilaitteina käytetään usein pneumaattisia tai sähköisiä toimilaitteita. Pneumaattiset toimilaitteet ovat varmatoimisia, nopeita ja edullisia. Sähköiset laitteet ovat tarkkoja, mutta hitaita ja kalliita sekä niiden käyttöikä on rajallisempi kuin muilla toimilaitteilla. (11, s. 124–126.)

Pneumaattinen toimilaitte voi olla joko 1- tai 2-toiminen. 1-toimisessa laitteessa paineviesti saa aikaan esimerkiksi venttiilin avautumisen ja paineen vaikutuksen loppuessa venttiili sulkeutuu jousipalautuksella. 2-toimisessa toimilaitteessa paineviesti hoitaa sekä venttiilin avautumisen että sulkeutumisen. Nykyisin pneumaattiset toimilaitteet varustetaan lähes poikkeuksetta asennoittimella.

Asennoittimen tehtävänä on säätää venttiilin avautumis- tai sulkeutumiskulmaa ohjaussignaalin mukaisesti ja takaisinkytkennän avulla asennoitin saa tiedon venttiilin asemasta. Näin pystytään parantamaan venttiilin suorituskykyä. (11, s. 126.)

Asennoitin saa ohjaussignaalin esimerkiksi pinnankorkeutta mittaavalta anturilta. Anturin tuntoelin muuttaa mittaustuloksen helpommin käsiteltävään muotoon ja lähetinosa muodostaa tästä suureesta pneumaattisen standardiviestin mikä lähetetään asennoittimelle. Jos kyseessä on sähköinen standardiviesti pneumaattiselle toimilaitteelle, pitää toimilaitte varustaa sähköisellä ohjaus- eli magneettiventtiilillä, joka muuttaa viestin pneumaattiseksi ohjaussignaalksi. (10, s. 16.)

Standardiviestin käytössä pitää ensin määrittää mitattavan suureen pienin ja suurin sallittu arvo. Näitä voidaan kuvata arvoilla 0 % ja 100 %. Sähköisen signaaliviestin yleisimmin käytetty standardiviesti on tasavirta 4–20 mA. Jonkin verran on käytössä myös tasavirtaviesti 0–20 mA. Yleisimmässä mallissa mittausalueen alarajaa vastaa 4 mA ja tätä kutsutaan eläväksi nolaksi. Ylärajan virtaviesti on 20 mA ja sallittu alue on näiden välissä. Aluetta 0–100 % vastaava pneumaattinen standardiviesti on 20–100 kPa eli 0,2–1,0 bar. (10, s. 16–17.)

7 KÄYTÖSSÄ OLEVA PUMPPU

Pumppu, jonka ympärille prosessi suunniteltiin, oli Sulzerin Ahlstar-prosessipumppu, versio 13 (kuva 7). Pumpun koko oli 20–65, eli sen akseli oli halkaisijaltaan 20 mm ja poisto- eli painepuoli oli kokoa DN 65. Pumppu oli tyyppiltään vaaka-akselinen keskipakopumppu, jossa sisään tuleva virtaus oli akselinsuuntainen ja ulostuleva virtaus akselia vastaan kohtisuorassa tasossa. Pumpun imupuoli oli kokoa DN 100.



KUVA 7. Sulzer A20-65-keskipakopumppu ja perustuslevy

Pumppuun kuului perustuslevy, johon pumppu oli kiinnitetty ja pumppua käyttävä sähkömoottori tullaan kiinnittämään. Levy oli suunniteltu niin, että siihen kiinnitettävän sähkömoottorin asennuskoon tuli olla IEC 100L28, eli moottorin akselin ulostuleva pituus sai olla 100 mm ja halkaisija 28 mm. Pumpulle oli annettu Sulzerin toimesta suoritusarvot 2,2 kW:n moottorilla, jonka todellinen pyörimisnopeus oli 1 440 r/min:

- tilavuusvirta $Q = 15 \text{ l/s}$
- nostokorkeus $h = 5 \text{ m}$
- tehon tarve $P = 1 \text{ kW}$
- $NPSH_{req} = 1,6 \text{ m}$
- hyötysuhde $\eta = 72 \%$.

8 PUTKISTON MITOITUS JA PAINEHÄVIÖIDEN LASKENTA

8.1 Suurimman esiintyvän tilavuusvirran määrittäminen

Ennen kuin voitiin mitoittaa putket ja valita eri venttiilit, täytyi selvittää prosessissa esiintyvä suurin tilavuusvirta affiniteettisääntöjen avulla, koska pumppua tul- laan säätämään taajuusmuuttajalla. Nyt kun tiedettiin pumppua käyttävän moot- torin nimellinen ja todellinen pyörimisnopeus, voitiin sen jättämä s laskea kaa- valla 3.

$$s = \frac{1\,500 \frac{r}{\text{min}} - 1\,440 \frac{r}{\text{min}}}{1\,500 \frac{r}{\text{min}}} = 0,04$$

Ilman taajuusmuuttajan käyttöä moottori ja sitä kautta pumppu pyörisivät vakio- kierrosluvulla 1 440 r/min, ja tilavuusvirran säätö tapahtuisi kuristusventtiilin avulla. Tällöin moottoriin tulevan sähköjännitteen taajuus on 50 Hz, sillä se on Suomen sähköverkossa käytössä oleva jännitteen taajuus. Koska kyseessä oli oikosulkumoottori, jonka nimellinen pyörimisnopeus oli 1 500 r/min, saatiin sen napapariluvuksi 2.

Kaavan 2 avulla voitiin laskea moottorille eri pyörimisnopeuksia eri jännitteen taajuuksilla ja edelleen affiniteettisäännöllä pumpun suoritusarvot eri pyörimis- nopeuksilla. Selvitettiin, minkälaiset suoritusarvot saatiin 65 Hz:n taajuudella ja pysyikö tehon tarve tällöin moottorin sallimissa rajoissa. Kaavalla 2 määritettiin pyörimisnopeudeksi

$$n = (1 - 0,04) * \frac{(65 \text{ Hz} * 60)}{2} = 1\,872 \frac{r}{\text{min}}$$

Affiniteettisäännöllä tarkistettiin moottorin tehon tarve uudella pyörimisnopeudel- la kaavan 6 mukaan. Vertailuarvoina affiniteettisääntölaskuissa käytettiin aina pumpun valmistajan ilmoittamia arvoja tietyllä pyörimisnopeudella.

$$P_{II} = \left(\frac{n_{II}}{n_I}\right)^3 * P_I = \left(\frac{1\,872 \frac{r}{min}}{1\,440 \frac{r}{min}}\right)^3 * 1\,kW = 2,197\,kW$$

Moottorin antama maksimiteho oli 2,2 kW, joten 65 Hz:n taajuudella saatu pyörimisnopeus 1 872 r/min oli tällä moottorilla suurin nopeus. Nyt voitiin laskea suurin prosessissa esiintyvä tilavuusvirta kaavalla 4.

$$Q_{II} = \frac{n_{II}}{n_I} * Q_I = \frac{1\,872 \frac{r}{min}}{1\,440 \frac{r}{min}} * 15 \frac{l}{s} = 19,5 \frac{l}{s}$$

Suurimmalla mahdollisella pyörimisnopeudella saatava $NPSH_{req}$ -arvo pumpulle saatiin kaavalla 7.

$$NPSH_{II} = \left(\frac{n_{II}}{n_I}\right)^2 * NPSH_I = \left(\frac{1\,872 \frac{r}{min}}{1\,440 \frac{r}{min}}\right)^2 * 1,6\,m = 2,704\,m$$

8.2 Putkiston koon määrittäminen ja valinta

Edellä lasketulla tilavuusvirralla määritettiin nyt pumpun imu- ja paineputken vaaditut sisähalkaisijat kaavalla 20. Oletusvirtausnopeutena imupuolella käytettiin 1,5 m/s ja painepuolella 3 m/s. Imuputken vaadituksi sisähalkaisijaksi saatiin

$$d_s = \sqrt{\frac{4 * 0,0195 \frac{m^3}{s}}{\pi * 1,5 \frac{m}{s}}} = 0,1286\,m \approx 129\,mm$$

ja paineputken

$$d_s = \sqrt{\frac{4 * 0,0195 \frac{m^3}{s}}{\pi * 3,0 \frac{m}{s}}} = 0,0910 m \approx 91 mm.$$

Putket valittiin standardin PSK 4 230 (9) mukaan, jossa putken PN-luokka oli 6 lämpötilassa +20 °C, materiaalina austeniittinen ruostumaton teräs EN 1.4307 ja seinämävahvuutena 2 mm. Imuputkeksi valittiin DN 125-putki, jonka ulkohalkaisija oli 139,7 mm ja näin sisähalkaisijaksi tuli 135,7 mm. Paineputkeksi otettiin DN 100 ulkohalkaisijan ollessa 114,3 mm. Paineputken sisähalkaisijaksi tuli 110,3 mm.

Nyt voitiin laskea keskimääräiset virtausnopeudet imu- ja paineputkessa painehäviöiden laskemista varten kaavalla 21. Nopeudet laskettiin suurimman putkessa esiintyvän tilavuusvirran mukaan.

Nesteen virtausnopeudeksi imuputkessa saatiin

$$v = \frac{0,0195 \frac{m^3}{s} * 4}{\pi * (0,1357m)^2} = 1,348 \frac{m}{s}$$

ja paineputkessa

$$v = \frac{0,0195 \frac{m^3}{s} * 4}{\pi * (0,1103m)^2} = 2,041 \frac{m}{s}.$$

8.3 Putkiston painehäviöt

Suurimman esiintyvän tilavuusvirran sekä putkien koon ja virtausnopeuksien määrittämisen jälkeen laskettiin putkistolle painehäviöt. Imu- ja paineputkelle laskettiin häviöt erikseen, johtuen niiden halkaisijoiden erosta, ja lopuksi ne summattiin yhteen. Veden kinemaattinen viskositeetti +20 °C:n lämpötilassa on 10^{-6} m²/s, joten imuputken Re-luvuksi saatiin kaavalla 8

$$Re = \frac{1,348 \frac{m}{s} * 0,1357 m}{10^{-6} \frac{m^2}{s}} = 182\,924.$$

Virtaus imuputkessa oli siis turbulentsista, koska $2\,300 < 182\,924$.

Kitkavastuskertoimen selvittämiseksi piti ensin määrittää, mihin luokkaan imuputki kuului sen karheuden perusteella. Tässä tapauksessa voitiin putken karheutena käyttää riittävällä tarkkuudella 0,08 mm:ä, joka poimittiin kirjallisuudesta hitsatulle uudelle teräsputkelle (8). Kaavan 12 mukaan voitiin todeta, että imuputki kuului ylimenoalueelle.

$$65 < 182\,924 * \frac{0,08 mm}{135,7 mm} < 1\,300 = 65 < 108 < 1\,300$$

Liitteenä olevasta taulukosta (liite 3) katsottiin imuputken kitkavastuskertoimeksi 0,02. Tämän jälkeen voitiin laskea kitkاپainehäviö imuputkessa kaavalla 18. Imuputken yhteenlaskettu pituus oli 2,3 m.

$$\Delta p_{kitka} = 0,02 * \frac{2,3 m}{0,1357 m} * \frac{1\,000 \frac{kg}{m^3}}{2} * (1,348 \frac{m}{s})^2 = 308 Pa$$

Imuputken kertavastushäviön laskemista varten tuli ensin määrittää putkiosuudella olevien putkivarusteiden kertavastukset. Niille käytettiin kirjallisuudesta saatuja arvoja. Seuraavassa on lueteltu imuputken putkivarusteet ja muut kertavastushäviöitä aiheuttavat tekijät sekä niiden kertavastusarvot:

- säiliön ja imuputken liitos, $\xi = 0,5$
- kaksi 90°:n putkikäyrää, $\xi = 0,4/kpl$
- teräspalloventtiili, $\xi = 0,8$
- kolme laippaliitosta, $\xi = 0,04/kpl$
- supistuskartio, $\xi = 0,04$.

Kertavastushäviö imuputkessa saatiin kaavalla 19.

$$\Delta p_{\xi} = (0,5 + 2 * 0,4 + 0,8 + 3 * 0,04) * \frac{1\,000 \frac{kg}{m^3}}{2} * (1,348 \frac{m}{s})^2 = 2\,017 Pa$$

Kartiolle häviö laskettiin erikseen sen pienemmän pään virtausnopeuden eli 2,041 m/s mukaan. Tähän lisättiin muun putkiosuuden häviö, joten kertavastushäviöksi imuputkessa saatiin

$$\Delta p_{\xi} = (0,04) * \frac{1\,000 \frac{kg}{m^3}}{2} * (2,041 \frac{m}{s})^2 + 2\,017 Pa = 2\,100 Pa.$$

Nyt voitiin laskea kokonaispainehäviö imuputkessa summaamalla yhteen kitkاپaine- ja kertavastushäviö.

$$\Delta p_{kok} = 308 Pa + 2\,100 Pa = 2\,408 Pa$$

Imuputken kokonaispainehäviö voidaan muuttaa edelleen nestekorkeutena ilmaistuun muotoon jakamalla se maan vetovoiman kiihtyvyyden g ja nesteen tiheyden ρ tulolla.

$$\Delta p_{kok} = \frac{2\,408 Pa}{9,81 \frac{m}{s^2} * 1\,000 \frac{kg}{m^3}} = 0,25 m$$

Paineputkelle häviöt laskettiin samojen periaatteiden mukaan. Paineputken virtauksen Re-luvuksi saatiin kaavan 8 mukaan

$$Re = \frac{2,041 \frac{m}{s} * 0,1103 m}{10^{-6} \frac{m^2}{s}} = 225\,122.$$

Virtaus paineputkessa oli turbulenttista, koska $2\,300 < 225\,122$.

Paineputki kuului myös ylimenoalueelle kaavan 12 mukaan.

$$65 < 225\,122 * \frac{0,08\text{ mm}}{110,3\text{ mm}} < 1\,300 = 65 < 163 < 1\,300$$

Kitkavastuskertoimeksi katsottiin taulukosta (liite 3) noin 0,0185, joten kitkavainehäviö paineputkessa voitiin laskea kaavan 18 mukaan. Paineputken yhteenlaskettu pituus oli 3,33 m.

$$\Delta p_{\text{kitka}} = 0,0185 * \frac{3,33\text{ m}}{0,1103\text{ m}} * \frac{1\,000\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{2} * (2,041\frac{\text{m}}{\text{s}})^2 = 1\,163\text{ Pa}$$

Paineputkessa kertavastushäviöitä aiheuttavia osia ja tekijöitä oli seuraavasti:

- laajennuskartio, $\xi = 0,45$
- kaksi 90°:n putkikäyrää, $\xi = 0,4/\text{kpl}$
- teräspalloventtiili, $\xi = 0,8$
- neljä laippaliitosta, $\xi = 0,04/\text{kpl}$
- paineputken ja säiliön liitos, $\xi = 1$.

Kaavan 19 perusteella laskettiin paineputkelle kertavastushäviö.

$$\Delta p_{\xi} = (4 * 0,04 + 0,8 + 2 * 0,4 + 1) * \frac{1\,000\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{2} * (2,041\frac{\text{m}}{\text{s}})^2 = 5\,749\text{ Pa}$$

Laajennuskartiolle laskettiin jälleen häviö erikseen ja siihen lisättiin muun putkiosuuden häviö. Kartion pienemmässä päässä virtausnopeus oli 4,776 m/s.

$$\Delta p_{\xi} = (0,45) * \frac{1\,000\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{2} * (4,776\frac{\text{m}}{\text{s}})^2 + 5\,749\text{ Pa} = 10\,881\text{ Pa}$$

Näin kokonaispainehäviöksi paineputkessa saatiin

$$\Delta p_{\text{kok}} = 1\,163\text{ Pa} + 10\,881\text{ Pa} = 12\,044\text{ Pa}.$$

Seuraavaksi voitiin laskea koko putkiston aiheuttama painehäviö summaamalla yhteen imu- ja paineputken kokonaispainehäviöt.

$$\Delta p_{kok} = 2\,408\text{ Pa} + 12\,044\text{ Pa} = 14\,452\text{ Pa}$$

Imu- ja paineputken kokonaispainehäviö on nestekorkeutena ilmaistuna 1,47 m.

8.4 Kavitointiriskin arviointi

Tässä työssä käytetylle pumpulle oli annettu valmistajan toimesta $NPSH_{req}$ -arvoksi 1,6 m, kun pumpun pyörimisnopeus on 1 440 rpm. Affiniteettisäännöillä määritettiin pumpun $NPSH_{req}$ -arvoksi 2,704 m, kun pumpua ajetaan taajuusmuuttajasäädöllä suurimmalla mahdollisella pyörimisnopeudella 1 872 rpm. Tämä on myös pumpun kannalta kriittisin $NPSH_{req}$ -arvo, ja siihen verrattiin putkiston $NPSH_{av}$ -arvoa.

Nyt kun prosessin painehäviölaskut oli tehty ja putkiston sekä säiliöiden koko oli selvillä, voitiin määrittää prosessin $NPSH$ - eli $NPSH_{av}$ -arvo. Tämän piti olla $NPSH_{req}$ -arvoa suurempi seuraavan ehdon mukaan: $NPSH_{av} > NPSH_{req} + 0,5$ m.

$NPSH_{av}$ -arvo laskettiin kaavalla 1. Kun kyse ei ole nyt painesäiliöstä, p_b -arvona käytettiin normaalia ilmakehän absoluuttista painetta 1 bar eli 10^5 Pa. Veden höyrystymispaine $+20\text{ °C}$:n lämpötilassa on 2 340 Pa. Tässä prosessissa pumppu sijaitsee imusäiliön nestepinnan alapuolella, joten H_{sgeo} on plusmerkkinen. Kun säiliössä on vettä ylärajaan asti, on nestepinnan ja pumpun imuaukon välinen korkeusero 1,19 m. Imuputken painehäviö H_{sv} laskettiin edellä. $NPSH_{av}$ -arvoksi saatiin näin

$$NPSH_{av} = \frac{10^5\text{ Pa} - 2\,340\text{ Pa}}{9,81\frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 1\,000\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} + 1,19\text{ m} - 0,25\text{ m} = 10,9\text{ m},$$

joka täyttää asetetun ehdon kirkkaasti, sillä $10,9\text{ m} > 2,704\text{ m} + 0,5\text{ m}$. Pumpulla ei siis tässä tilanteessa ole kavitointivaaraa.

Laskettu $NPSH_{av}$ -arvo pätee vain silloin, kun veden pinta imusäiliössä pysyy vakiona. Tässä tapauksessa pinta ei kuitenkaan prosessin ollessa käynnissä pysy vakiona, vaan vettä pumpataan yläsäiliöön, josta se ei pääse palaamaan takaisin imusäiliöön ennen kuin nestepinta yläsäiliössä on saavuttanut asetetun ylärajan. Tämä yläraja asetetaan yläsäiliössä 850 mm:iin, jolloin siellä on vettä noin 600 litraa. Imusäiliössä voi enimmillään olla vettä pumppauksen käynnistyessä noin 1 100 litraa. Tämän mukaan laskettiin edellä $NPSH_{av}$ -arvo.

Veden määrä imusäiliössä putoaa alimmillaan siis noin 500 litraan. Prosessi pyörii taukoamatta ja vesi virtaa jatkuvasti putkistossa. Tässä tapauksessa putkien tilavuudet ovat kuitenkin niin pienet, ettei niissä virtaavan veden määrällä ole suurta vaikutusta säiliöiden nestepintoihin. $NPSH_{av}$ -arvo täytyi laskea siis myös imusäiliön alimman nestepinnan mukaan. Tällöin H_{sgeo} on 0,64 m. Näin $NPSH_{av}$ -arvoksi tässä tilanteessa saadaan

$$NPSH_{av} = \frac{10^5 \text{ Pa} - 2\,340 \text{ Pa}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} + 0,64 \text{ m} - 0,25 \text{ m} = 10,3 \text{ m},$$

joka riittää mainiosti, sillä $10,3 \text{ m} > 2,704 \text{ m} + 0,5 \text{ m}$.

Pumpulla ei näin ole kavitointivaaraa missään tilanteessa, sillä pienemmillä pumpun pyörimisnopeuksilla $NPSH_{req}$ -arvo on pienempi kuin 2,704 m.

8.5 Putkistovarusteiden valinta

Pumpun imu- ja painelaippa olivat yhtä koko pienemmät kuin mitoitetut putkikoot. Pumpun ja putkien väliin piti valita sopivat supistus- ja laajennuskartiot. Pumpun imupuolelle valittiin epäkeskeinen kartio standardin PSK 4 230 (9) mukaan. Kartion suurempi pää oli kokoa DN 125 ja pienempi DN 100. Seinämänvahvuus on 2 mm koko kartion matkalla. Imupuolen kartion täytyi olla epäkeskeinen, jotta saataisiin suora linja kartion ja imuputken yläpintojen välille, ja näin vältetään pumpun kannalta haitallisten ilmataskujen muodostuminen imuputkeen.

Painepuolelle voitiin valita tavallinen keskeinen kartio standardin PSK 4 230 (9) mukaan. Kartion suuremman pään halkaisija oli DN 100 ja pienemmän pään DN 65. Seinämänvahvuus oli 2 mm koko kartion matkalla. Materiaalina oli molemmissa kartioissa ruostumaton teräs EN 1.4307.

Kartioiden liittäminen pumppuun tehdään laippaliitoksilla. Pumpun toimitusoppaassa (5) kerrottiin, että pumpun imu- ja painepuolen laippojen poraukset olivat PN 10 luokituksen mukaisia. SFS-EN 1092 standardista (12) valittiin laipoiksi kauluslaippatyypin 11, paineluokalla PN 10 ja tiivistyspinnalla B1. Materiaalina oli austeniittinen ruostumaton teräs EN 1.4307. Putkistoon tulevien venttiilien liittäminen toteutetaan myös laippaliitoksilla. Laipat viistetään standardin SFS-EN 1092 (12) mukaan vastaamaan putkien ja kartioiden seinämänvahvuuksia. Putkikäyrät valittiin standardin PSK 4 230 (9) mukaan, ja niitä tulee prosessiin yhteensä kuusi. Prosessin kokoonpanokuva ja osaluettelo, joista käyvät ilmi kaikki prosessiin tulevat laitteet, ja osat on esitetty liitteessä 4.

9 VENTTIILIT

9.1 Teräspalloventtiilit

Sulku- ja käsisäätöventtiileinä tullaan käyttämään teräspalloventtiilejä. Prosessiin tulevat laipallinen sulkuventtiili imuputkeen ja hitsattava sulkuventtiili, joka tullaan istuttamaan suoraan imuputkeen. Tämän venttiilin tarkoituksena on toimia imusäiliön tyhjennysventtiilinä, jotta prosessissa kiertävä vesi voidaan valuttaa säiliöstä pois esimerkiksi kesälomakuukausien ajaksi. Paineputkeen liitetään käsin säädettävä laipallinen säätöventtiili pumpun tuottaman tilavuusvirran kuristussäätöä varten.

Tarjouskyselyjen perusteella palloventtiilit tilataan Naval Oy:ltä. Hitsattava tyhjennysventtiili on kokoa DN 50 ja paineluokka PN 40. Imuputken kooksi valittiin DN 125, joten siihen liitettävä sulkuventtiili on myös kokoa DN 125. Paineluokka venttiilille on PN 16, sillä pienemmän luokan venttiilejä ei ollut tarjolla mistään. Käsisäätöisen säätöventtiilin koko on paineputken mukainen DN 100 ja paineluokka PN 16. Venttiilien asennuksessa on käytettävä tarkkaavaisuutta ja suunnattava putkiin tulevat laipat huolellisesti venttiilin kanssa samaan linjaan. Paineputkeen tuleva säätöventtiili voidaan varustaa erikseen hankittavalla mittalaitteella, jolla voidaan suorittaa venttiilin läpi virtaavan nesteen virtaus- ja painemittauksia.

9.2 Toimilaitteella varustettu sulkuventtiili ja pinnanmittaus

Työn alussa sen tilaajalta tuli toive, että prosessi pitäisi varustaa yhdellä automaattisesti toimivalla venttiilillä. Vaihtoehtoja ja toteutustapoja oli monia, mutta työssä päädyttiin yläsäiliöstä takaisin imusäiliöön kulkevaan paluuputkeen asennettavaan sulkuventtiiliin, joka toimisi yläsäiliön pinnankorkeuden mukaan.

Lähtötilanne prosessia käynnistettäessä on, että imusäiliö ja sitä kautta imuputki on täytetty vedellä. Pumppu käynnistetään, ja se alkaa pumpata vettä noin 2,5 metrin korkeudella olevaan yläsäiliöön. Tässä vaiheessa paluuputken venttiili on kiinni ja yläsäiliö alkaa näin täyttyä.

Pinnankorkeuden mittaaminen yläsäiliössä toteutetaan kapasitiivisella pinnanmittausanturilla LP 20 sekä siihen liitettävällä vahvistimella PA 20. Anturi asennetaan säiliön yläpinnan kautta pohjaan asti. Yläsäiliön maksimipinnankorkeudeksi määritetään 850 mm ja se ohjelmoidaan anturiin. Kun vesipinta säiliössä saavuttaa 850 mm rajan, anturin säätimen kautta lähtee standardivirtaviesti venttiilin toimilaitteelle, joka saa paluuputkessa olevan venttiilin avautumaan. Kun vesi on laskenut säiliössä halutulle tasolle, esimerkiksi 150 mm:iin asti, venttiili saa käskyn sulkeutua ja näin yläsäiliön täyttö alkaa jälleen alusta.

Pinnanmittausanturin toimintaa ja siihen ohjelmoitavia tietoja hallitaan pintasäätimellä LC 2 650, joka on sähköä johtavien nesteiden pinnanmittaukseen soveltuva pintasäädin. Säädin on LCD-näytöllä ja näppäimistöllä varustettu laite, jolla voidaan toteuttaa yläsäiliön pinnansäätö joko jatkuvana säätönä tai on/off-säätönä. Säätimen kautta syötetään anturin tarvitsemat pinnankorkeustiedot ja sen kautta lähtevät virtaviestit venttiilin toimilaitteelle. Säädin käyttää standardivirtaviestiä 4–20 mA. Tarjouskyselyiden perusteella pinnanmittauslaitteisto tilataan Spirax/Sarco Oy:ltä.

Paluuputkeen tuleva sulkuventtiili ja sitä ohjaava toimilaite sekä pinnanmittaus-säätimeltä tulevan virtaviestin muuttamisen pneumaattiseksi hoitava magneetti-venttiili tulevat Kontram Oy:ltä. Venttiili on Gefan valmistama KG6-2266T DN 125-läppäventtiili. Samaiselta valmistajalta tulevat myös 1-toiminen pneumaattinen toimilaite AP5SR, joka on jousipalautuksella toimiva vääntömoottori, sekä sen asennuspaketti. Toimilaitteen 3/2 ohjaus- eli magneettiventtiili on Luciferin valmistama 341 N 01/03 venttiili.

10 MUUT PROSESSIN OSAT

10.1 Säiliöt

Opinnäytetyön tilaajalta Jyrki Mänttäriltä tuli työn alussa ohje, että imusäiliön tilavuus voisi olla noin 1 200 litraa ja yläsäiliön 600 litraa. Molemmissa säiliöissä käytetään materiaalina ruostumatonta terästä EN 1.4307 ja käytettävien teräslevyjen paksuus on 2 mm. Imusäiliön kokonaistilavuudeksi tulee 1419 litraa ja yläsäiliön 776 litraa. Imusäiliön kokoonpanopiirustus on esitetty liitteessä 5 ja yläsäiliön liitteessä 6.

Imusäiliö varustetaan putkipalkeista tehdyillä jaloilla, jotta säiliön pohjaan tai säiliöstä lähtevään imuputkeen saadaan hitsattua tyhjennysventtiilinä toimiva sulkuventtiili. Molempiin säiliöihin tulee akryylilevystä valmistettavat läpinäkyvät kannet, jotka ovat nostettavissa pois paikoiltaan sekä nostokorvakkeet kahdelle sivulle säiliöiden liikuttelua varten. Tilassa, johon prosessi tulee, on käytössä 500 kg:n nostokyvyn omaava nosturi. Säiliöiden liikuttelutarpeen vuoksi molempiin säiliöihin tulee lyhyt putkiyhde laipalla varustettuna, jotta säiliöt voidaan irrottaa putkistosta siirtelyjä varten.

Yläsäiliöön kiinnitetään lisäksi näkölasi yläsäiliön pinnankorkeuden silmämääräistä seuraamista varten. Näkölasi kiinnitetään säiliöön kahdella laippaliitoksella, jotta lasi saataisiin tarpeen tullen irrotettua säiliöstä ja puhdistettua. Näyttölasiin kokoonpanopiirustus on esitetty liitteessä 6.

10.2 Runkorakenne

Runkorakenne kootaan standardin SFS-EN 10219 (13) mukaisista putkiprofiilipalkeista. Rungon perustan muodostavat 4 kpl 100 x 60 x 3 mm suorakaidepalkkia, joiden päälle koko prosessi ja muu rakenne tulevat. Palkkien korkeudeksi valittiin 100 mm, jotta rungon siirtely pumppukärryillä tai trukilla olisi mahdollista. Peruspalkkeihin hitsataan 2 kpl 70 x 50 x 3 mm suorakaidepalkkeja, joiden päälle pumppu asennetaan. Pumpun toimituskirjasta saatiin mitat pumpun perustuslevylle ja niiden mukaan palkkeihin tehdään poraukset, jotta pumpun kiinnitys ruuvein onnistuu.

Yläsäiliön tukirakenne tehdään 50 x 50 x 2 mm neliönmuotoisista palkeista. Rakenteelle suoritettiin lujuus- ja nurjahdustekniset laskelmat, jotta varmistuttiin, että se kestäisi täynnä vettä olevan yläsäiliön painon riittävällä varmuudella. Runkorakenne ja sen muodostamat putkipalkit on nähtävissä rungon kokoonpanopiirustuksesta, joka on esitetty liitteessä 7.

Säiliöiden kiinnittäminen runkorakenteeseen toteutetaan standardin SFS-EN 10162 (14) mukaisilla L-profiileilla. Säiliöihin hitsataan omat kappaleet ja vastakappaleet tulevat runkorakenteeseen ja nämä liitetään toisiinsa ruuviliitoksilla. Yhteensä kiinnityслиitoksia tulee neljä/säiliö. L-profiilit voidaan ostaa valmiina ja tämä on huomioitu myös kustannuslaskelmassa tai sitten OSAO:n opiskelijat taivuttavat ne itse sopivasta teräslevystä.

10.2.1 Putkiston kannattimet

Putkisto täytyy tukea tietyistä kohdin kannattimilla, jotta siitä aiheutuvat jännitykset ja kuormitukset esimerkiksi pumpun laippoja vastaan eivät nousisi liian suuriksi. Putkiston kannatuksesta on määritelty standardeissa erikseen. Tässä prosessissa putkiston kannatus toteutetaan standardin SFS 5396 (15) mukaisella tasokannattimella. Tasokannatinta voidaan käyttää, kun putkistossa esiintyvät kuormitukset ja jännitykset ovat vähäisiä ja putket sijaitsevat lähellä lattia-tasoa.

Standardissa SFS 5396 (15) on valittavana A-, B- ja C-vaihtoehdot tasokannattimen toteuttamiselle. Tässä tapauksessa kannattimeksi valittiin vaihtoehto B, jossa tasokannatin muodostuu kahdesta standardin SFS 5370 (16) mukaisesta putkisangasta. Putkisangat tulevat putken ympärille ja lähempänä lattiaa olevan sangan ja runkorakenteen väliin tulee standardin SFS EN-10219 (13) mukainen putkiprofiilipalkki. Putkisangat ovat standardin SFS-EN 10058 (17) mukaisia lattateräsprofiileja, jotka taivutetaan vastaamaan putken ulkohalkaisijaa.

Imuputkeen tulee kaksi tasokannatinta sulkuventtiilin molemmin puolin. Paineputki tuetaan tasokannattimella ylhäällä rungon tukirakenteiden kautta ennen putken liittymistä yläsäiliöön. Yläsäiliöstä lähtevä paluuputki imusäiliöön tuetaan myös siihen liitettävän säätöventtiilin molemmin puolin. Imu- ja paluuputkeen tulevien tasokannattimien kokoonpanopiirustus on esitetty liitteessä 8.

10.2.2 Hoitotaso, suojakaide, tikkaat

Yläsäiliön yhteyteen oli heti työn alkajaisiksi tarkoitus suunnitella hoitotaso ja siihen kuuluvat tikkaat. Hoitotasolta voidaan seurata veden pumppausta yläsäiliöön sekä se toimii samalla työtasona esimerkiksi pinnanmittauslaitteiston asennuksessa. Tarjouskyselyiden perusteella hoitotasoksi valittiin Finnritilä Oy:n tarjoama teräsritilä, joka on valmistettu puristehitsattuna kuumasinkitystä teräksestä. Finnritilä toimittaa tason mukana myös J-koukkukiinnikkeet, joilla hoitotaso kiinnitetään runkorakenteeseen.

Hoitotason ympärille täytyi suunnitella suojakaide, sillä standardi SFS-EN ISO 14122-3 (18) edellyttää hoito- ja kulkutasoille suojakaiteen, jos mahdollinen puutoamismatka tasolta on yli 500 mm. Vaadittu suojakaide mitoitettiin standardin SFS-EN ISO 14122-3 (18) mukaan ja sen kokoonpanopiirustus on esitetty liitteessä 9. Hoitotasolle kulkeminen tapahtuu tikkaiden kautta. Tikkaiden kokoonpanopiirustus on esitetty liitteessä 10.

11 KONEIKON ASENNUKSESSA JA KÄYTÖSSÄ HUOMIOITAVIA ASIOITA

Pumpun asennuksessa ja siirroissa on noudatettava pumpun toimitusoppaasta löytyviä ohjeita. Prosessiin tulevien pinnanmittauslaitteiston ja automaattisesti toimivan läppäventtiilin ja sen laitteiston asennukset on tehtävä näiden mukana toimitettavien asennusohjeiden mukaisesti. Läppäventtiili asennetaan laippojen väliin, joten venttiilin ja asennuslaippojen oikea suuntaaminen on tärkeää, jotta venttiili tulee pystysuoraan asentoon.

Sama pätee myös muihin prosessiin tuleviin, laippojen väliin asennettaviin palloventtiileihin, mutta erityishuomiota on kiinnitettävä toimilaitteella ja magneettiventtiilillä varustettuun läppäventtiiliin. Jotta varmistutaan siitä, että venttiilit asennetaan putkistoon oikein päin, on venttiilien runkoon merkitty nuolella nesteen virtaussuunta. Automaatiolaitteistojen asennuksen, johdotukset sekä laitteistojen toiminnan alustukset tapahtuvat OSAO:n omien automaatiotekniikan osajien toimesta. Prosessin PI-kaavio on esitetty liitteessä 11.

Pumppausprosessia käynnistettäessä on huolehdittava siitä, että imuputki on täynnä vettä. Imuputkessa olevan sulkuventtiilin täytyy siis olla auki, kun imusäiliötä täytetään vedellä, jotta vesi pääsisi virtaamaan imuputkeen koko sen matkalla aina pumpun imuaukolle asti. Imuputken ja pumpun imulaipan välille tulevalla epäkeskeisellä supistuskartiolla varmistutaan siitä, ettei imuputkeen muodostu haitallisia ilmataskuja vaan putki täyttyy kokonaan vedellä.

Prosessin pyöriessä ei imuputken sulkuventtiilin asentoa tule muuttaa. Venttiili suljetaan ainoastaan silloin, kun pumpulle täytyy tehdä huoltotöitä, ja näin estetään veden virtaus pumpun pesään. Pumppua ei saa ajaa tyhjänä ilman vettä. Ajo ilman vettä voi vahingoittaa pumpun osia vakavasti, sillä vesi toimii virratesaan pumpun läpi samalla sen osasten jäädyttäjänä.

Pumpun tuottaman tilavuusvirran kuristussäätö toteutetaan paineputkeen tulevalla säätöventtiilillä. Pumpun käynnistyessä säätöventtiilin tulee olla kiinni, ja se voidaan vähitellen aukaista kokonaan tai niin, että haluttu tilavuusvirta saa-

vutetaan. Prosessiin valitun Naval Oy:n säätöventtiilin kautta on mahdollista suorittaa virtaus- ja painemittauksia siihen liitettävällä erillisellä mittarilla.

Imu-, paine- ja paluuputki sekä putkistoon tulevat putkivarusteet on kaikki puhdistettava ja puhallettava puhtaaksi esimerkiksi paineilmailla ennen niiden liittämistä pumppuun ja prosessiin. Laippojen seinämät täytyy viistää 2 mm:iin, jotta ne vastaisivat niihin liitettävien putkien ja putkiosien seinämänvahvuuksia. Laipat voidaan tilata joko valmiiksi viistettyinä tai sitten viisteet toteutetaan OSAO:n omilla sorvilaitteilla.

Taajuusmuuttajakäytössä sähkömoottorille menevän sähköjännitteen taajuutta voidaan säätää alueella 40–65 Hz. Ilman taajuusmuuttajaa taajuus on 50 Hz ja pumpun todellinen pyörimisnopeus 1 440 rpm. Affiniteettisäännöillä selvitetiin taajuusalueen ala- ja ylärajat. 40 Hz:n taajuus on pienin mahdollinen, millä pumpulla saavutetaan painehäviöistä huolimatta pumpattavan nesteen tarvittava paineenlisäys eli nostokorkeus imusäiliöstä yläsäiliöön. Luvussa 8 todettiin, että suurin mahdollinen moottorille menevän jännitteen taajuus voi olla 65 Hz. Tällöin pumpun tarvitsema teho on vielä mahdollista saada käytössä olevalla sähkömoottorilla.

Pumpulla voidaan suorittaa prosessin valmistuttua testiajoja. Testiajot tapahtuvat joko paineventtiilin kuristussäädöllä tai taajuusmuuttajakäytöllä. Testiajoilla voidaan määrittää pumpun tuotto ja nostokorkeus eli pumpun antama paineenlisäys eri toimipisteissä. Kuristussäätöä varten voidaan laatia pumpun tilavuusvirta-nostokorkeuskäyrän ja putkistokäyrän avulla eri testipisteitä ja määrittää mittausten avulla, pystyykö pumppu toteuttamaan teoriassa määritetyt suoritukset.

Taajuusmuuttajakäytössä voidaan helposti sähkömoottorin pyörimisnopeuden kaavoilla ja affiniteettisäännöillä määrittää haluttuja pumpun suorituservoja ja testata, saadaanko pumpulla käytännössä aikaan samoja arvoja. Täytyy kuitenkin muistaa, että taajuusalue saa vaihdella alueella 40–65 Hz. Tällä tavoin voidaan esimerkiksi määrittää yläsäiliön täyttymiseen kuluva aika eri pyörimisnopeuksilla. Paineventtiilin kautta voidaan mitata nesteen paine- ja virtausarvoja.

Paluuputken säätöventtiiliä on mahdollista ajaa prosessiin valittujen laitteiden perusteella moduloivasti eli pintasäädin säätää venttiilin asentoa jatkuvasti yläsäiliön pinnankorkeuden mukaan. Oletuksena prosessissa säädin ohjaa venttiiliä on/off-säädöllä yläsäiliön maksimi- ja minimirajojen mukaan, mutta säädin voidaan siis muuttaa säätämään venttiiliä niin, että yläsäiliössä nestepinta pysyy vakiona halutulla tasolla.

12 KUSTANNUSARVIO

Prosessin rakentamisen kustannusarvio tehtiin monien tarjouskyselyiden pohjalta. Se kattaa prosessiin tarvittavien materiaalien ja laitteiden hankkimiskustannukset ruuveja, muttereita ja aluslevyjä lukuun ottamatta. Mahdollisia palkka- tai työtuntikuluja ei nyt sisällytetty arvioon, sillä prosessi tullaan toteuttamaan opiskelijoiden voimin osana heidän koulutustaan. Ainoat tarvikkeet, joista tarjouskyselyä ei tehty, olivat rakennepalkit, erilaiset terästangot ja -kaideosat sekä säiliöiden kansiin ja näkölasiin tarvittavat akryylituotteet.

Rakenneteräksille katsottiin hinnat suoraan taloon.com verkkokaupasta (19) ja akryylituotteille valmistajan kotisivuilta (20). Joissakin tapauksissa kustannusarviossa kappaleen tai tarvikkeen materiaali poikkeaa sille suunnitellusta, mutta arvio on tehty sen mukaan, mitä materiaaleja oli tarjolla. Arviossa näkyviä materiaaleja voidaan kaikkia käyttää prosessin rakentamisessa.

Hintoihin on lisätty arvolisävero 24 %, ja jos sitä ei erikseen mainita, se sisältyy hintaan. Rahtikulut on myös sisällytetty hintoihin sen mukaan, miten yritykset niistä ilmoittivat. Kustannusarvion tuloksena saatu kokonaissumma prosessin toteuttamiselle sai hyväksynnän opinnäytetyön tilaajalta Jyrki Mänttäriltä ja OSAO:lta. Joistakin tarvikkeista on vielä mahdollista saada alennusta OSAO:n tehdessä varsinaisen tilauksen, sillä monilla yrityksillä on tapana tarjota tällöin tuotteitaan koulualennuksilla. Liitteessä 2 on esitetty kootusti prosessiin tarvittavat materiaalit, tarvikkeet ja laitteet sekä näiden muodostama koko prosessin kustannusarvio.

13 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin pumppausprosessi Oulun seudun ammattiopistolle (OSAO) opiskelijoiden koulutuskäyttöön. Lähtökohtana oli OSAO:lle hankittu keskipakopumppu, jolle ei ollut löytynyt vielä hyödyllistä käyttöä, ja työn toimeksiantaja halusi saada sen mukaan osaksi opiskelijoiden koulutusta. OSAO:lta tuli toivottu yleisnäkemys prosessista ja prosessi pyrittiin toteuttamaan toimeksiantajan toiveiden mukaan.

Työ aloitettiin tutustumalla käytössä olevaan pumppuun ja sen suoritusarvoihin sekä mittoihin pumpun mukana tulleen toimitusoppaan mukaisesti. Alun perinkin tarkoituksena oli, että pumppua tullessiin ajamaan kuristus- ja taajuusmuuttajasäädöillä. Käytettävissä olleen sähkömoottorin ja lopullisen prosessin rakenteen selvittäessä määritettiin vaaditut putkikoot ja valittiin eri putkistovarusteet. Rakenteiden suunnittelu sekä lujuustekniset analyysit toteutettiin 3D Cad -ohjelmistoilla erilaisten standardien vaatimusten mukaisesti.

Yleensä tällaisissa prosesseissa suunnittelu menee niin, että tiedetään haluttu pumpun tuotto ja nostokorkeus. Näiden pohjalta mitoitetaan putkisto ja valitaan eri varusteet ja vasta sen jälkeen määritetään prosessiin sopiva pumppu. Pumpun valinta tehdään halutun tilavuusvirran mukaan määritettyjen putkiston painehäviölaskujen ja vaaditun nostokorkeuden avulla. Näin saatavan putkistokäyrän avulla voidaan valita prosessiin sopiva pumppuvaihtoehto. Näin varmistetaan siitä, että saadaan pumpun hyötysuhteen kannalta paras vaihtoehto. Näin toimittaisiin esimerkiksi teollisuudessa.

Tässä työssä menettelytapa poikkesi normaalista siinä, että nyt täytyi suunnitella prosessi jo olemassa olevan pumpun ympärille. OSAO:lla oleva tila, johon prosessi tullaan sijoittamaan, rajoitti hieman suunnittelua, eikä esimerkiksi pumpun mahdollistamaa nostokorkeutta päästy nyt hyödyntämään täysin. Käytössä olevaa pumppua voitaisiin käyttää paljon suuremmissakin prosesseissa. Koneikko tulee kuitenkin koulutuskäyttöön, jolloin pääpaino on siinä, että opiskelijat pääsisivät huoltamaan pumppua ja perehtymään yleensäkin siihen, miten pumppausprosessi toimii.

Työn tuloksena laadittiin kokoonpanopiirustukset prosessista ja sen eri osista sekä yksityiskohtaiset valmistuspiirustukset, joiden pohjalta prosessi on mahdollista toteuttaa OSAO:n opiskelijoiden toimesta. Näin he pääsevät testaamaan taitojaan rakennusvaiheen monissa eri vaiheissa, esimerkiksi hitsauksessa, ja ajamaan valmista prosessia eri suoritusarvoilla.

Alun perin tarkoituksena oli, että rakennus- ja asennusvaiheet olisi tehty jo nyt kevätlukukaudella ja tähänkin työhön olisi saatu kuvia eri vaiheista selventämään prosessia. Suunnittelutyö vaati kuitenkin odotettua enemmän aikaa, joten näin prosessin henkiin herättäminen siirtyi syyslukukaudelle 2013. Toimeksiantajalta saadun palautteen perusteella näin tullaan myös tekemään.

Työ oli kaikkiaan mielenkiintoinen toteuttaa, ja se liittyi läheisesti valitsemaani suuntautumiseen eli energiatekniikkaan. Erilaiset voimalaitokset ovat täynnä pumppuja ja pumppausprosesseja, joissa tilavuusvirrat, paineet ja nostokorkeudet voivat kasvaa todella suuriksi ja pumpattavat aineet vaihtelevat vedestä öljyyn ja rikkihappoon. Energiatehokkuuteen tähtäävässä teollisuudessa pumppujen pyörimisnopeuden jatkuvatoiminen säätö on nykypäivänä entistä isommassa roolissa. Nyky-yhteiskunta on ja tulee olemaan pitkälle tulevaisuuteen riippuvainen pumpuista mm. juoma- ja käyttöveden siirroissa. Tämä työ antoi uuden näkökulman siihen, mitä tällaisten prosessien suunnittelijoilta vaaditaan.

LÄHTEET

1. Bergius – Blomsten – Hedenfalk – Jonsson – Kempe – Nilsson – Pegert – Ullgren – Wennström 1978. Pumpputekniikka, Nesteiden pumppaus. Helsinki: Insinööritieto Oy.
2. Marttila, Seppo - Männikkö, Antti 2004. T350403 Koneoppi 1. Energiatekniikkasarja – 7, Pumppaustekniikka. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
3. Wirzenius, Allan 1969. Keskipakopumput. Tampere: Kustannusyhtymä.
4. Vång, Petri 2007. Pumppukoneikon suunnittelu laboratoriokäyttöön. Pori: Satakunnan ammattikorkeakoulu, energia- ja laivatekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Saatavissa:
<http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/788/Vang%20Petri.pdf?sequence=1> Hakupäivä 5.2.2013.
5. Sulzer Pumps Finland Oy 2009. Toimituserittely Sulzer Ahlstar A20-65 prosessipumpulle. Mänttä Pump Factory.
6. Laakso, Hannu 2011. T320703 Sähkötekniikka. Opintojakson oppimateriaali syksyllä 2011. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
7. Bohl, Willi 1984. Teknillinen virtausoppi. Jyväskylä: Gummerus Oy.
8. Kallio, Kauko 2012. TL2821 Teollisuusputkistot. Opintojakson oppimateriaali syksyllä 2012. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
9. PSK 4230. 2010. Putkiluokka E0H1A painelaitekäyttöön. Austeniittinen ruostumaton CrNi-teräs. PSK Standardisointi.
10. Halko, Pekka – Härkönen, Sakari – Lähteenmäki, Ilkka – Välimaa, Taisto 1998. Teollisuuden mittaustekniikka. 6.-7. painos. Helsinki: Oy Edita AB.
11. Joronen, Tero – Kovács Jenó – Majanne Yrjö 2007. Voimalaitosautomaatio. Julkaisija: Suomen Automaatioseura ry. Helsinki: Copy-Set Oy.

12. SFS-EN 1092-1 + A1. 2013. Laipat ja laippaliitokset. Pyöreät laipat putkille, venttiileille, yhteille ja varusteille, PN-mitoitetut. Osa 1: Teräslaipat. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
13. SFS-EN 10219. 2006. Kylmämuovatut hitsatut seostamattomista teräksistä ja hienoraeteräksistä valmistetut rakenneputket. Osa 2: Toleranssit, mitat ja poikkileikkaussuureet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
14. SFS-EN 10162. 2003. Rullamuovatut teräsprofiilit. Tekniset toimitusrhdot. Mitta- ja muototoleranssit. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
15. SFS 5396. 2004. Putkiston kannatus. Tasokannattimet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
16. SFS 5370. 2007. Putkiston kannatus. Putkisanka A. DN 10...500. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
17. SFS-EN 10058. 2004. Kuumavalssatut terästangot yleiseen käyttöön. Lattatangot. Mitat sekä mitta- ja muototoleranssit. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
18. SFS-EN ISO 14122-3 + A1. 2010. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulutiet. Osa 3: Portaat, porrastikkaat ja suojakaiteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
19. Taloon.com. 2013. Rautakauppa netissä vuodesta 2004. Saatavissa: <http://taloon.com/> Hakupäivä 5.4.2013.
20. Etra. 2013. Your Industrial Partner. Tuotteet, tekniset muovit. Saatavissa: <http://tuotteet.etra.fi/fi/g2226684/tekniset-muovit> Hakupäivä 5.4.2013.

LIITTEET

Liite 1 Lähtötietomuistio

Liite 2 Kustannusarvio

Liite 3 Taulukko kitkavastuskertoimelle

Liite 4 Pumppausprosessi, pääkokoonpanokuva

Liite 5 Imusäiliö, alikokoonpanokuva

Liite 6 Yläsäiliö, alikokoonpanokuva

Liite 7 Runkorakenne, alikokoonpanokuva

Liite 8 Tasokannatin B, alikokoonpanokuva

Liite 9 Tikkaat, alikokoonpanokuva

Liite 10 Kaide, alikokoonpanokuva

Liite 11 PI-kaavio

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Tekijä¹ Antti Piipponen

Tilaja² Oulun seudun ammattiopisto, Kaukovainio/Hkn

Tilajaan yhdyshenkilö ja yhteystiedot³ Jyrki Mänttari
jyrki.manttari@osa.fi, puh: 050-3174705

Työn nimi⁴ Pumppausprosessi

Työn kuvaus⁵ Pumppausprosessin suunnittelu, joka sisältää
ylä- ja alasäiliön, putkiston, sulkeventtiilit
ja automatiikan.

Työn tavoitteet⁶ Koulutuskäyttöön soveltuvan laitteiston
suunnittelu.

Tavoiteaikataulu⁷ Piirrustukset helmikuun loppuun mennessä.
Työn viimeistely maaliskuun huhtikuussa.

Päiväys ja allekirjoitukset⁸ 8.1.2013 Antti Piipponen
21.2.2013 Jyrki Mänttari

¹ Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite.

² Työn teettävän yrityksen virallinen nimi.

³ Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta.

⁴ Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan.

⁵ Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat.

⁶ Esitetään lyhyesti ja selvästi työn tavoitteet.

⁷ Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työllä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun.

Tavoiteaikataulun ja oppilaitoksen yleisaikataulun perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa.

⁸ Lähtötietomuiستio päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaajan yhdyshenkilö.

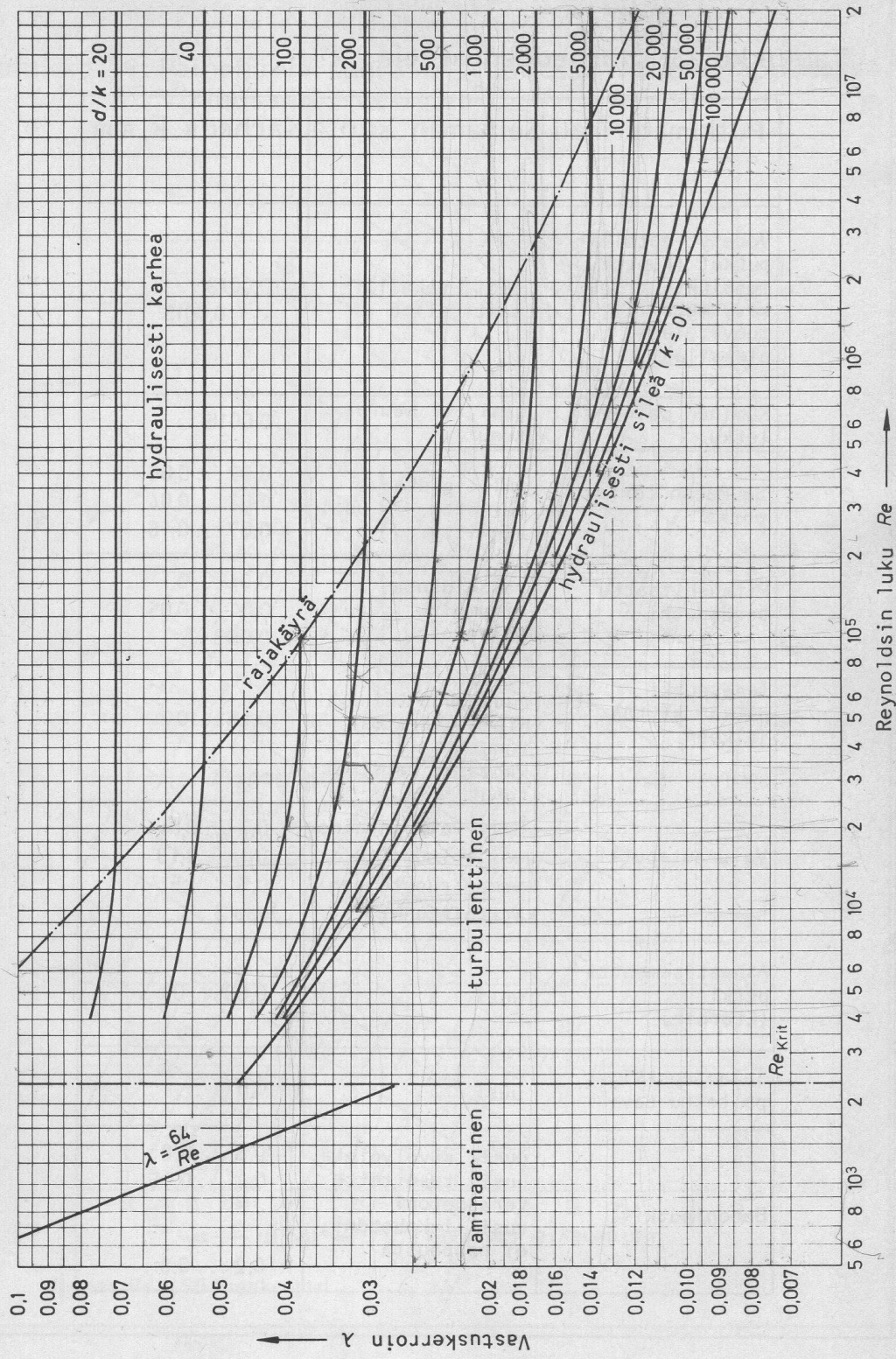
Taloon.com, putkipalkit	kpl-määrä, 6 m/kpl	€/6 m
100 x 60 x 3 mm (S355J2H)	2 kpl	96,9
70 x 50 x 3 mm (S355J2H)	2 kpl	71,9
50 x 50 x 2 mm (S235JR)	6 kpl	41,9
100 x 50 x 4 mm (S355J2H)	1 kpl	119,0
40 x 20 x 3 mm (S235JR)	1 kpl	34,9
Taloon.com, lattateräukset	kpl-määrä, 6 m/kpl	€/6 m
50 x 4 mm (S235JR)	1 kpl	18,9
50 x 5 mm (S235JR)	1 kpl	22,9
40 x 8 mm (S235JR)	1 kpl	27,9
Taloon.com, kaidetanko	kpl-määrä, 6 m/kpl	€/6 m
33,7 x 2,5 mm (S235JR)	1 kpl	25,9
Taloon.com, kierteytettävä tanko	kpl-määrä, 6 m/kpl	€/6 m
26,9 x 2,65 mm (S195T)	1 kpl	43,3
Taloon.com, U-profili	kpl-määrä, 6 m/kpl	€/6 m
30 x 30 x 3 mm (S235JR)	1 kpl	28,5
Taloon.com, yhteensä € (sis. rahtikulut 126 €)		1 036,30 €
Oulun palametalli Oy, RST-teräslevyt		Levyjen mitat
1 kpl		950 x 750 x 2 mm
2 kpl		996 x 1 300 x 2 mm
2 kpl		746 x 1 100 x 2 mm
2 kpl		946 x 1 100 x 2 mm
1 kpl		1 000 x 1 100 x 2 mm
2 kpl		1 096 x 1 300 x 2 mm
Oulun palametalli Oy, yhteensä €		1 540,00 €

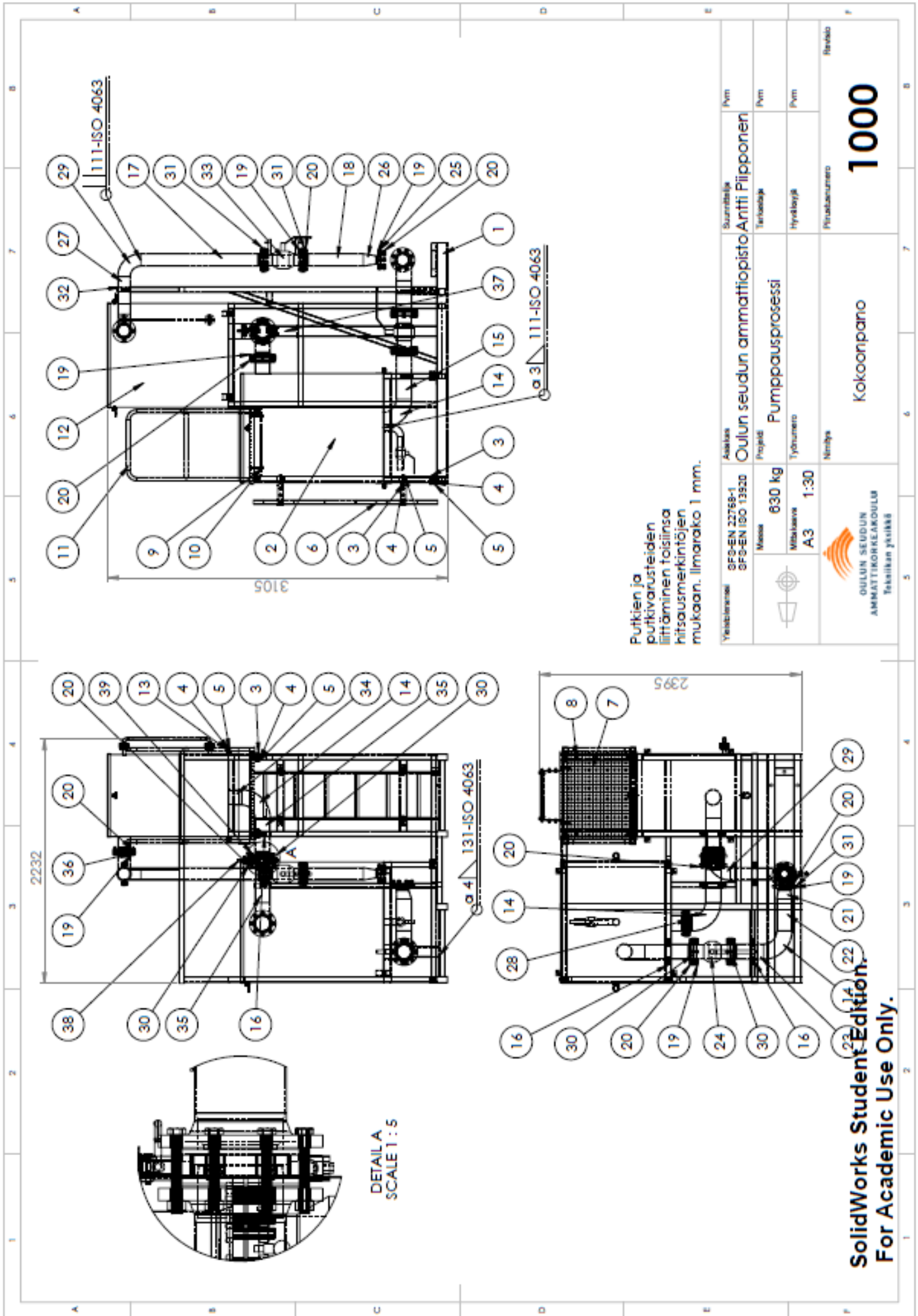
Etra Oulu, akryylilevyt ja -putket	kpl-määrä	€/kpl
Akryylilevy XT, kirkas 2 050 x 3 050 x 3 mm	1 kpl	43,34
Akryyliputki XT, kirkas 25 x 19 mm	1 kpl	13,70
Etra Oulu, yhteensä € (sis. alv 24 %)		70,73 €
Finnritilä Oy, hoitotaso + kiinnikkeet	kpl-määrä	€/kpl
PW 34 x 38 mm/25 x 3 mm, puristehitsattu, kuumasinkitty, 800 x 700 mm	1 kpl	50
J-koukku, kuumasinkitty	4 kpl	4
Finnritilä Oy, yhteensä € (sis. alv. 24 % + rahtikulut 30 €)		119,04 €
Onninen.com, putket ja putkiosat	kpl-/metrimäärä	€/kpl/m
DN 125; 139,7 x 2,0 mm EN 1.4307	2 m	50,7
DN 100; 114,3 x 2,0 mm EN 1.4307	2,2 m	41,1
DN 50; 60,3 x 2,0 mm EN 1.4307	0,08 m	22,5
Teräskäyrä 90 ° DN 125; 139,7 x 2,0 mm EN 1.4307	4 kpl	50,8
Teräskäyrä 90 ° DN 100; 114,3 x 2,0 mm EN 1.4307	2 kpl	23,2
Teräskäyrä 90 ° DN 50; 60,3 x 2,0 mm EN 1.4307	1 kpl	7,95

Kartio K, DN 100/65; 114,3 – 76,1 x 2,0 mm EN 1.4307	1 kpl	19,3
Kartio E, DN 125/100; 139,7 – 114,3 x 2,0 mm EN 1.4432	1 kpl	31
Onninen.com, yhteensä € (sis. alv 24 %)		621,82 €
Polarputki Oy, laipat	kpl-määrä	€/kpl
Hitsattava kauluslaippa, EN 1.4404 DN 125 PN 16	6 kpl	74,18
Hitsattava kauluslaippa, EN 1.4404 DN 100 PN 16	5 kpl	48,79
Hitsattava kauluslaippa, EN 1.4404 DN 65 PN 16	1 kpl	36,11
Hitsattava kauluslaippa, EN 1.4404 DN 20 PN 16	4 kpl	12,67
Polarputki Oy, yhteensä € (sis. alv 24 % + rahtikulut 73,68 €)		1 053,00 €
Naval Oy, palloventtiilit	kpl-määrä	€/kpl
Sulkuventtiili, laipallinen, kahvalla, DN 125 PN 16	1 kpl	244,3
Säätöventtiili, laipallinen, kahvalla, DN 100 PN 16	1 kpl	435,2
Sulkuventtiili, hitsattava, kahvalla, DN 50 PN 40	1 kpl	33,5
Naval Oy, yhteensä € (sis. alv 24 %)		884,12 €

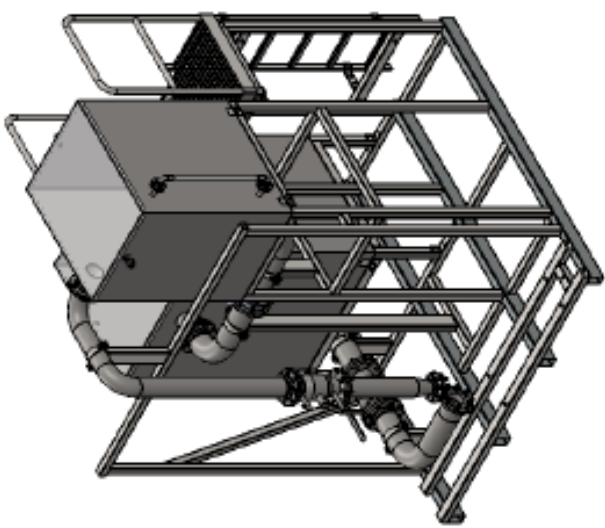
Kontram Oy, säätöventtiili + toimilaite	kpl-määrä	
GEFA läppäventtiili KG6- 2266T DN 125 PN 10/16	1 kpl	
GEFA 1-toiminen pneumaat- tinen toimilaite AP5SR	1 kpl	
GEFA KG asennuslaippa, adapteri F10/V22 STEM 22 mm	1 kpl	
LUCIFER 3/2 magneettivent- tiili, 341N01, 24 VDC	1 kpl	
Kontram Oy, yhteensä € (sis. alv. 24 %)		1 230,08 €
Spirax/Sarco Oy, pinnanmit- tausanturi, -vahvistin, - säädin	kpl-määrä	€/kpl
LP 20 anturi 1 050 mm, 1/2" BSP	1 kpl	965,65
PA 20 vahvistin	1 kpl	492,63
LC 2 650 säädin	1 kpl	1277,36
Spirax/Sarco Oy, yhteensä € (sis. alv. 24 %)		3 302,19 €
Erlatek Oy, nostokorvakkeet	kpl-määrä	€/kpl
VLBG 0,3 t M8 nostosanka	4 kpl	44,6
Erlatek Oy, yhteensä € (sis. alv 24 %)		221,22 €
Yhteensä €		10 168,88 €

Taulukko 14: Putkivirtauksen vastuskerroin λ

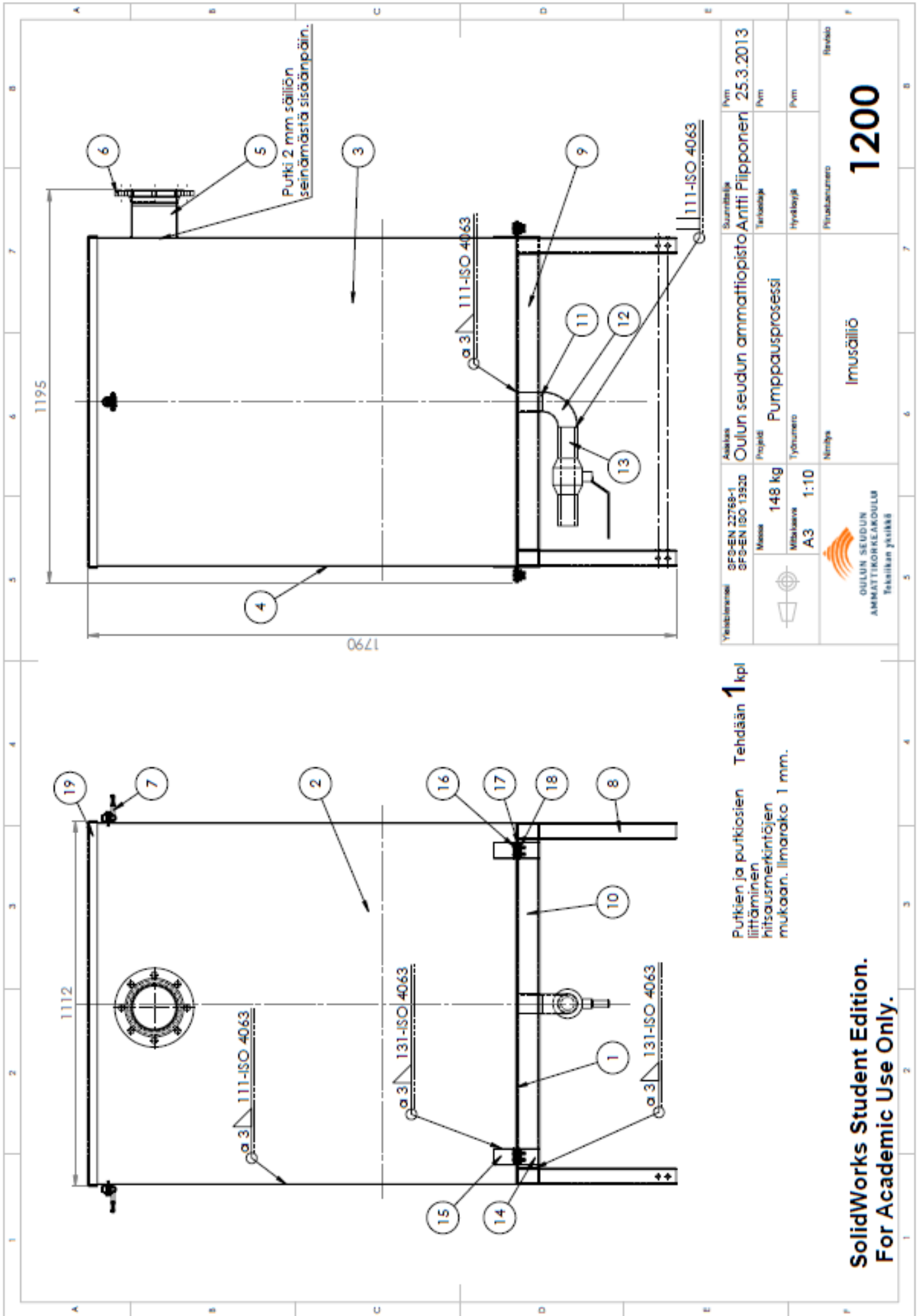




ITEM	DESCRIPTION	PART NUMBER	QTY.																																								
1	Runkorakenne	1100	1																																								
2	Imusäiliö	1200	1																																								
3	Kuusiouuvi ISO 4017 - M10 x 70		20																																								
4	Aluslaatta ISO 7089 - 10		22																																								
5	Kuusioumutteri ISO - 4032 - M10 - D		28																																								
6	Tikkaat	1300	1																																								
7	Hoitotaso	-	1																																								
8	Hoitotason kiinnike	-	4																																								
9	Aluslaatta ISO 7089 - 12		4																																								
10	Kuusioumutteri ISO - 4032 - M12 - D		4																																								
11	Kalide	1400	1																																								
12	Yläsäiliö	1500	1																																								
13	Kuusiouuvi ISO 4017 - M10 x 30		8																																								
14	Käyrä 139,7 x 2,0 mm - SF5-BN 10253-4 - Tyyppi A - 90° - BN 1.4307		4																																								
15	390 mm - Puhki - 139,7 x 2,0 mm - SF5-BN 10217-7 - BN 1.4307		1																																								
16	Tasokannatin - SF5-BN 5396 - 1 B - DN 125 x 322	1600	3																																								
17	1067 mm - Puhki - 114,3 x 2,0 mm - SF5-BN 10217-7 - BN 1.4307		1																																								
18	500 mm - Puhki - 114,3 x 2,0 mm - SF5-BN 10217-7 - BN 1.4307		1																																								
19	Kuusiouuvi ISO 4017 - M16 x 65		60																																								
20	Kuusioumutteri ISO - 4032 - M16 - D		68																																								
21	Karlio E 139,7 x 2,0 mm - 114,3 x 2,0 mm - SF5-BN 10253-4 - EN 1.4307		1																																								
22	290 mm - Puhki - 139,7 x 2,0 mm - SF5-BN 10217-7 - BN 1.4307		1																																								
23	245 mm - Puhki - 139,7 x 2,0 mm - SF5-BN 10217-7 - BN 1.4307		1																																								
24	Teräspalloventtiili - laipallinen - kahvalla - DN 125 - PN 16		1																																								
25	Laippa SF5-BN 1092-1 - Tyyppi 11 - B1 - DN 65 - PN 10 - BN 1.4307		1																																								
<table border="1"> <tr> <td>Yhteiskorkeus</td> <td>Asiakas</td> <td>Suunnittelija</td> <td>Pvm</td> </tr> <tr> <td>SF5-EN 22765-1</td> <td>Oulun seudun ammattiopisto Antti Piipponen</td> <td></td> <td>25.3.2013</td> </tr> <tr> <td>SF5-EN ISO 13920</td> <td>Projekti</td> <td>Tarkastaja</td> <td>Pvm</td> </tr> <tr> <td>Massa</td> <td>630 kg</td> <td>Pumppausprosessi</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mittakaava</td> <td>A3</td> <td>Työnumero</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>1:30</td> <td>Hyötyajä</td> <td>Pvm</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Nimitys</td> <td>Pvm</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Projektinumero</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Revisio</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Kokoontarvike</td> <td>1000</td> </tr> </table>				Yhteiskorkeus	Asiakas	Suunnittelija	Pvm	SF5-EN 22765-1	Oulun seudun ammattiopisto Antti Piipponen		25.3.2013	SF5-EN ISO 13920	Projekti	Tarkastaja	Pvm	Massa	630 kg	Pumppausprosessi		Mittakaava	A3	Työnumero			1:30	Hyötyajä	Pvm			Nimitys	Pvm			Projektinumero					Revisio			Kokoontarvike	1000
Yhteiskorkeus	Asiakas	Suunnittelija	Pvm																																								
SF5-EN 22765-1	Oulun seudun ammattiopisto Antti Piipponen		25.3.2013																																								
SF5-EN ISO 13920	Projekti	Tarkastaja	Pvm																																								
Massa	630 kg	Pumppausprosessi																																									
Mittakaava	A3	Työnumero																																									
	1:30	Hyötyajä	Pvm																																								
		Nimitys	Pvm																																								
		Projektinumero																																									
			Revisio																																								
		Kokoontarvike	1000																																								
26	Karlio K 114,3 x 2,0 mm - 76,1 x 2,0 mm - SF5-BN 10253-4 - EN 1.4307		1																																								
27	341 mm - Puhki - 114,3 x 2,0 mm - SF5-BN 10217-7 - BN 1.4307		1																																								
28	Laippa SF5-BN 1092-1 - Tyyppi 11 - B1 - DN 125 - PN 2,5 - 1.4307		1																																								
29	Käyrä 114,3 x 2,0 mm - SF5-BN 10253-4 - Tyyppi A - 90° - BN 1.4307		2																																								
30	Laippa SF5-BN 1092-1 - Tyyppi 11 - B1 - DN 125 - PN 10 - BN 1.4307		4																																								
31	Laippa SF5-BN 1092-1 - Tyyppi 11 - B1 - DN 100 - PN 10 - BN 1.4307		3																																								
32	Tasokannatin - SF5-BN 5396 - 1 B - DN 100 x 502	1700	1																																								
33	Urjasäätöventtiili - laipallinen - kahvalla - DN 100 - PN 16		1																																								
34	125 mm - Puhki - 139,7 x 2,0 mm - SF5-BN 10217-7 - BN 1.4307		1																																								
35	300 mm - Puhki - 139,7 x 2,0 mm - SF5-BN 10217-7 - BN 1.4307		2																																								
36	Laippa SF5-BN 1092-1 - Tyyppi 11 - B1 - DN 100 - PN 2,5 - EN 1.4307		1																																								
37	Tasokannatin - SF5-BN 5396 - 1 B - DN 125 x 1587	1800	1																																								
38	GEFA KG6-2266T DN125 Läppäventtiili		1																																								
39	Kuusiouuvi ISO 4017 - M16 x 120		8																																								



SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

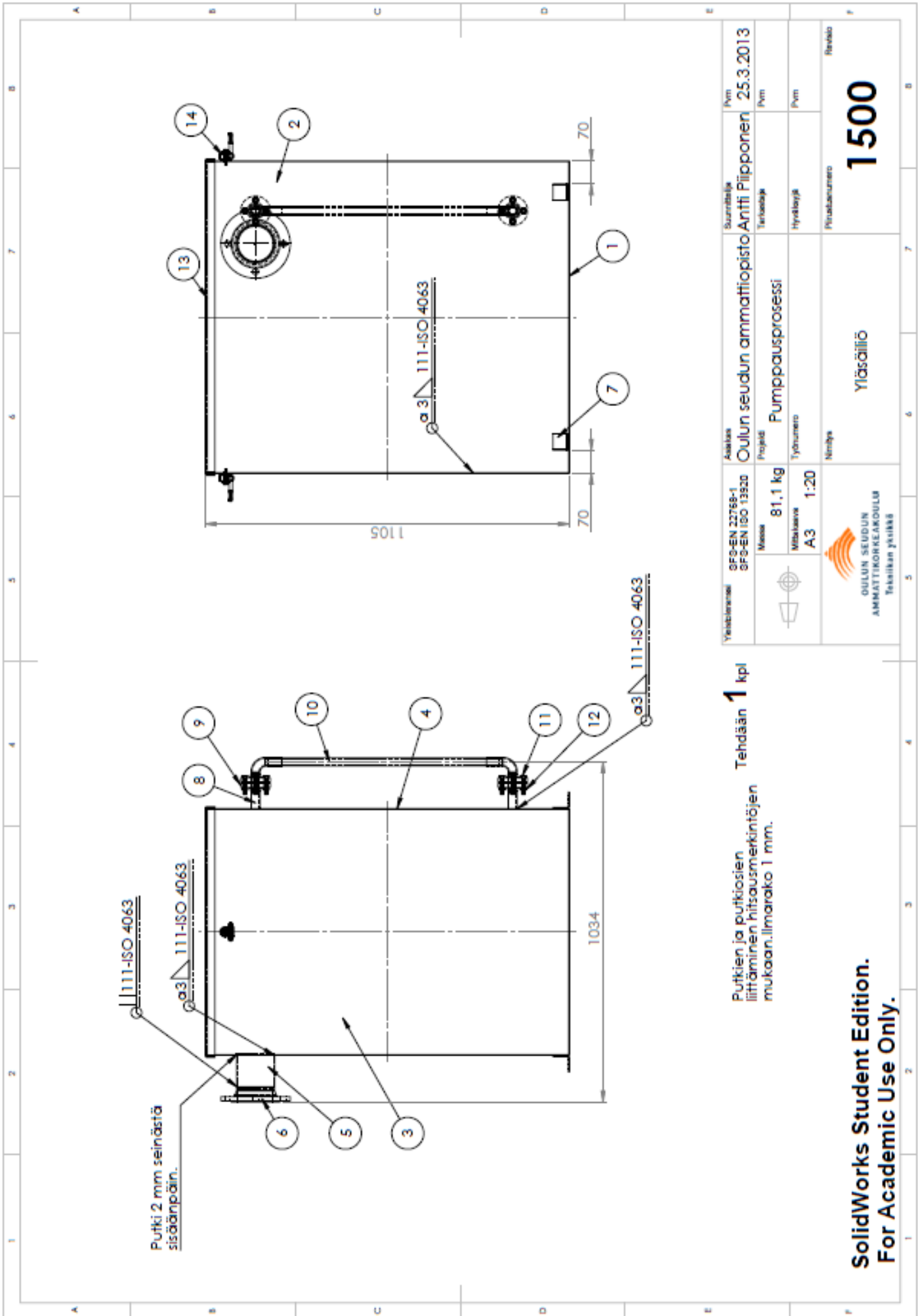


Putkien ja putkiosien
liittäminen
liittäminen
hittausmerkintöjen
mukaan. Ilmarako 1 mm.

Tehdään **1** kpl

ITEM NO.	DESCRIPTION	PART NUMBER	QTY.
1	Imusäiliön pohjalevy	1200-1	1
2	Imusäiliön aukollinen sivulevy	1200-2	1
3	Imusäiliön sivulevy	1200-3	2
4	Imusäiliön sivulevy - 1300 x 1096 x 2,0 mm - EN 1.4307		1
5	100 mm - Putki - 139,7 x 2,0 - SFS-EN 10217-7 - EN 1.4307		1
6	Loikka SFS-EN 1092-1 - Tyyppi 11 - B1 - DN 125 - PN 2,5 - EN 1.4307		1
7	VLBG 0,3 t M8, nostosankaruuvi		2
8	Imusäiliön tukijalka	1200-4	4
9	900 mm - Putkipalkki - 70 x 50 x 3,0 - SFS-EN 10219 - S235JR		2
10	1000 mm - Putkipalkki - 70 x 50 x 3,0 - SFS-EN 10219 - S235JR		2
11	80 mm - Putki - 60,3 x 2,0 - SFS-EN 10217-7 - EN 1.4307		1
12	Käyrä 60,3 x 2,0 - SFS-EN 10253-4 - Tyyppi A - 90 - EN 1.4307		1
13	Teräspalloventtiili - hitsattava - kahvalla - DN 50 - PN 40		1
14	Imusäiliön kiinnike	1200-5	4
15	Imusäiliön kiinnike	1200-6	4
16	Kuusioruuvi ISO 4017 - M10 x 30		8
17	Aluslaatta ISO 7089 - 10		8
18	Kuusiomutteri ISO - 4032 - M10 - D		8
19	Imusäiliön kanssi	1200-7	1

	<p>Yhteiskorkeus</p> <p>SFS-EN 22766-1 SFS-EN ISO 13520</p> <p>Massa 148 kg</p> <p>Mittakaava A3 1:10</p> <p>OULUN SEUDUN AMMATTIKORKEAKOULU Terveystieteiden yksikkö</p>	<p>Asiakas</p> <p>Oulun seudun ammattiopisto Antti Piipponen</p> <p>Projektin nimi</p> <p>Pumppausprosessi</p> <p>Työn numero</p> <p>Hyönteistö</p> <p>Nimi</p> <p>Imusäiliö</p>	<p>Luokka</p> <p>25.3.2013</p> <p>Yhteiskorkeus</p> <p>1200</p>
--	--	--	---

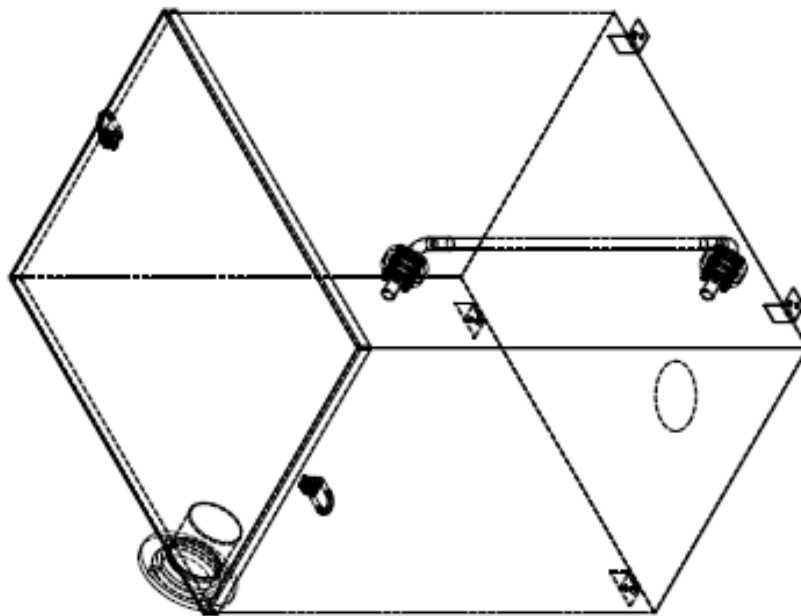


Putkien ja putkiosien
liittämiseen hitsausmerkintöjen
mukaan. Ilmarako 1 mm.


1 kpl

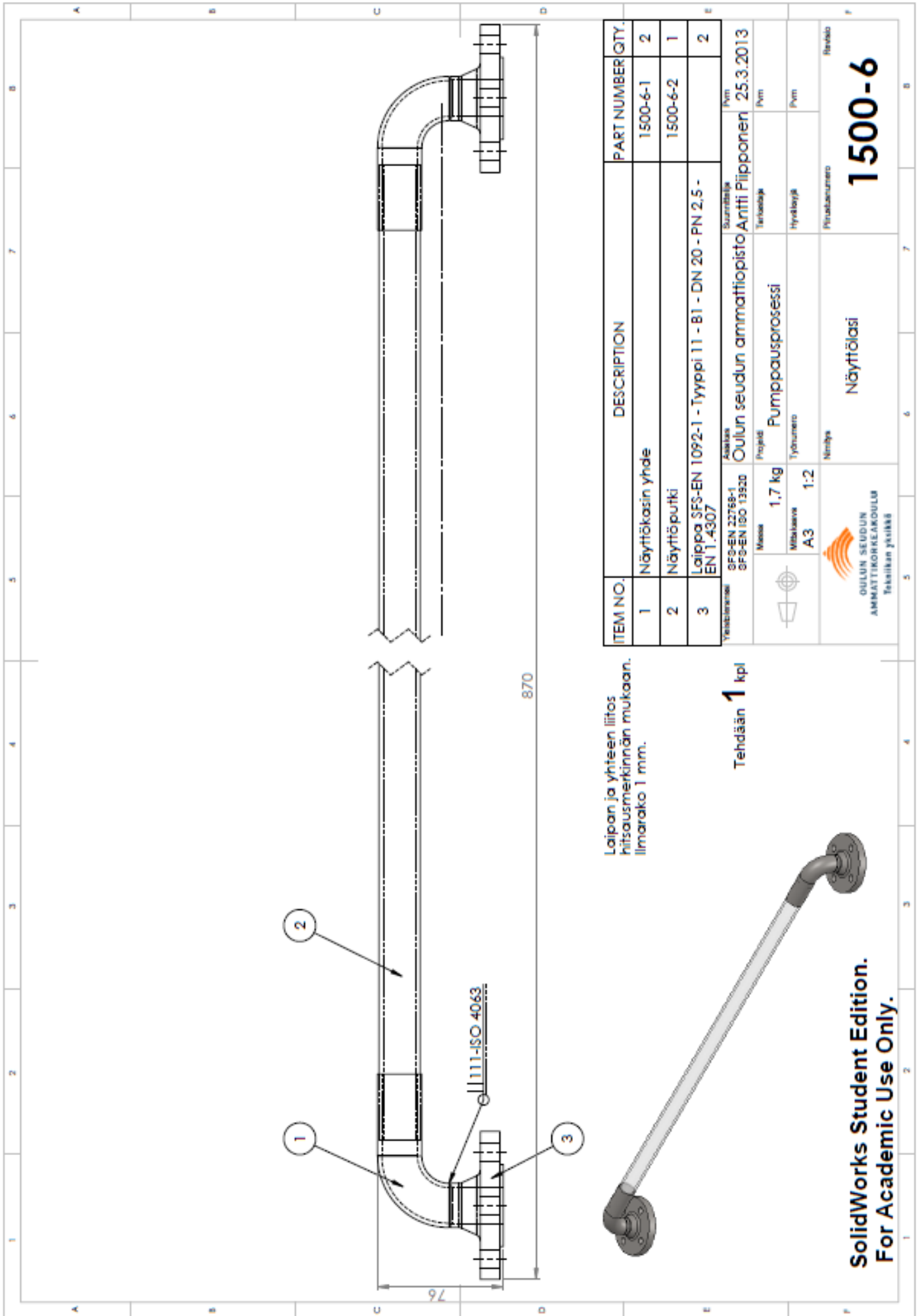
Yhteisnimitys	SFS-EN 22768-1 SFS-EN ISO 13520	Asiakas	Oulun seudun ammattiopisto Antti Piipponen	Pvm	25.3.2013
Massa	81,1 kg	Projekti	Pumppausprosessi	Tarkastaja	Pvm
Mittakaava	A3	Työnumero		Hyväksyjä	Pvm
		Nimitys	Yläsäiliö	Piirustuksen numero	1500
				Revisio	

**SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.**

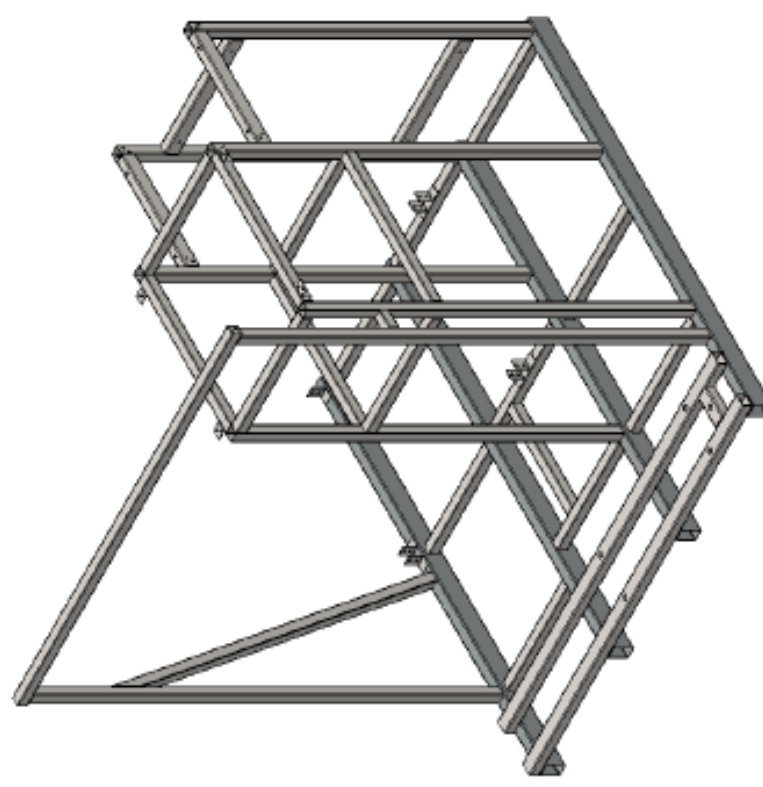



ITEM NO.	DESCRIPTION	PART NUMBER	QTY.
1	Yläsäiliön pohjalevy	1500-1	1
2	Yläsäiliön sivulevy	1500-2	1
3	Yläsäiliön sivulevy	1500-3	2
4	Yläsäiliön sivulevy	1500-4	1
5	100 mm - Putki - 114,3 x 2,0 mm - SFS-EN 10217-7 - EN 1.4307		1
6	Laiippa SFS-EN 1092-1 - Tyyppi 11 - B1 - DN 100 - PN 2,5 - EN 1.4307		1
7	Yläsäiliön kiinnike	1500-5	4
8	50 mm - Putki - 26,9 x 2,0 mm - SFS-EN 10217-7 - EN 1.4307		2
9	Laiippa SFS-EN 1092-1 - Tyyppi 11 - B1 - DN 20 - PN 2,5 - EN 1.4307		2
10	Näyttölasi	1500-6	1
11	Kuusioruuvi ISO 4017 - M10 x 50		8
12	Kuusiomutteri ISO - 4032 - M10 - D		8
13	Yläsäiliön kanssi	1500-7	1
14	VLBG 0,3 t M8, nostosankaruuvi		2

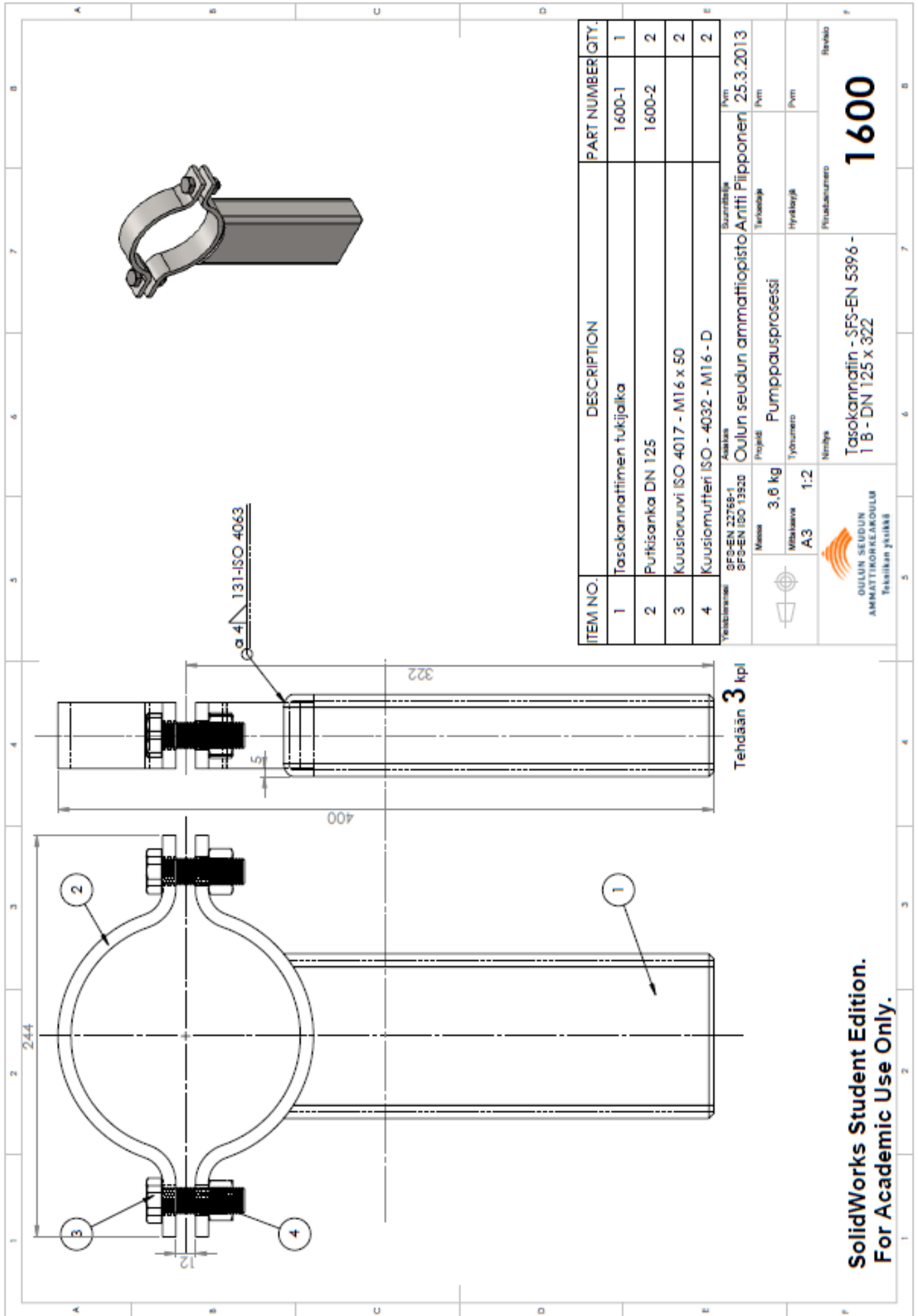
<p>Yhteystiedot</p> <p>SFS-EN 22766-1 SFS-EN ISO 13520</p>	<p>Asiakas</p> <p>Oulun seudun ammattiopisto Antti Piipponen 25.3.2013</p>	<p>Suunnittaja</p> <p>Tekijä</p>	<p>Pvm</p> <p>25.3.2013</p>
<p>Massa</p> <p>81,1 kg</p>	<p>Projekt</p> <p>Pumppausprosessi</p>	<p>Tekijä</p> <p>Hyönteys</p>	<p>Pvm</p>
<p>Mittakaava</p> <p>A3 1:20</p>	<p>Työnumero</p>	<p>Hyönteys</p>	<p>Pvm</p>
<p></p> <p>OULUN SEUDUN AMMATTIKORKEAKOULU Terveystieteiden yksikkö</p>	<p>Nimi</p> <p>Yläsäiliö</p>	<p>Projektinumero</p> <p>1500</p>	<p>Revisio</p>



ITEM NO.	DESCRIPTION	PART NUMBER	QTY.
1	2200 mm - Putkipalkki - 100 x 60 x 3,0 mm - SFS-EN 10219 - S235JR		4
2	Pumpun asennuspalkki	1100-1	2
3	Pumpun asennuspalkki	1100-2	1
4	640 mm - Putkipalkki 50 x 50 x 2,0 mm - SFS-EN 10219 - S235JR		3
5	605 mm - Putkipalkki - 50 x 50 x 2,0 mm - SFS-EN 10219 - S235JR		6
6	590 mm - Putkipalkki - 50 x 50 x 2,0 mm - SFS-EN 10219 - S235JR		1
7	1900 mm - Putkipalkki - 50 x 50 x 2,0 mm - SFS-EN 10219 - S235JR		4
8	850 mm - Putkipalkki - 50 x 50 x 2,0 mm - SFS-EN 10219 - S235JR		4
9	650 mm - Putkipalkki - 50 x 50 x 2,0 mm - SFS-EN 10219 - S235JR		4
10	Kaiteen ja tikkaiden asennuspalkki	1100-3	2
11	Kaiteen ja hoitotason asennuspalkki	1100-4	2
12	Tikkaiden asennuspalkki	1100-5	2
13	2300 mm - Putkipalkki - 50 x 50 x 2,0 mm - SFS-EN 10219 - S235JR		2
14	2100 mm - Putkipalkki - 50 x 50 x 2,0 mm - SFS-EN 10219 - S235JR		1
15	100 mm - Putkipalkki - 50 x 50 x 2,0 mm - SFS-EN 10219 - S235JR		1
16	Vinotutkipalkki	1100-6	1
17	Imusäiliön runkokiinnike	1100-7	7
18	Yläsäiliön runkokiinnike	1100-8	4

	<p>Yhteiskäyttö</p> <p>SFS-EN 22766-1 SFS-EN ISO 13920</p> <p>Asiakas Oulun seudun ammattiopisto Antti Piipponen 25.3.2013</p> <p>Projekti Pumppausprosessi</p> <p>Massa 246 kg</p> <p>Mittakaava A3 1:20</p> <p>Työnumero Hyötyajaja</p> <p>Verkkosivusto Pumppausprosessi</p> <p>Yhteystiedot OULUN SEUDUN AMMATTIKORKEAKOULU Tehtävän johtaja</p>
--	--

	<p>Runkorakenne</p> <p>1100</p>
--	---



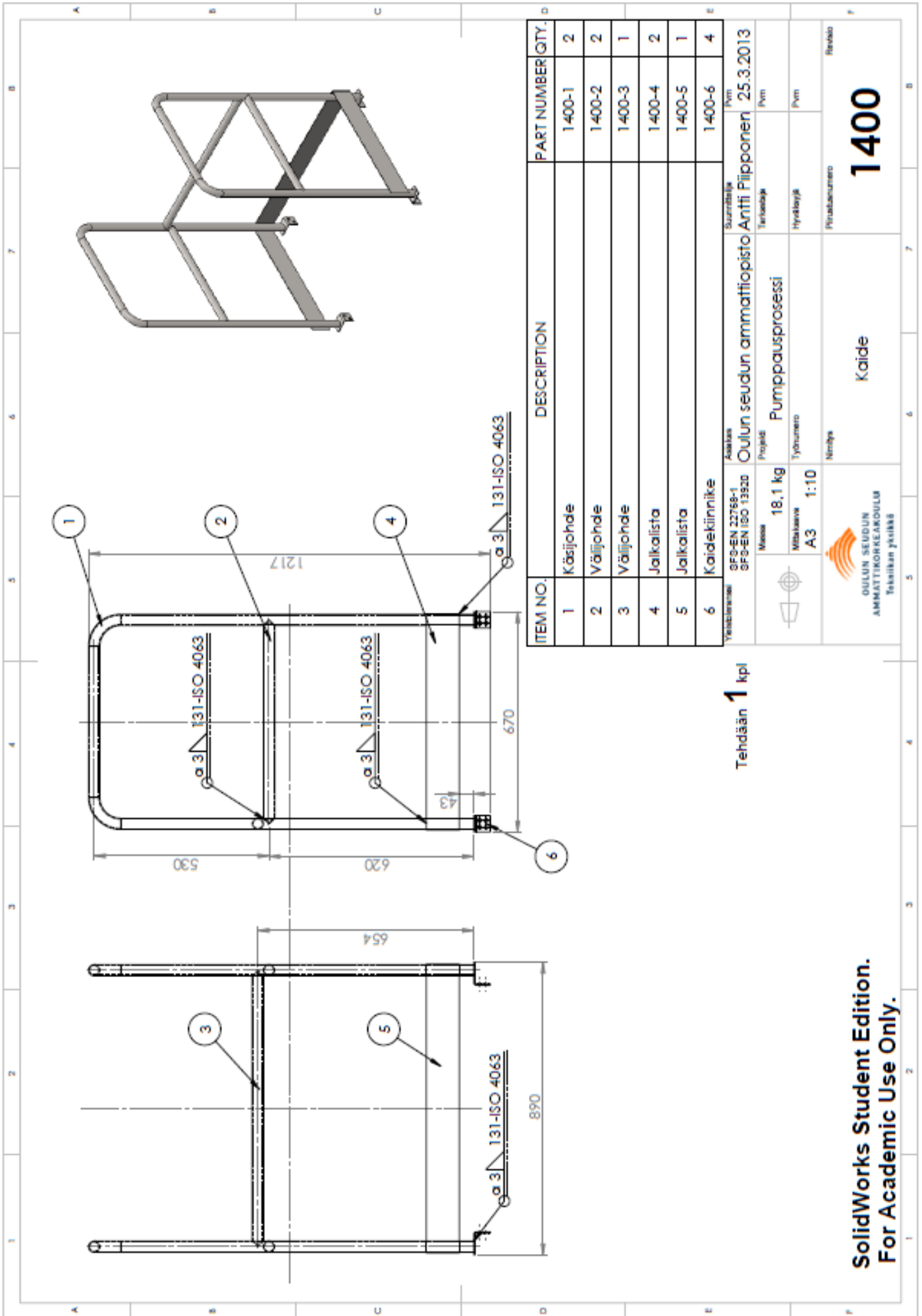
Tehdään **3** kpl

ITEM NO.	DESCRIPTION	PART NUMBER	QTY.
1	Tasokannattimen tukijalka	1600-1	1
2	Putkisanka DN 125	1600-2	2
3	Kuusioruuvi ISO 4017 - M16 x 50		2
4	Kuusiomutteri ISO - 4032 - M16 - D		2

Yhteiskokoonpano	Asiakas	Suunnittelija	Pvm
SFS-EN 22768-1	Oulun seudun ammattiopisto	Antti Piipponen	25.3.2013
SFS-EN ISO 13520	Projekti	Tekijä	Pvm
	3,8 kg	Pumppausprosessi	
	Mittakaava	Työnumero	Pvm
	A3	1:2	
		Nimitys	Pivotausnumero
			1600
			Revisio

<p>OULUN SEUDUN AMMATTIKORKEAKOULU Tekniikan yksikkö</p>	<p>Tasokannatin - SFS-EN 5396 - 1 B - DN 125 x 322</p>
--	--

**SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.**

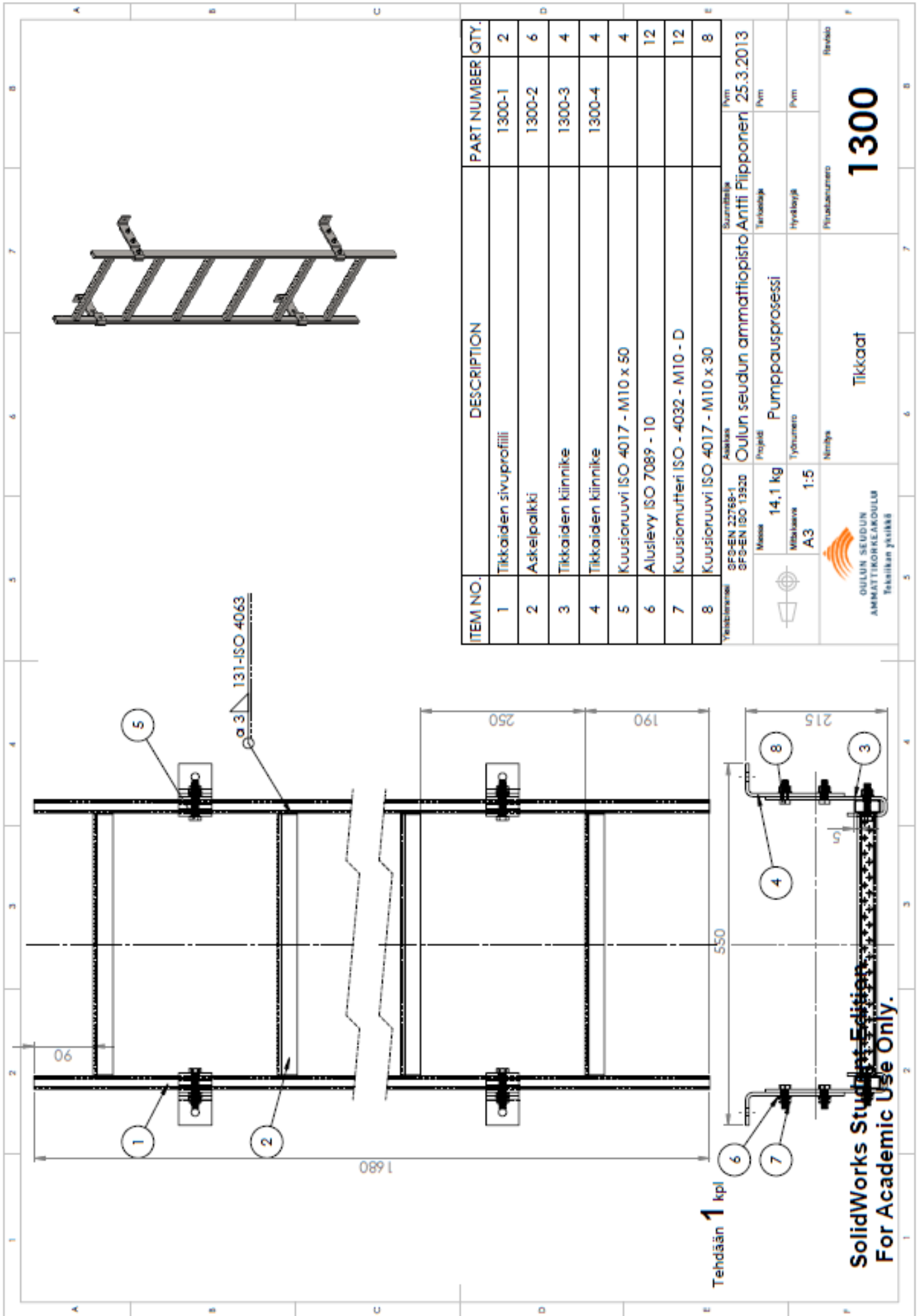


ITEM NO.	DESCRIPTION	PART NUMBER	QTY.
1	Käsijohde	1400-1	2
2	Välijohde	1400-2	2
3	Välijohde	1400-3	1
4	Jalkalista	1400-4	2
5	Jalkalista	1400-5	1
6	Kaidekiinnike	1400-6	4

Tehdään **1** kpl

Yrityksen nimi SFS-EN 22766-1 SFS-EN ISO 13920	Asiakas Oulun seudun ammattopisto Antti Piipponen	Suunnittelija Antti Piipponen	Pvm 25.3.2013
Massa 18,1 kg	Projektin nimi Pumpausprosessi	Tekijä Antti Piipponen	Pvm
Mittakaava A3 1:10	Työnumero Pumpausprosessi	Hyväksyjä Antti Piipponen	Pvm
OULUN SEUDUN AMMATTIKORKEAKOULU Tekniikan yksikkö	Nimi Kaide	Piirustuksen numero 1400	Revisio Revisio

**SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.**



ITEM NO.	DESCRIPTION	PART NUMBER	QTY.
1	Tikkaiden sivuprofiili	1300-1	2
2	Askelpalkki	1300-2	6
3	Tikkaiden kiinnike	1300-3	4
4	Tikkaiden kiinnike	1300-4	4
5	Kuusioruuvi ISO 4017 - M10 x 50		4
6	Aluslevy ISO 7089 - 10		12
7	Kuusiomutteri ISO - 4032 - M10 - D		12
8	Kuusioruuvi ISO 4017 - M10 x 30		8

Yhteystiedot
 SF5-EN 22766-1
 SF5-EN ISO 13920
 Oulun seudun ammattiopisto Antti Piipponen 25.3.2013

Asiakas
 Oulun seudun ammattiopisto Antti Piipponen 25.3.2013

Projektin tiedot
 Projekti: Pumpausprosessi
 Työnumero: Pvm
 Nimi: Pvm

Massa 14,1 kg
Mittakaava A3 1:5
Verkkö

Yhteystiedot
 OULUN SEUDUN AMMATTIKORKEAKOULU
 Tehtävän ylläpitäjä

1300
 Tikkat

Tehdään 1 kpl

SolidWorks Student Edition
For Academic Use Only.

PART LIST	
SÄILIÖ B-001	V=1,4 m ³
SÄILIÖ B-002	V=0,6 m ³
SULKUVENTTILII DN 125 PN 16	HA-124
SÄÄTÖVENTTILII DN 100 PN 16	HA-125
SÄÄTÖVENTTILII DN 125 PN 16	HA-126
SÄÄTÖVENTTILII DN 125 PN 16 TOIMILAITTEELLA	1-CV-1
PUMPPU P-001	Q=15 l/s, H=5 m, n=1440 rpm

Drawing Name <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">PI-KAAVIO</p>
--

Project Name and Address Pumppausprosessi OSAD Kotkantie 2 A2 90250 OULU

Date	28.4.2013	OAMK Tekniikan Yksikkö
Drawing No.	1000	
Author	Antti Piiipponen	

