

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma

Jussi Saari

Polttoöljyn jakelujärjestelmän suunnittelu ja toteutus

Insinööri työ 20.5.2009

Ohjaaja: asennuspäällikkö Jarmo Lehtonen
Ohjaava opettaja: lehtori Erkki Sainio

Tekijä Otsikko	Jussi Saari Polttoöljyn jakelujärjestelmän suunnittelu ja toteutus
Sivumäärä Aika	58 sivua 20.5.2009
Koulutusohjelma	Talotekniikka
Tutkinto	insinööri (AMK)
Ohjaaja Ohjaava opettaja	asennuspäällikkö Jarmo Lehtonen lehtori Erkki Sainio
<p>Insinööriyön aiheena on polttoöljyn jakelujärjestelmän suunnittelu ja toteutus. Tavoitteena oli luoda asiakirja, joka helpottaa ja opastaa palavan nesteen putkistoa asentavaa urakoitsijaa. Tarkoituksena on tutustuttaa lukija polttoöljyjärjestelmän komponentteihin ja antaa perusteet polttoöljyn jakelujärjestelmän suunnitteluun ja mitoittamiseen.</p> <p>Työssä käytiin polttoöljyjärjestelmän suunnitteluperusteet läpi ja kuvailtiin laitteiston rakenne. Tehtävänä oli perehtyä polttoöljyjärjestelmän toimintaan sekä esitellä järjestelmässä olevat komponentit. Insinööriyössä tutustuttiin vaatimuksiin ja määräyksiin, jotka ovat voimassa Suomessa toteutettavalle palavan nesteen putkistolle. Lähdeaineistona käytettiin Standardisoimisliiton ja Turvatekniikan keskuksen luomien asiakirjojen lisäksi kokeneen prosessisuunnittelijan sekä pitkäaikaisen polttoöljyjärjestelmän käytönvalvojan haastatteluita.</p> <p>Polttoöljyjärjestelmän toteutusta käsiteltiin sekä teoriassa että käytännössä soveltaen standardien asettamia määräyksiä. Käytännön esimerkin avulla kuvattiin järjestelmän toteutuksessa kohdatut haasteet ja vaikeudet sekä tutustuttiin palavan nesteen aiheuttaman räjähdysvaaran muodostumiseen esimerkkikohteessa. Esimerkkikohteena oli junien tankkausjärjestelmä Helsingin varikon alueella Ilmalan ratapihalla. Järjestelmän toteuttajana on Tekmanni Oy, joka on myös tämän insinööriyön tilaaja.</p> <p>Insinööriyön lopputuloksena syntyi opas, jonka avulla palavan nesteen putkiston valmistus on helpompaa ja toteutuksessa kohdattavat ongelmat voidaan minimoida. Asiakirja antaa valmiudet suunnitella ja mitoittaa polttoöljyputkisto ja -laitteisto. Insinööriyön sivutuotteena luotiin urakan aikataulu ja kerättiin luovutusmateriaali, mikä osaltaan helpottaa Tekmannin projektihenkilöstön työtä.</p>	
Hakusanat	polttoöljyjärjestelmä, palava neste, putkisto, standardi, vaatimus

Author Title	Jussi Saari Planning and implementation of a fuel oil delivery system
Number of Pages Date	58 20 May 2009
Degree Programme	Building Services Engineering
Degree	Bachelor of Engineering
Instructor Supervisor	Jarmo Lehtonen, Installation Manager Erkki Sainio, Senior Lecturer
<p>The topic of this final year project was planning and implementation of a fuel oil delivery system. The aim was to create a document which gives advice to a contractor about combustible fluid plumbing.</p> <p>The idea of this thesis was to introduce a reader to the sizing basics of the hardware planning and components of the system. The standards and requirements which are valid to planning and implementation of a fuel oil delivery system in Finland were considered in this document.</p> <p>The source material which was used in this final year project were publications of the Finnish Standardization Federation and Security Measure Exchange. An experienced process-planner and fuel oil supervisor were also interviewed for this thesis.</p> <p>The implementation of a fuel oil delivery system was dealt with both in theory and practice. With hands-on experience it was easier to describe the challenges and problems in plumbing implementation. According to the standards, an estimation had to be carried out about the actual danger of explosion caused by combustible fluid plumbing. An example target was train refueling hardware in the Helsinki depot situated in Ilmala. An example pipe system was carried out by Tekmanni Ltd, which is also the client of this final year project.</p> <p>The outcome of the project was a document written to guide pipe contractors to avoid and minimize problems in the manufacturing of fuel oil delivery plumbing. Into this thesis, the sizing and planning basics of a fuel oil system were gathered. Beside this project a schedule of the example contract was created and hardover documents to authorities were collected.</p>	
Keywords	fuel oil delivery system, combustible fluid, plumbing, standard, requirement

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

1 Johdanto	6
2 Polttoöljyjärjestelmä	7
2.1 Käyttötarkoitus	7
2.2 Rakenne ja toiminta	7
3 Polttoöljyjärjestelmän suunnittelu	9
3.1 Yleistä	9
3.2 Mitoitusperusteet ja käyttövirtaamat	10
4 Palavan nesteen putkiston toteutuksen vaatimukset	12
4.1 Hitsaajan pätevyysvaatimus	12
4.2 Putkiston materiaali- ja pintakäsittelyvaatimukset	12
4.3 Polttoöljyn aiheuttama räjähdysvaara	13
4.3.1 Räjähdyksivaaralliset tilat	13
4.3.2 Vaaran arviointi ja tilaluokitus	13
4.3.3 Kevyt polttoöljy vaarallisena aineena	14
4.4 Putkiston painekoe	15
5 Ilmalan lähtöratapihan polttoöljyjärjestelmä	16
5.1 Historia	16
5.2 Yleistä	16
5.3 Uuden huoltotason polttoöljyjärjestelmä	18
5.4 Uuden huoltotason polttoöljyjärjestelmän suunnittelu	19
6 Ratapihan öljyjärjestelmän komponenttiesittely	21
6.1 Yleistä	21
6.2 Öljysäiliöt	23
6.3 Pumppaamon komponentit	24
6.3.1 Sulku- ja takaiskuventtiilit	24
6.3.2 Öljynsuodattimet	26
6.3.3 Pumput	28
6.3.4 Ylivirtausventtiili	30

6.3.5	Öljyn virtaus- ja painemittarit	31
6.4	Runkolinjan komponentit	33
6.4.1	Hydraulisesti ohjautuva moottoriventtiili	33
6.4.2	Sähköinen moottoriventtiili.....	34
6.4.3	Pneumaattinen moottoriventtiili.....	35
6.4.4	Vastapaineventtiili	37
6.4.5	Paljetasain	38
6.5	Tankkauspuheen komponentit	40
6.5.1	Teräspunosletku	40
6.5.2	Magneetti- ja varoventtiili.....	41
6.5.3	Öljyletku ja junaliitin	43
7	Ratapihan öljyjärjestelmän toteutus urakoitsijan näkökulmasta	45
7.1	Urakan aikataulut	45
7.2	Materiaalihankinnat ja putkiston pintakäsittely.....	46
7.3	Räjähdyksvaaran arviointi Ilmalassa.....	46
7.4	Putkiston painekoe	47
7.5	Luovutusmateriaali	48
8	Yhteenveto	49
	Lähteet.....	51
	Liitteet	
	Liite 1: Hitsaajan pätevyystodistuksen asiakirjamalli	52
	Liite 2: Pätevyyskokeen tarkastuspöytäkirjan asiakirjamalli	53
	Liite 3: Öljyjärjestelmän toteutuksen aikataulu	54
	Liite 4: Materiaalin aineodistuslähetteen asiakirjamalli	55
	Liite 5: Materiaalin aineodistuksen asiakirjamallit	56
	Liite 6: Putkiston painekoepöytäkirjan asiakirjamalli	58

1 Johdanto

Insinööriyössä tutustutaan polttoöljyjärjestelmään ja siihen liittyvään laitteistoon polttoaineen jakelussa. Tarkastelun kohteena on palavan nesteen putkistoon liittyvät määräykset, vaatimukset ja standardit. Työssä kuvataan öljyjärjestelmän suunnittelu- ja mitoitusperusteet, toimintaperiaate ja rakenne. Työn alkuosassa kerrotaan palavan nesteen putkiston vaiheittaisesta etenemisestä suunnittelijan pöydältä käyttäjää palvelevaksi järjestelmäksi. Työn loppuosassa teoriaa sovelletaan käytäntöön käymällä läpi esimerkkikohteen polttoöljyjärjestelmän toteutus.

Esimerkkikohteena käsitellään Tekmanni Oy:n toteuttamaa polttoöljyjärjestelmää Helsingin Ilmalan lähtöratapihalla. Kohteeseen rakennetaan öljynjakelujärjestelmää, jonka avulla huolehditaan junien polttoainetankkauksesta. Öljyjärjestelmäurakan tilaajana on Ratahallintokeskus (RHK) ja järjestelmän käyttäjänä toimii VR Osakeyhtiö (VR). Esimerkin kautta on perehdytty polttoöljyjärjestelmään tarkemmin, ja sitä kautta saatu hyödyllistä käytännön tietoutta palavan nesteen putkiston toteutuksesta. Käytännön havainnollistuksen kautta on sovellettu vaatimuksia ja määräyksiä todelliseen tilanteeseen. Insinööriyössä esitellään Ilmalan lähtöratapihan öljynjakelujärjestelmän laitteet ja rakenne sekä kuvataan urakoitsijan näkökulmasta palavan nesteen putkiston toteutusta, toteutuksen haasteita ja kohdattuja vaikeuksia.

Tämän insinööriyön tilaajana on Tekmanni Oy. Tilaajan motivaatio on palavan nesteen putkiston toteutuksessa kohdattavien ongelmien väistäminen ja ennaltaehkäisy tulevilla kohteilla. Työn pääasiallinen tavoite on luoda asiakirja, joka opastaa palavan nesteen putkistoa toteuttavaa urakoitsijaa, ja lisäksi tavoitteena on antaa lukijalleen perustiedot öljynjakelujärjestelmän suunnittelusta ja toteutuksesta.

2 Polttoöljyjärjestelmä

2.1 Käyttötarkoitus

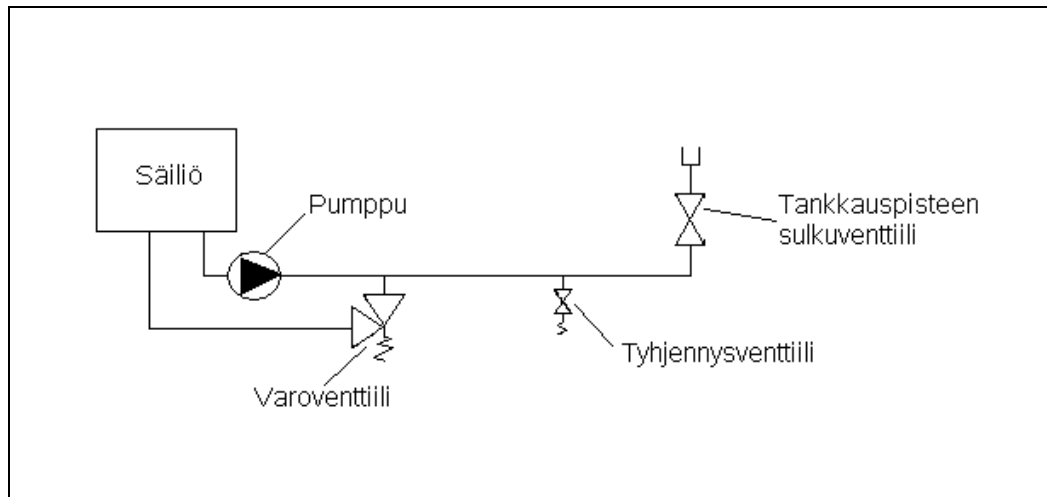
Polttoöljyjärjestelmiä voidaan asentaa erilaisiin kiinteistöihin, teollisuuden käyttöön ja laitteistokokonaisuuksiin. Öljyjärjestelmän käyttötarkoitus on kuljettaa polttoneste varastoitavasta tilasta tai säiliöstä öljylaitteen käyttöön. Öljylaitteita ovat esimerkiksi polttomoottorit ja öljypolttimet. Näkyvimpiä polttoöljyjärjestelmiä tavallisen kuluttajan elämässä ovat polttoaineenjakelelaitteet huoltoasemilla ja lämmitysratkaisut öljylämmitteisissä kiinteistöissä. Lämmitysjärjestelmäratkaisuihin ja raskaan polttoöljyn sovelluksiin ei kiinnitetä tässä työssä huomiota, vaan työn painopiste on kevyen polttoöljyn polttoaineenjakelelaitoksissa.

2.2 Rakenne ja toiminta

Polttoaineverkosto rakentuu normaalissa tapauksessa seuraavasti. Polttoaine säilötään varastointiin tarkoitettussa maanpäällisessä tai maahan asennetussa säiliössä. Säiliöstä lähtevässä putkessa on pumppu, joka mahdollistaa polttonesteen virtauksen ja paineen. Pumpun painetuotto ja putkiston koko määräävät tankkauspisteeltä saatavan virtaaman. Pumpun käyntiä ohjataan yleensä kahdella tavalla, joko mekaanisella käsikytkimellä tai sähköisellä kytkimellä. Käsikytkimellä ohjatussa pumpussa on mekaaninen asentokytkin, jossa on asennot *Käy* ja *Seis*. Sähköisestä ohjauksesta esimerkkejä ovat painekytkimeltä tai moottoriventtiililtä saatavan tilatiedon mukaan käyvät pumput. Sähköisesti pumpun käyntiä voi ohjata myös puhelimella, jolla annetaan haluttu komento käynnistys tai pysäytys joko soittamalla tai tekstiviestillä.

Pumpusta katsottuna linjan toisessa päässä eli polttoaineen tankkauspisteessä on venttiili, jolla saadaan virtaus putkessa pysäytettyä. Säiliön, pumpun ja sulkuventtiilin lisäksi järjestelmä varustetaan tyhjennysventtiilillä ja varolaitteella. Tyhjennysventtiili tarvitaan, jos putkistoa ei pystytä tyhjentämään tankkauspisteestä. Verkostossa oleva varolaite estää putkiston repeämisen putkiston paineen noustessa liian suureksi. Varolaite eli esimerkiksi varoventtiili purkaa tarvittaessa öljyn takaisin järjestelmän

omaan säiliöön tai erilliseen varosäiliöön riippuen, mikä varoventtiilin ylivirtausputken takana on. Paineen noustessa yli asetusarvon vesijärjestelmissä varoventtiili purkaa ylimääräisen veden maahan, mutta öljyjärjestelmissä tämä ei tule kyseeseen ympäristön saastumisen vuoksi. [1.] Kuvassa 1 on yksinkertaistettu toimintakaavio tankkausjärjestelmästä.



Kuva 1. Tankkausjärjestelmän yksinkertaistettu toimintakaavio.

Kuvassa 1 mainitut viisi putkistovarustetta ovat peruskomponentit, jotka polttoaineen jakelujärjestelmässä tulee yleensä olla. Näiden lisäksi järjestelmässä voi olla lisävarusteena ylitäytönestin, joka pysäyttää virtauksen säiliön tullessa täyteen. Toisena lisävarusteena järjestelmä voidaan varustaa magneetti- tai moottoriventtiileillä, jotka rajoittavat nesteen virtausta ohjatun toiminnan seurauksena. Lisävarusteiden avulla tankkaustapahtumasta tulee turvallisempi ja helpompi.

3 Polttoöljyjärjestelmän suunnittelu

3.1 Yleistä

Polttoöljyjärjestelmän suunnittelu lähtee liikkeelle tarpeiden määräytyksestä. Kolme keskeisintä kysymystä suunnittelun alkuvaiheessa ovat seuraavat [1]:

1. Kuinka nopeasti tankattavan kohteen säiliö halutaan täyteen?
2. Kuinka montaa kohdetta tankataan yhtä aikaa?
3. Kuinka paljon resursseja on käytettävissä?

Vanhan järjestelmän laajennuksen suunnittelussa resurssit ovat järjestelmästä saatavia ominaisuuksia, kuten pumpun painetuotto ja runkolinjan koko. Uutta järjestelmää suunniteltaessa järjestelmän ominaisuudet ovat suunnittelijan päätettävissä, mutta tällöin resurssit käsitetään käytettävissä olevina kustannuksina.

Suunnittelussa on varmistettava, että putkisto-osat ja varusteet kestävät normaalikäytössä niihin kohdistuvat mekaaniset, kemialliset ja lämpötilojen vaihteluiden aiheuttamat rasitukset. Putkiston sisällön syövyttävyyden otettava huomioon rakenneaineen valinnassa tai vaihtoehtoisesti putkisto on sisäpuolisesti suojattava korroosiolta. [2, s. 2–4.]

Suunnitteluvaiheessa putkisto tulee varustaa tarpeellisilla sulku- ja tyhjennyslaitteilla erillisten putkien tai putkistossa olevien laitteiden käyttöönottamista, käyttöä tai käytöstä poissulkemista ja erottamista varten. Putkisto on varustettava luotettavalla varolaitteella, jos esiintyvä paine voi ylittää suurimman sallitun käyttöpaineen. Varolaite on asennettava jokaiseen putkiston osaan, joka on sulkulaittein erotettu muusta putkistosta. Putkisto tulee varustaa riittävän turvallisen käytön edellyttämiseksi tarvittavalla määrällä paine- ja lämpömittareita. Sijoitusta ei ole mittareille tarkasti määrätty, mutta paine ja lämpötila täytyy olla todettavissa ainakin yhdestä paikasta. Lämpömittareita täytyy asentaa putkistoon lämpötilan kohoamisen vaaran ollessa olemassa, mikä tarkoittaa käytännössä eristettyjä ja sähkösaatettuja putkistoja. Suunnittelussa painemittareita tulisi sijoittaa molemmille puolille laitteita, joiden

toiminta voidaan todeta painetiedosta. Esimerkiksi vastapaineventtiilin toimintaa ei voida todeta, jos vallitsevan paineen arvoja ei tiedetä. [2, s. 2–4.]

Putkiston suunnittelussa ja laitteiden valinnassa on otettava huomioon suurin mahdollinen käyttöpaine. Suurin sallittu käyttöpaine ei saa ylittää putkiston osan, putkistovarusteen tai putkistoon liitetyn painesäiliön suunnittelupainetta tai paineluokasta määräytyvää painetta. Putkistossa esiintyvät paineiskut on otettava huomioon putkiston mitoituksessa. Järjestelmään on suunniteltava käytettäväksi paineiskun tasaajia tai muulla tavoin estettävä virtausnopeuden äkillinen muuttuminen. [2, s. 2–4.]

3.2 Mitoitusperusteet ja käyttövirtaamat

Polttoöljyjärjestelmän suunnittelussa käytetään järjestelmäkohtaista mitoitusta, joka määräytyy lähtötietojen perusteella. Suunnittelun merkittävimmät mitoitusperusteet ovat seuraavat [1]:

- Tankkauspisteestä saatava/haluttu virtaama
- Tankkauspisteiden yhtäaikaisuuden käyttöaste
- Pumpun painetuotto
- Putkiston koko
- Virtausnopeus putkessa
- Putkiston painehäviö/m
- Painehäviötä tuottavat komponentit ja putkiyhteet.

Käyttövirtaama tarkoittaa sitä litramäärää aikayksikössä, joka on käytettävissä tankkauspisteessä. Yhtäaikaisuuden käyttöaste tarkoittaa yhtä aikaa tankattavien kohteiden lukumäärää. Haluttu käyttövirtaama ja yhtäaikaisuuden käyttöaste määräävät, kuinka paljon resursseja järjestelmän toteuttamiseen tarvitaan [1].

Uuden jakelujärjestelmän suunnittelussa voidaan putkisto ja pumppu mitoittaa vapaasti tarpeiden mukaan huomioon ottaen käytettävissä olevat resurssit, kun vanhaan järjestelmään liityttäessä on usein tyydyttävä käytettävissä olevaan painetuottoon ja

putkiston runkolinjan kokoon. Tankkauspisteeltä halutut käyttövirtaamat suunnitellaan yleensä sen mukaan, kuinka suuri tankattavan kohteen säiliö on ja kuinka kauan tankkaukseen saa kulua aikaa [1]. Vanhan järjestelmän suunnittelussa on myös tärkeää selvittää, minkälaisia virtaamia on mahdollista saada käyttöön jo olemassa olevalla laitteistolla. Tankkauksen kestoja ei ole kuitenkaan järkevää minimoida määrättömästi, koska putkikokojen ja pumpun tehon kasvaessa sekä hankinta- että käyttökustannukset nousevat merkittävästi.

Polttoöljyjärjestelmää suunniteltaessa on vertailtava, mikä on kustannuksiin rinnastettuna ominaisuuksiltaan paras vaihtoehto. Järjestelmän tarpeiden määrittämisen jälkeen suunnittelussa aletaan miettiä sopivaa ratkaisua kustannuksien ja järjestelmästä haluttujen ominaisuuksien välillä. Suunniteltaessa järjestelmää, jota saatetaan tulevaisuudessa kasvattaa, kannattaa mitoituksessa noudattaa väljän mitoituksen ideologiaa ja jättää jonkin verran putkistolle laajennusvaraa. Tällä tavoin ehkäistään laitteiston välitön uusimistarve laajennuksen tullessa eteen.

4 Palavan nesteen putkiston toteutuksen vaatimukset

4.1 Hitsaajan pätevyysvaatimus

Putkiston hitsaajalla tulee olla voimassa oleva pätevyys- eli luokkahitsaustodistus palavan nesteen putkiston hitsaukseen. Hitsaajan täytyy hitsata pätevyyskokeessa koesaumot, jonka jälkeen koekappaleet tarkastetaan muun muassa murtolujuus- ja taivutuskokeen avulla. Kaikkien kappaleiden läpäistyä tarkastuksen hitsaajalle myönnetään pätevyystodistus.

Standardin mukaan palavan nesteen putkiston hitsaussaumot kuvataan radiografisesti, jos putkikoko on kooltaan DN 100 tai suurempi. Edellä mainitun tarkastuksen voi tehdä myös ultraäänikuvauksella. Putkiston ollessa kooltaan pienempi kuin DN 100 hitsaussaumoja ei tarvitse tarkastaa kuvaamalla, vaan ennen käyttöönottoa putkistolle suoritettava painekoe on riittävä. [2, s. 4.] Liitteessä 1 on nähtävissä pätevyystodistuksen asiakirjamalli.

4.2 Putkiston materiaali- ja pintakäsittelyvaatimukset

Polttoöljyputkisto tulee valmistaa tiivistetystä teräsputkesta, jos käyttölämpötila saattaa laskea alle 0 °C tilassa, jossa putkisto sijaitsee. Teräsputken rakenneaineesta tulee toimittaa materiaalin aineistodistus. Putkiston valmistaja huolehtii siitä, että aineistodistuksen ja toimituserän yhteenkuuluvuus voidaan todeta. Yhteenkuuluvuus voidaan todeta kirjain-, numero- tai väritunnuksella. Yhteenkuuluvuus ei saa vaarantua putkiston varastoinnin tai valmistuksen aikana. [2, s. 3.]

Putkistovarusteen rakenneaineiden ja mitoituksen tulee vastata käyttöä, johon ne on tarkoitettu. Varusteesta täytyy pystyä toteamaan valmistaja, rakenneaine ja sallitut käyttöarvot. Hitsaamalla putkistoon liitettävän varusteen rakenneaineen tulee olla hitsattavaksi soveltuvaa. [2, s. 3.]

Polttoöljyputkisto, jota ei valmisteta korroosionkestävästä aineesta, tulee puhdistaa standardin SFS 8145 mukaan vähintään ruosteenpoistoasteeseen St 2 tai Sa 1 [2, s. 6]. Käsittely St 2 tarkoittaa putkimateriaalin teräsharjausta ja Sa 1 kevyttä suihkupuhallusta [3, s. 5]. Lisäksi putkisto maalataan ruosteenestomaalilla ja suojamaalilla tai suojataan muulla vastaavalla tavalla [2, s. 6].

4.3 Polttoöljyn aiheuttama räjähdysvaara

4.3.1 Räjähdyksvaaralliset tilat

Räjähdyksvaarallisia- eli atextiloja ovat kaikki sellaiset työpaikat, työhuoneet, työalueet ja tuotantolaitokset, joissa palavat nesteet, kaasut tai pölyt voivat aiheuttaa räjähdysvaaran mahdollisesti syntyvien normaali-ilmanpaineisten kaasu-ilma- tai pölykaasuseosten vuoksi [4, s. 1].

Sana atex tulee ranskankielen sanoista *atmosphères explosibles* eli ilman räjähtävyys. Atex-lainsäädäntö muuttui EU-jäsenyyden myötä merkittävästi ja yhdistymisen jälkeen voimaan tulivat laite- ja työolosuhdedirektiivit. Atex-laitedirektiivi on ollut nykyisessä muodossaan voimassa 1.7.2003 alkaen, jolloin siirtymäaika päättyi ja velvoitteet tulivat voimaan kaikilta osin. Atex-töyolosuhdedirektiivi saatettiin valtioneuvoston asetuksella voimaan 1.9.2003. [5, s. 4.]

4.3.2 Vaaran arviointi ja tilaluokitus

Räjähdyksvaarallisen tilan arviointi työmaalla alkaa atex-tilan olemassaolon tiedostamisesta. Tämän jälkeen suoritetaan riski- ja vaaranarviointi sekä luodaan näiden pohjalta räjähdysuojausasiakirja. Näiden toimien oikeellisuudesta vastaa aina haltija, ei Turvatekniikan keskus eli Tukes eikä järjestelmän omistaja. Riskiarvioinnin jälkeen määritetään tilaluokitus käytetyille tiloille. [6.] Tilaluokat ovat seuraavat [7, s. 7]:

- Luokka 0 vastaa tilaa, jossa räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein toistuvasti.

- Luokka 1 vastaa tilaa, jossa räjähdyskelpoisen ilmaseoksen voidaan olettaa esiintyvän satunnaisesti normaalikäytön aikana.
- Luokka 2 vastaa tilaa, jossa ei odoteta räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintymistä normaalikäytön aikana ja mikäli sellainen kuitenkin esiintyy, se esiintyy todennäköisesti vain harvoin ja lyhytaikaisesti.

Vaaran arvioinnissa määritetään, mitä syttymislähteitä kyseisessä tilassa esiintyy. Lisäksi räjähdysriskin mahdollista esiintymistä arvioidaan, ja riskimahdollisuuden ollessa olemassa mietitään räjähdysriskin syitä ja mahdollisia ennaltaehkäiseviä toimia. [6.]

4.3.3 Kevyt polttoöljy vaarallisena aineena

Kevyt polttoöljy luokitellaan kolmannen luokan palavaksi nesteeksi, joka haihtuu hitaasti. Palavien nesteiden luokitus on erittäin helposti syttyvä, helposti syttyvä ja syttyvä. Polttoöljy on näistä viimeksi mainittu. [7, s. 5; 6.]

Terveyden kannalta kevyt polttoöljy on haitallinen aine. Pitkäaikainen ja toistuva kosketus kuivattaa ja ärsyttää ihoa sekä voi johtaa pysyviin ihomuutoksiin. Kevyen polttoöljyn joutuessa keuhkoihin, se voi aiheuttaa hengenvaarallisen kemiallisen keuhkotulehduksen. Nesteroiskeet saattavat ärsyttää silmiä ja ihoa. Öljysumu saattaa ärsyttää silmiä ja hengitysteitä. Ympäristölle polttoöljy on myös haitallista. Se on myrkyllistä vesieliöille ja saattaa aiheuttaa pitkäaikaisia haittavaikutuksia vesiympäristössä. Maaperään tai pohjaveteen joutuessaan polttoöljy aiheuttaa saastumisvaaran. [7, s. 5–6.]

Kevyen polttoöljyn leimahduspiste normaali ilmanpaineessa on vähintään +60 °C [7, s. 6]. Tämä tarkoittaa, että polttoöljy syttyy kipinästä aikaisintaan ollessaan kyseisessä lämpötilassa. Polttoöljyn räjähtäminen voi tapahtua, mikäli lämpötilaolosuhteet ovat otolliset ja lisäksi sekoittunut ilmaseos sisältää 1–6 tilavuusprosenttia polttoöljyä. Ilmaseoksen sisältäessä enemmän kuin kuusi prosenttia

polttoöljyä, seos on liian rikas eikä räjähdysvaaraa ole. Polttoöljyn itsesyttymislämpötila on 240 °C, joka tarkoittaa lämpötilaa, missä polttoöljy syttyy ilman kipinää. [7, s. 6.]

4.4 Putkiston painekoe

Palavan nesteen putkiston tiiviys on todettava ennen käyttöönottotarkastusta painekokeessa. Painekoe toteutetaan vesipainekokeena ja koepaineen tulee olla vähintään 1,43-kertainen käyttöpaineeseen verrattuna. Poikkeustapauksessa painekoe voidaan tehdä vesipainekokeen sijaan muulla Tukesin hyväksymällä vaarattomalla ja vähäisen pintajännityksen omaavalla tarkoitukseen sopivalla nesteellä. Putkisto katsotaan tiiviiksi, jos koepaine ei lämpötilan tasaantumisen jälkeen 15 minuutin aikana laske paineellisessa putkistossa. [2, s. 7.] Lämpötilan tasaantumisen aikana tapahtunut paineenlasku aiheutuu lämpötilamuutoksen aiheuttamasta tilavuuden muutoksesta. Erityistä tiiviyttä vaativissa putkistoissa voidaan koestus tehdä nestepainekokeen lisäksi ilmalla tai inerttikaasulla. Ilma- tai kaasupainekokeessa tulee putkisto pitää paineistettuna pidempään kuin nestepainekokeessa kokoonpuristuvuutensa vuoksi. Ilma tai kaasu aiheuttaa räjähdysvaaran purkautuessaan kovasta paineesta, joten maksimi koepaine on tällöin enintään 0,1 kertaa suurin sallittu käyttöpaine, kuitenkin enintään 1 bar. [2, s. 7.]

5 Ilmalan lähtöratapihan polttoöljyjärjestelmä

5.1 Historia

Ensimmäinen polttoöljynjakelujärjestelmä Helsingin varikon alueelle rakennettiin 1970-luvulla, ja se on suurelta osin sama laitteisto, joka toimii tänä päivänäkin. Vuonna 1975 saatiin silloiselta Helsingin ympäristövirastolta sekä Tekniseltä tutkimuskeskukselta (nykyinen Turvatekniikan keskus) luvat järjestelmän rakentamiseen. Myöhemmin samana vuonna saatiin myös hyväksytyin lausunnoin varustetut hyväksymistodistukset laitteiston käyttöönottoon. Vuosien varrella on tehty huoltotoimenpiteitä ja tarpeen vaatiessa korjaustoimenpiteitä laitteistolle, mutta muuten laitteisto on pysynyt ennallaan. [8.]

Vuonna 1993 säiliöiden perustukset jouduttiin muuttamaan tiivistetystä savesta betonijalustalle, koska maa oli pettänyt säiliöiden alla. Perustaa uusittaessa huomattiin myös tarvetta säiliöiden korroosioaurioiden ennaltaehkäisemiseen, joten säiliöihin tehtiin korroosionestokäsittelynä 300 µm paksu sisävuoraus Inerta 150 epoksihartsi-maalilla. Vuoteen 1993 asti säiliöltä lähtevä runkoputki kulki maan alla, mutta saman remontin yhteydessä putki muutettiin kulkemaan ilmassa ratapylväisiin kannakoituna. Maahan asennettuna putkelle aiheutui runsaasti rakenteellista rasitusta. Putken rasitukseen oli syynä ratapihan alueella aiemmin toiminut Helsingin kaatopaikka ja tästä johtuva maan jatkuva vajoaminen. Polttoöljyjärjestelmää on laajennettu useamman kerran. Pendolino-halli sekä ratapihan useat käyttöhuoltoraiteet ovat valmistuneet viimeisen viiden vuoden aikana. [8.]

5.2 Yleistä

Esimerkkikohteena käsitellään polttoöljyjärjestelmää, joka huolehtii junien tankkauksesta Ilmalassa Helsingin varikon alueella. Vanha järjestelmä jakaa polttoainetta Pendolino-halliin, vanhaan veturihalliin ja ulkotiloissa oleville huoltotasoille.

Ilmalan öljyjärjestelmä palvelee vanhoja dieselkäyttöisiä vetureita, joita käytetään pääsääntöisesti vaunujen siirtelyyn ratapihalla. Veturitankkauksen lisäksi dieseliä kuluttaa osa kauko- ja lähijunien vaunuista, joissa on polttoainekäyttöiset sisätilojen lämmittimet. Lämmityskäytön lisäksi öljyä kuluttavat kaukojunien ravintolavaunut, jotka on varustettu aggregaateilla. Tänä päivänä sähköveturit ovat vallanneet merkittävästi markkinoita ja samoin vaunujen lämmitys sähköllä on yleistynyt. Kokonaisuudessa öljyn menekki on vähentynyt merkittävästi 80-luvulta, jolloin öljyn kulutus Ilmalan varikolla saattoi olla 2 000 m³ kuukaudessa. Nykyään kulutus on noin 1 000 m³ talvessa. [8.] Vaunun tankkaus uudella huoltotasolla rakentuu seuraavista toimenpiteistä:

1. Kytetään Kamlock-liitin vaunun polttoainesäiliöön.
2. Tarkastetaan öljyletkun toisen pään liittimen kiinnitys käyttöhyödykepostiin.
3. Kytetään tankkauspistoke kiinni. (Signaali magneettiventtiilille lähti.)
4. Magneettiventtiili avautuu.
5. Avataan sulkuventtiili, jolloin öljyn virtaus alkaa 70 l/min.
6. Junan säiliö täyttyy, ylitäytönestim laukeaa. (Signaali magneettiventtiilille lähti.)
7. Magneettiventtiili sulkeutuu ja virtaus loppuu.
8. Suljetaan sulkuventtiili ja irrotetaan tankkauspistoke.
9. Irrotetaan Kamlock-liitin junasta.
10. Tankkaus valmis, siirrytään seuraavalle vaunulle.

Tankkauspistokkeen ja ylitäytönestimen ollessa kytkettynä magneettiventtiili aukeaa. Runkolinjassa olevat moottoriventtiilit on rinnankytketty tankkauspisteen magneettiventtiilin kanssa, mikä tarkoittaa niiden asennon olevan sama toisiinsa nähden. Rinnankytketyt venttiilit ohjautuvat ylitäytönestimen mukaan. Ylitäytönestim ohjaa magneettiventtiiliä, joka näin ollen estää öljyn virtauksen putkessa säiliön tullessa täyteen. Jokaiseen moottori- ja magneettiventtiilin ohitukseen on asennettu varo- tai ylivirtausventtiili, joka mahdollistaa öljynvirtauksen takaisin säiliöön paineen noustessa tilavuuden muutoksesta johtuen. [8.]

Ratapihan säiliöissä oleva polttoöljy on moottoripolttoöljyä ja väriltään punaista. Väri kertoo polttoöljyn verotuksesta. Punainen polttoöljy on verotonta, kun dieselöljy on

väriltään keltaista ja verollista. Dieselöljy ja moottoripolttoöljy ovat koostumukseltaan lähes samaa ainetta, kun sen sijaan moottoripolttoöljyn ja kevyen polttoöljyn koostumuksen rakenteessa on eroa. Uudet dieselmoottorit vaativat käyttääkseen moottoripolttoöljyä, koska kevyen polttoöljyn rakenne ei sovellu nykydieselmoottoreiden korkeisiin ruiskutuspaineesiin. [8.] Yleisesti polttoöljyjen nimiä käytetään sekaisin puhuttaessa dieselistä, moottoripolttoöljystä tai kevyestä polttoöljystä. Ratapihan öljyjärjestelmässä tapaa myös näitä ristiriitaisuuksia, koska putkistoon on merkitty sekä kevyen polttoöljyn että dieselöljyn virtaustietonuolia. Tässä insinööriyössä puhuttaessa kevyt poltto- tai dieselöljystä tarkoitetaan moottoripolttoöljyä.

Kaikki dieselkäyttöiset junat ja koneet, jotka tankkaavat tämän verkoston polttoöljyä, ovat raiteilla kulkevaa kalustoa. Ilmalan varikon alueella käytettävä maa- ja huoltokalusto joutuu käyttämään huoltoasemapalveluita verotuksellisista syistä. Valtio ei verota raiteilla kulkevaa kalustoa yhtä paljon kuin maakalustoa. [8.]

5.3 Uuden huoltotason polttoöljyjärjestelmä

Ratapihalle rakennetaan uutta huoltotasoa, johon tulee 15 uutta tankkauspistettä junien käyttöön. Putkiurakka sijoittuu alueellisesti lähtöhuoltotasolle kahden raiteen väliselle alueelle, johon tulee huoltokatos. Huoltoraiteiden ja huoltokatoksen pituus on noin 400 metriä. Huoltokatoksen runkopalkkien päälle noin kolmen metrin korkeuteen kannakoidaan runkoputki, josta otetaan haara jokaiselle tankkauspisteelle. Huoltotasolla on 15 LVIÖ- käyttöhyödykepostia, joissa on ulosottopisteet vedelle, paineilmalle ja öljylle. Öljyn tankkauksen ulosottopiste on asennettu käyttöhyödykepostin ulkoseinään kiinni. Junan vaunun pituus on 26 metriä, jonka mukaan on mitoitettu tankkauspisteiden välimatka. Junaliikenteessä suurin junan pituus on rajoitettu 16 vaunuun eli noin 400 metriin, jonka jälkeen laituripituudet loppuvat kesken [8].

Uuden huoltotason polttoöljyjärjestelmälle haara otetaan huoltotunnelissa Pendolino-halliin menevästä vanhan putkiston runkolinjasta. Runkolinja on tässä kohdassa kokoa DN 80 ja uuden huoltotason järjestelmän haaran koko on DN 40. Kuvassa 2 on vanhaan linjaan hitsattava uuden huoltotason haara.



Kuva 2. Uuden järjestelmän haara.

5.4 Uuden huoltotason polttoöljyjärjestelmän suunnittelu

Ilmalan uuden järjestelmän suunnittelu on toteutettu perustuen edellisen huoltotason mallintamiseen. Edellinen huoltotason järjestelmä rakennettiin ratapihalle vuosi sitten ja nyt rakennettava järjestelmä on rakennettu samanlaisuuteen pyrkien. Järjestelmä liitettiin nyt rakenteilla olevan tavoin vanhan järjestelmän runkolinjaan. Uuden huoltotason polttoöljyputkiston suunnittelu on perustunut vanhan järjestelmän laitteistosta saataviin resursseihin. Suunnittelua ohjaavat lähtötiedot ovat seuraavat:

- Pumpulta saatava tuotto on 500 l/min, painetuotto on rajoitettu 2,8 bariin [8].
- Runkolinjan koko on DN 80 urakkarajan kohdalla.
- Tankkauspisteeltä saatava virtaama on 70 l/min [8].
- Yhtäaikaisuuden käyttöaste 1–2 vaunua [1].
- Putkiston mitoituksessa käytettävä painehäviö 1 bar/km eli 100 Pa/m [9, s. 4].

Esimerkkikohteessa on kahdenlaisia tankkauspisteitä. Vanhassa veturitalissa olevat isommat tankkauspistoolit on tarkoitettu käytettävän nimenomaan vetureiden tankkauksessa. Nämä tankkauspisteet ovat varustettu amerikkalaisvalmisteisilla Aeroquip-liittimillä, ja ovat DN 50 -letkun päässä. Näiden tankkauspisteiden läpivirtauksen maksimiarvo käyttöpaineella on $400 \text{ dm}^3/\text{min}$. Veturien tankkausvirtaamien täytyy olla suuria, koska säiliöiden koko on keskimäärin 3500 litraa. [8.] Tankkausaika nousee suuresta virtaamasta huolimatta lähes yhdeksään minuuttiin.

Uuden huoltotason tankkauspisteillä tankataan junan vaunuja, joiden säiliöiden koko on keskimäärin 300 litraa (250–350). Tankkauspisteeltä saadun virtaaman määräävä tekijä on junaliittimen suurin mahdollinen läpivirtaus käyttöpaineella. Käyttöpaine on rajoitettu arvoon 2,8 bar, joka mahdollistaa 70 l/min maksimiläpivirtauksen. Tällöin tankkausaika on keskimäärin 4,5 minuuttia. Yhtäaikaisuuden käyttöaste on suunnittelussa otettu huomioon siten, että huoltotasolla oletetaan tankattavan yleensä yhtä tai korkeintaan kahta vaunua yhtä aikaa. Yhtäaikaisen käytön lisäksi putkiston painehäviö aiheuttaa putkikoon suurenemisen mentäessä pumppua kohti. [8; 1.] Virtausnopeuden mitoitusperusteena on käytetty ohjetta, jonka mukaan nopeus painepuolen öljyputkessa tulisi olla 1–2 m/s [10, s. 2].

Esimerkkinä putkikoon mitoituksesta valitaan tankkauspisteiden kytkentäjohto. Tankkauspisteeltä saatu virtaama on 70 l/min eli $4,2 \text{ m}^3/\text{h}$. Valitaan teknisen toimintaohjeen nomogrammista putkikoko teräsputkelle virtaaman ja painehäviön perusteella. Vedetyn uuden teräsputken karheuskertoimenä on käytetty 0,05 mm. Virtaaman ollessa $4,2 \text{ m}^3/\text{h}$ ja painehäviön ollessa noin 100 Pa/m sopiva putken sisämitta on 25 mm nopeuden pysyessä alle 2 m/s. [11, s. 2.] Samalla tavalla mitoitetaan runkoputkisto lisättynä matkan aiheuttamalla painehäviöllä. Runkoputken koko uudella huoltotasolla vaihtelee seuraavasti: 25 mm → 32 mm → 40 mm. Mitoituksessa käytetty nomogrammi on laadittu Prandtl-Colebrookin kaavan perusteella. Nomogrammin laskentakaavassa on käytetty 10 °C veden ominaisuuksia, joten viskositeetiltaan jäykemmän öljyn tapauksessa virtausnopeus pienenee ja painehäviö kasvaa. Polttoöljyn kinemaattinen viskositeetti on lämpötilasta riippuen enintään $7,5 \text{ mm}^2/\text{s}$ [12, s. 5].

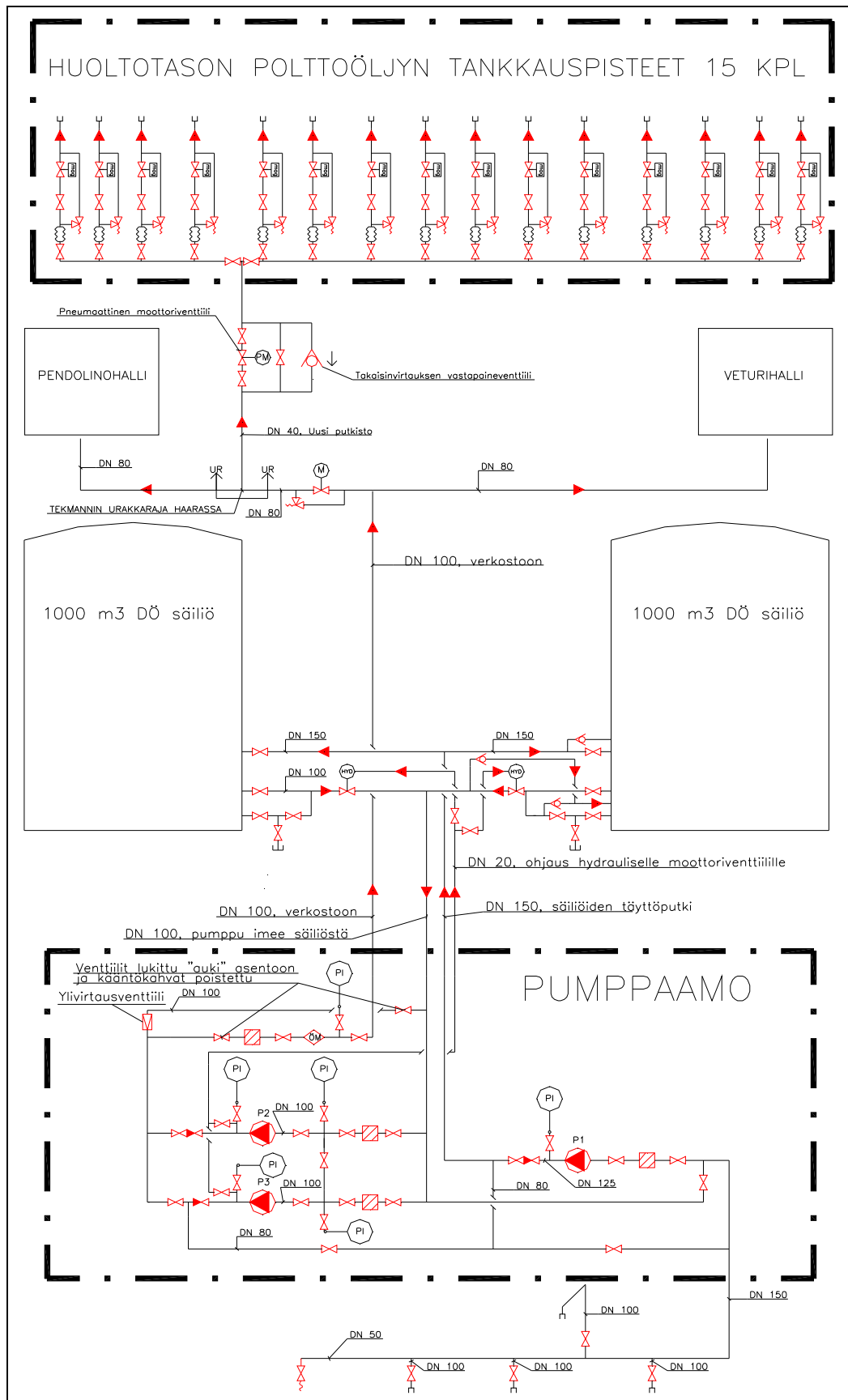
Käyttöhuoltotasolle öljyputki nousee yhdystunnelista, josta se haarautuu kahteen suuntaan, etelään ja pohjoiseen. Etelän suuntaan putken pituus on noin 260 metriä ja pohjoisen suuntaan 140 metriä. Yhdystunnelista uuden huoltotason kytkentäpaikasta on matkaa pumppaamoon noin 300 metriä. Vaikein reitti eteläisimmälle tankkauspisteelle aiheuttaa putkiston painehäviötä mitoitusäännön mukaan $(0,26 + 0,3) \text{ km} * 1 \text{ bar/km} = 0,56 \text{ bar}$. Käyrien ja haarakappaleiden sekä putkistovarusteiden aiheuttaman painehäviön suuruudeksi arvioidaan 0,44 bar, mikä tarkoittaa, että pumpun painetuotosta pelkän putkistopainehäviön voittamiseen kuluu 1 bar. Näiden oletuksien pohjalta vaikeimman reitin tankkauspisteellä olisi painetta käytettävissä ainoastaan 1,8 bar.

Uudella huoltotasolla oletetaan tankattavan maksimissaan kahta vaunua yhtä aikaa. Pumpun tuotto riittää tähän tilanteeseen hyvin. Alimittaiseksi pumppu jää tilanteessa, jossa huoltotasolla täytetään kahden vaunun säiliötä yhtä aikaa ja veturihallissa tankataan veturia. Tällöin pyynti pumpulta on $(70 + 70 + 400) \text{ l/min} = 540 \text{ l/min}$. Vanhan pumpun teho ei riitä kyseiseen virtaamaan vaan öljy virtaa tällöin hitaammin tankkauspisteistä, joka puolestaan pidentää tankkausaikaa. Suunnittelussa on kuitenkin oletettu kyseisen tilanteen olevan epätodennäköinen.

6 Ratapihan öljyjärjestelmän komponenttiesittely

6.1 Yleistä

Säiliöihin tuleva öljy imetään pumpulla tankkiautoista, jotka tuovat sen ratapihalle. Vuoteen 2002 saakka myös junat kuljettivat öljyä Venäjältä asti, mutta nykyään kaikki öljy tuodaan ratapihalle kumipyörillä. Öljyjärjestelmän kytkentäkaavio on nähtävissä kuvassa 3.



Kuva 3. Polttoöljyjärjestelmän kytkentäkaavio

KytKentäkaavio on piirretty Auto Cad 2009 -ohjelmalla käyttäen apuna Helsingin varikon pumppuhuoneen seinässä olevaa vanhan järjestelmän virtauskaaviota sekä tutustumalla laitteistoon ja putkistoon. Lisäksi kytKentäkaaviossa on apuna ollut Rejlers Oy:n tekemät uudet huoltotason öljyjärjestelmän työsuunnitelmat.

Ilmalan öljyjärjestelmän kokonaisuus rakentuu sadoista eri osista ja komponenteista. Karkeasti laitteisto voidaan kuitenkin jakaa neljään osalohkoon, jotka ovat öljysäiliöt, pumppaamo, runkoputkisto ja tankkauspisteet. Pumppaamo käsitetään yleisesti laitteiston ytimenä, koska siellä öljyn virtaus mahdollistetaan. Kaikki osalohkot ovat kuitenkin korvaamattomia järjestelmän häiriöttömän toiminnan kannalta. Seuraavissa luvuissa on käsitelty esimerkkikohteen öljyjärjestelmän komponentit lohkoittain.

6.2 Öljysäiliöt

Ilmalan ratapihan junia palvelevan öljyjärjestelmän säiliöinä on kaksi maanpäällistä säiliötä. Tilavuudeltaan kumpikin säiliö on 1 000 m³, ja materiaaliltaan ne ovat terästä. Säiliö on rakennettu teräslevyistä, lieriömäisen maanpäällisen standardin SFS 2734 mukaan. Säiliöt on hitsattu standardin mukaan päittäishitsauksena sekä sisä- että ulkopuolelta [13].

Säiliöt ovat identtiset lukuun ottamatta pumppuryhmää, joka on säiliön ulkopuolella. Ainoastaan toisessa säiliössä on mahdollisuus öljyn takaisinvirtaukseen, jos paine putkistossa kasvaa liian suureksi. Tämän voi nähdä myös kuvassa 3 olevasta kytKentäkaaviosta. Säiliön sisällä oleva imuputki on nivelletty orsi, joka imee öljyä aina noin 30 cm pinnan alapuolelta. Puomissa on koho, joka tunnustelee pinnan korkeutta. Putki imee öljyä läheltä pintaa, koska öljyssä olevat epäpuhtaudet sekä lika laskeutuvat säiliön pohjalle. [8.]

Käytönvalvoja käy määrävälein mittaamassa varastoitavan polttoaineen pinnan korkeuden. Pinnan korkeudesta ja öljyn kulutuksesta pidetään pöytäkirjaa, joten öljyn virtausmittarin hajotessa kulutus on kuitenkin laskettavissa. [8.] Kuvassa 4 on nähtävissä säiliöt 48 ja 49 Helsingin varikon ratapihalla.

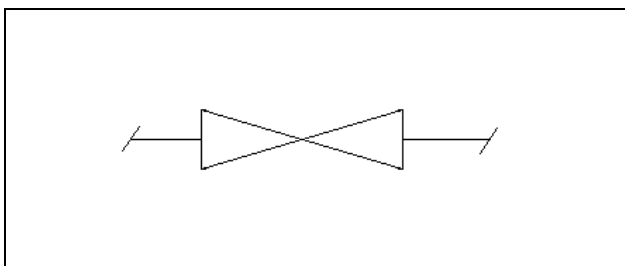


*Kuva 4. Ratapihan 2*1000 m³ polttoöljysäiliöt.*

6.3 Pumppaamon komponentit

6.3.1 Sulku- ja takaiskuventtiilit

Sulkuventtiilin avulla estetään tai sallitaan virtaus putkessa. Kuvassa 5 on esitelty sulkuventtiilin piirrosmerkki.



Kuva 5. Sulkuventtiilin piirrosmerkki.

Sulkuventtiilejä on tässäkin järjestelmässä useita kymmeniä, ja ne tulisi olla putkistossa siten, että virtaus mihin tahansa linjaan voidaan tarvittaessa estää. Sulkuventtiilit pyritään asentamaan huoltoystävällisesti siten, että mikä tahansa komponentti saadaan vaihdettua ilman suurta putkiston tyhjennystarvetta. Komponentit, joiden molemmilla

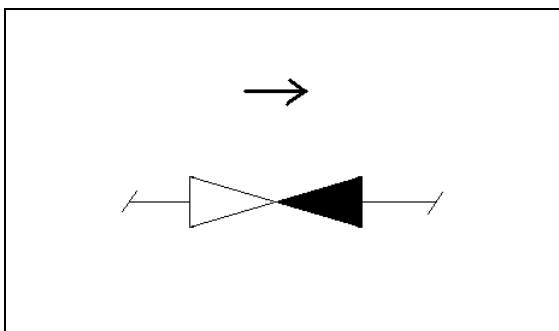
puolilla tulisi olla sulkuventtiilit, ovat pumput, suodattimet ja virtausmittarit. Kuvassa 6 on laippaliitoksin kiinnitetty DN 150 -sulkuventtiili.



Kuva 6. Sulkuventtiili öljyjärjestelmässä.

Sulkuventtiilejä on rakenteeltaan eri mallisia. Yleisimmät sulkuventtiilimallit ovat pallo-, luisti- ja läppäventtiilit. Öljyjärjestelmässä käytetyimpiä ovat öljylle soveltuvat palloventtiilit.

Takaiskuventtiilin tehtävä on mahdollistaa nesteen virtaus putkistossa ainoastaan toiseen suuntaan. Takaiskuventtiilin piirrosmerkki on nähtävissä kuvassa 7. Mustaamattoman kolmion kärki ja piirrosmerkin yläpuolella oleva nuoli osoittavat virtaussuunnan.



Kuva 7. Takaiskuventtiilin piirrosmerkki.

Takaiskuventtiilejä on sijoitettu öljyputkistoon kaikkien pumppujen jälkeen, ja niiden tehtävä on estää öljyn virtaus takaisin pumpulle päin. Takaiskuventtiiliä kutsutaan monesti myös pumppuventtiiliksi tai yksisuuntaventtiiliksi. Takaiskuventtiili rakentuu yleensä jousikuormitteisesta läpystä tai kuulasta, joka aukeaa öljyn riittävästä paineesta,

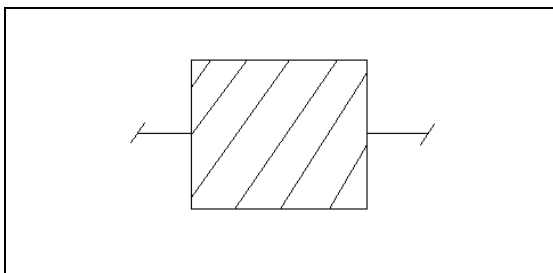
mutta ainoastaan nuolen näyttämässä virtaussuunnassa. Kuvassa 8 on esimerkki pumppaamossa olevasta laippaliitoksin kiinnitetystä takaiskuventtiilistä. Kuvan esimerkki-venttiili on kooltaan DN 125, ja sen sijainti on imupumpulta lähtevässä putkessa.



Kuva 8. Takaiskuventtiili.

6.3.2 Öljynsuodattimet

Öljynsuodattimen tehtävä on puhdistaa öljyä ja poistaa siitä epäpuhtauksia. Suodatin asennetaan yleensä ennen öljyn virtausta verkostoon tai vaihtoehtoisesti ennen laitetta, joka voi vaurioitua liasta. Virtausmittarit ja pumput ovat esimerkkejä laitteista, joita ennen suodattimet yleensä asennetaan. Kuvassa 9 on suodattimen piirrosmerkki.



Kuva 9. Suodattimen piirrosmerkki.

Ratapihan polttoöljyn jakelujärjestelmässä on kaksi erilaista suodatinta, patruuna- ja magneettisuodatin. Ennen pumppua oleva suodatin on malliltaan päältä vaihdettava patruunasuodatin. Patruunasuodatin erottaa öljystä likaa, mikä säästää pumppua ja

pidentää sen elinkaaren pituutta. Suodatin rakentuu pahvisesta patruunasta metalliritilän sisällä, ja patruuna tulisi vaihtaa tasaisin väliajoin, koska likaantunut suodatin päästää epäpuhtaan öljyn verkostoon. Kuvassa 10 on esimerkki laippaliitoksin kiinnitetystä patruunamallisesta öljynsuodattimesta.



Kuva 10. Patruunasuodatin.

Magneettisen suodattimen tehtävä on poistaa öljystä lika, jota patruunasuodatin ei ole puhdistanut tai laitteistosta (pumpusta) on irronnut sen jälkeen. Laitteiston magneettisuodatin on nähtävissä kuvasta 11.



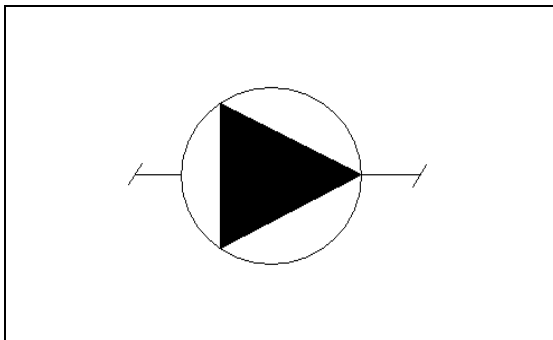
Kuva 11. Magneettisuodatin.

Magneettisuodatin rakentuu suuresta määrästä metallilevyjä, joista osassa on reikiä ja osa on umpinaisia. Öljy kulkee suodattimen läpi, ja likahiukkaset tarttuvat levyihin. Magneettisuodattimen levyt on hyvä puhdistaa tasaisin väliajoin, jotta magneettiset levyt toimivat suodattimen tavoin. Massaltaan magneettisuodatin on noin 150 kg, ja

toiselta nimeltään sitä kutsutaan muottisuodattimeksi. Magneetti- ja patruunasuodattimesta käytetään normaalia suodattimen piirrosmerkkiä, joka on nähtävissä kuvassa 9.

6.3.3 Pumput

Pumpun tehtävä on saada virtaus putkessa aikaan. Kuvassa 12 on pumpun piirrosmerkki. Kolmion kärki näyttää virtaussuunnan.



Kuva 12. Pumpun piirrosmerkki.

Ratapihan öljyjärjestelmässä on yksi imupumppu ja kaksi jakajapumppua. Imupumppu imee öljyn jakeluauton säiliöstä ratapihan järjestelmän säiliöön. Imupumppu on merkiltään Siemen & Hirsch, sen pumppaustehon maksimiarvo on $1\,500\text{ dm}^3/\text{min}$ ja pumppua pyörittävä sähkömoottori on teholtaan 15 kW. Pumppua ohjataan nappikytkimellä paikanpäältä.

Kaikki kolme pumppua ovat samanmerkkisiä, mutta pumppausteholtaan ne ovat erikokoisia. Imupumpun pumppauskapasiteetti on kolminkertainen verrattuna jakajapumppuihin. Painepuolen pumppu eli jakajapumppu imee öljyä säiliöstä ja pumppaa sitä verkostoon. Jakajapumppu on merkiltään Siemen & Hirsch, ja sen pumppaustehon maksimiarvo on $500\text{ dm}^3/\text{min}$. Pumppua pyörittävä sähkömoottori on teholtaan 9,7 kW. Kuvassa 13 on nähtävissä toinen jakajapumppu.



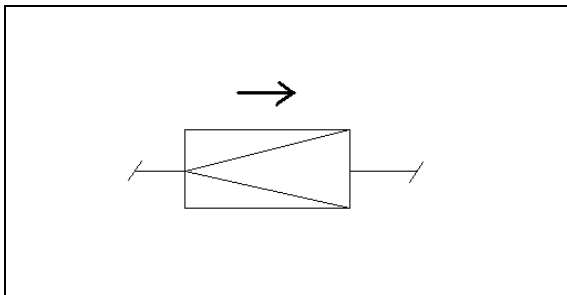
Kuva 13. Painepuolen öljypumppu.

Toinen pumpuista on varalla, mikäli toinen hajoaa, jotta öljynsaanti ei missään tilanteessa vaarannu. Pumppujen käyntiä vaihdellaan vuoden pituisissa toimintasykleissä, jotta molemmat pumput pysyvät toimintakuntoisina eivätkä jumiudu. Pumput vanhenevat myös samaa tahtia, mikä helpottaa varaosien saantia. Jakajapumppua ohjataan käsikytkimellä tai halutessaan puhelinohjauksella. Puhelimella pystyy ohjaamaan pumpun käyntiä lähettämällä käy tai seis komennon tekstiviestillä. Turvallisuussyistä pumpun käynti on rajoitettu 59 minuuttiin kerrallaan mahdollisten putkivuotojen vuoksi. Tällä toimenpiteellä varmistetaan, että määrällisesti suuria vuotoja ei tapahdu.

Putkisto on rakennettu siten, että tarvittaessa suuritehoisella imupumpulla pystytään pumppaamaan öljyä verkostoon muutamaa sulkuventtiiliä kääntämällä, mikäli molemmat jakajapumput hajoavat yhtä aikaa. Putkistoa rakennettaessa on myös otettu huomioon imupumpun hajoaminen, jolloin sen tehtävä on mahdollista hoitaa käyttämällä jompaakumpaa jakajapumppua.

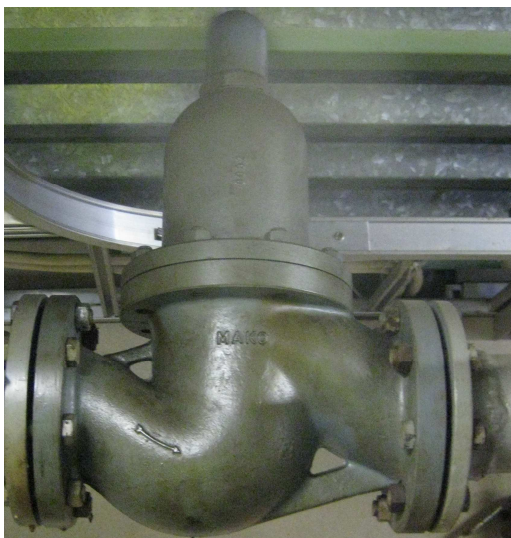
6.3.4 Ylivirtausventtiili

Öljyputkistossa on ylivirtausventtiili, joka kierrättää öljyä takaisin verkostoon pumpun käydessä ja paineen noustessa, jotta pumpun ei tarvitse pyöriä paikallaan. Virtauksen takaisinkierättystä tällä tavoin voidaan puhekielisesti kutsua hullun kierroksi. Kuvassa 14 on ylivirtausventtiilin piirrosmerkki. Nuoli piirrosmerkin yläpuolella osoittaa virtaussuunnan.



Kuva 14. Ylivirtausventtiilin piirrosmerkki.

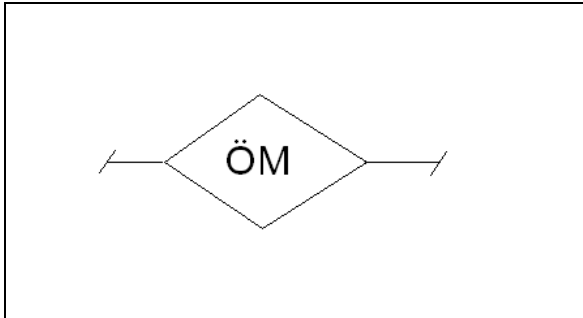
Ylivirtausventtiili on toiminnaltaan aivan kuten varoventtiili, joka päästää lävitseen virtaavaa nestettä paineen noustessa liian suureksi. Ylivirtausventtiilillä on varoventtiilin tavoin tietty avautumispaine, jossa se aukeaa ja vapauttaa öljyn virtauksen putkistoon. Kuvassa 15 on esitetty takaisinkierätyksen ylivirtausventtiili.



Kuva 15. Takaisinkierätyksen ylivirtausventtiili.

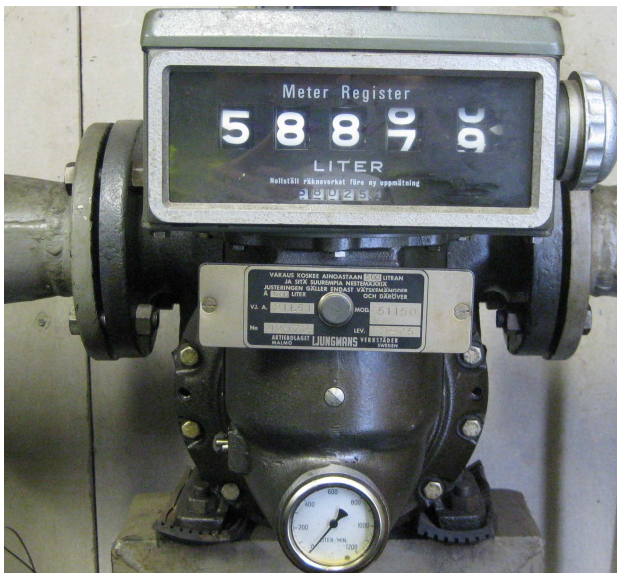
6.3.5 Öljyn virtaus- ja painemittarit

Öljyn virtausmittarin tehtävä on mitata öljyn kulutusta. Kuvassa 16 on nähtävissä öljynvirtausmittarin piirrosmerkki.



Kuva 16. Öljyn virtausmittarin piirrosmerkki.

Kuvassa 17 on esimerkkilaitteiston öljymäärän virtausmittari. Virtausmittarin mahdollisen hajoamisen vuoksi kulutusta seurataan myös pinnankorkeuden mekaanista mittaustapaa käyttäen ja pöytäkirjaa pitäen.



Kuva 17. Öljyn virtausmittari.

Painemittarin tehtävä on mitata painetta ja kertoa vallitsevan paineen suuruus.

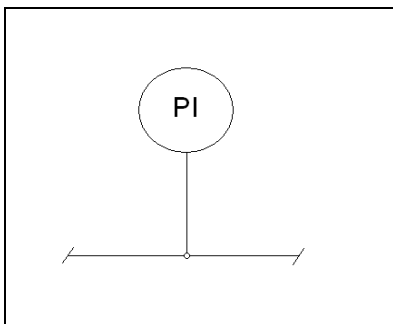
Painemittarit voivat olla mekaanisia tai elektronisia. Mekaaninen mittari kertoo paikan

päällä kävijälle käytettävissä olevan paineen. Elektroninen painemittaus taas lähettää mittatietoa laitteelle, joka ohjautuu paineen mukaan. Painemittareita on järjestelmässä useita, mutta kuvassa 18 oleva mekaaninen mittari on asennettu verkostoon lähtevään putkeen, ja se näyttää käytettävissä olevaa verkostopainetta. Kuten voimme kuvasta 18 todeta, öljyjärjestelmässä vallitseva käyttöpaine on noin 2,8 bar.



Kuva 18. Painemittari.

Mekaanisia painemittareita on saatavilla erilaisilla mittaristoilla varustettuna erittäin runsaasti. Asteikot voivat olla esimerkiksi välillä 0–500 bar tai alipainemittarin ollessa kyseessä 0 – (– 1) bar. Painemittarit on asennettu Ilmalan esimerkkipainemittarissa lähtevän runkoputken lisäksi kaikkien pumppujen mittausyhteisiin. Painemittari asennetaan aina putkistoon sulkuventtiilin taakse. Painemittarin piirrosmerkki on nähtävissä kuvasta 19.

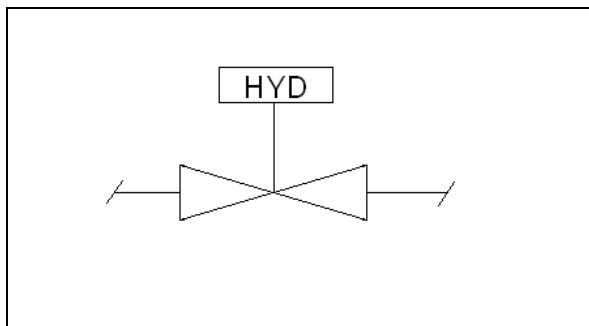


Kuva 19. Painemittarin piirrosmerkki.

6.4 Runkolinjan komponentit

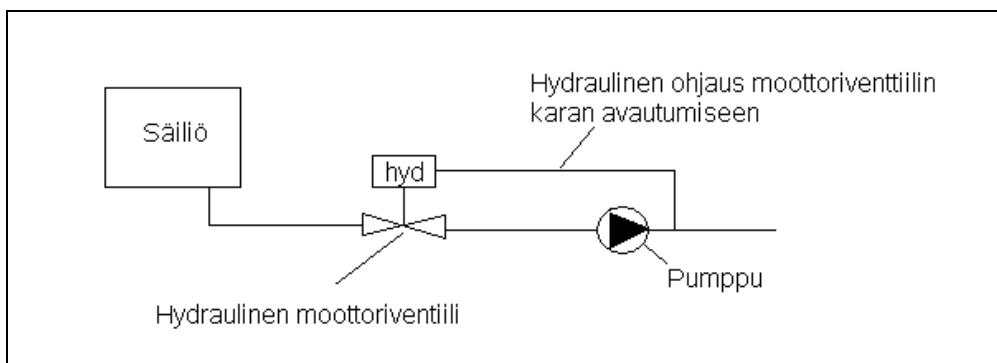
6.4.1 Hydraulisesti ohjautuva moottoriventtiili

Hydraulisesti ohjautuvan moottoriventtiilin sijainti putkistossa on heti säiliön jälkeen pumppaamoon menevässä runkoputkessa. Kuvassa 20 on hydraulisesti ohjautuvan moottoriventtiilin piirrosmerkki.



Kuva 20. Hydraulisen moottoriventtiilin piirrosmerkki.

Moottoriventtiilin tehtävä on estää lappovirtaus säiliöstä poispäin tilanteessa, jolloin pumppu ei käy. Säiliöön vaikuttava hydrostaattinen painovoima tyhjentäisi säiliön nopeasti tilanteessa, jossa tankkauspisteen venttiili jäisi auki. Kuvassa 21 on yksinkertaistettu toimintakaavio, josta selviää hydraulisen moottoriventtiilin kytkeä putkistoon.



Kuva 21. Hydraulisen moottoriventtiilin toimintakaavio.

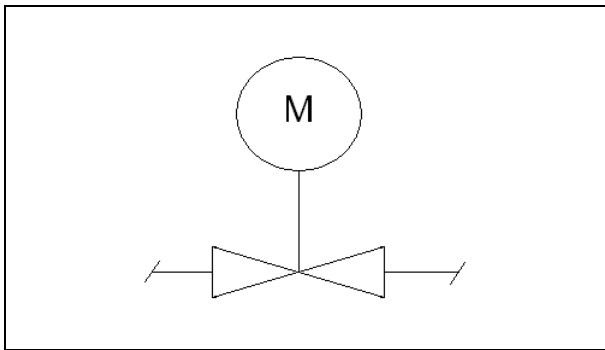
Nelit-merkkinen moottoriventtiili ohjautuu hydraulisesti öljyn paineella. Pumpun jälkeen olevasta haarasta on otettu ohjaus moottoriventtiilille DN 20 -putkella. Pumppu muodostaa käydessään riittävän paineen hydraulisen moottoriventtiilin karan avautumiseen, joka sallii öljyn virtauksen. Käytännössä tämä tarkoittaa, että venttiilin läpi virtaa öljyä ainoastaan silloin, kun pumppu käy. Vaadittavan paineen asetusarvo on huomattavasti suurempi kuin täyden säiliön aiheuttama hydrostaattinen paine. Kuvassa 22 on ratapihan öljyjärjestelmässä oleva hydraulisesti ohjautuva Nelit-moottoriventtiili.



Kuva 22. Hydraulisesti ohjautuva moottoriventtiili.

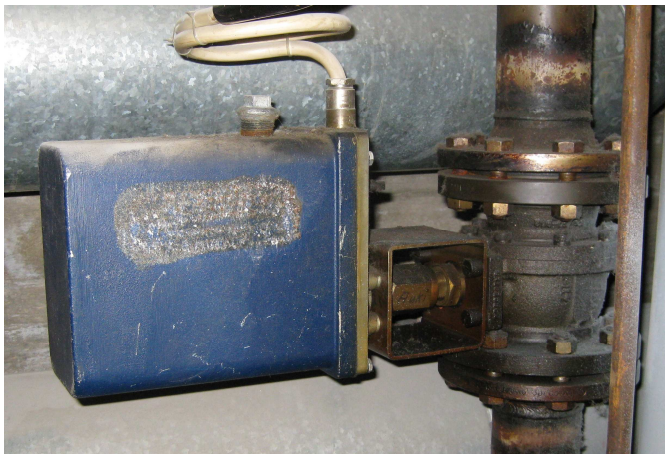
6.4.2 Sähköinen moottoriventtiili

Runkolinjassa olevan sähköisen moottoriventtiilin tehtävä on sallia tai estää öljyn virtaus putkessa. Kuvassa 23 on venttiilin piirrosmerkki.



Kuva 23. Moottoriventtiilin piirrosmerkki.

Moottoriventtiili ohjautuu tankkauspisteen ylitäytönestimen mukaan rinnan kytkettynä magneettiventtiilin kanssa siten, että magneettiventtiilin ollessa auki myös moottoriventtiili on auki. Kuvassa 24 on vanhassa runkolinjassa oleva moottoriventtiili.



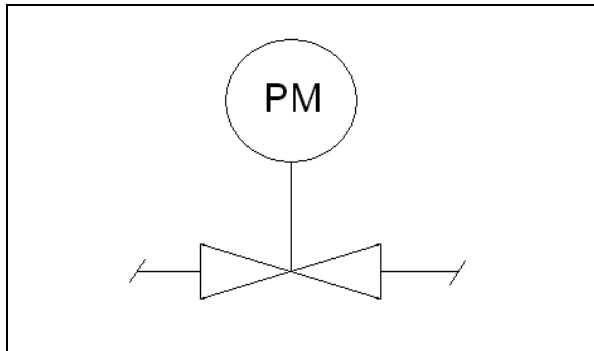
Kuva 24. Vanhan öljylinjan moottoriventtiili.

Moottoriventtiilin yli on ohitus, jossa on varoventtiili. Varoventtiili toimii tässä tapauksessa ylivirtausventtiilinä ja mahdollistaa öljyn virtauksen takaisin verkostoon lämpölaajenemisen tai muun paineen nousun seurauksena.

6.4.3 Pneumaattinen moottoriventtiili

Pneumaattisen moottoriventtiilin sijainti putkistossa on uuden järjestelmän haaran putkessa. Pneumaattisen moottoriventtiilin tehtävä on vastaava kuin vanhassa runkolinjassa olevan sähköisesti ohjatun moottoriventtiilin. Pneumaattisen venttiilin

tilalle olisi voinut asentaa sähköisen moottoriventtiilin, mutta paineilmatoiminen venttiili on pienemmän räjähdysvaaran vuoksi parempi vaihtoehto. Venttiili ohjautuu tankkauspisteen ylitäytönestimen mukaan ja sallii öljynvirtauksen putkessa silloin, kun tankkauspisteen magneettiventtiilikin on auki. Pneumaattisen moottoriventtiilin piirrosmerkki on nähtävissä kuvassa 25.



Kuva 25. Moottoriventtiilin (pneum.) piirrosmerkki.

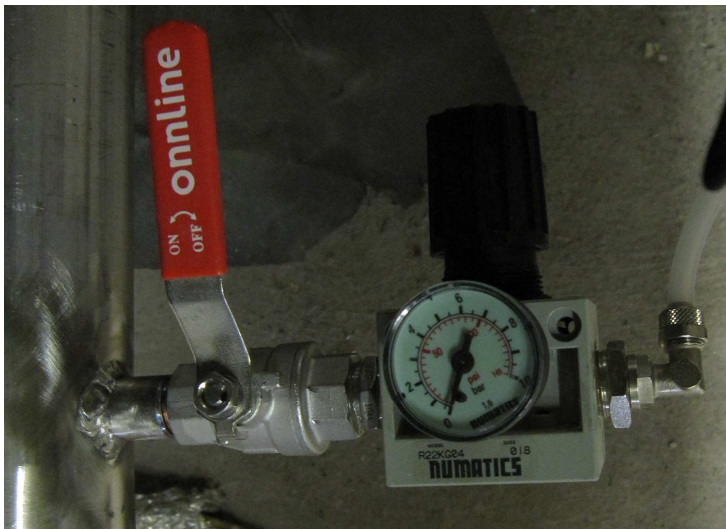
Uuden linjan moottoriventtiili toimii sarjassa vanhan linjan moottoriventtiilin kanssa siten, että aina kun toinen on auki, niin toinenkin on auki. Kuvassa 26 on esitetty öljyjärjestelmän uuden osan pneumaattisesti toimiva moottoriventtiili.



Kuva 26. Uuden linjan pneumaattinen moottoriventtiili.

Moottoriventtiilin sijaan putkistoon voisi asentaa magneettiventtiilin, koska niiden toimintaperiaate on lähes samanlainen. Molemmat sulkeutuvat ja aukeavat saatuaan ohjaustiedon joltain laitteelta. Isoissa putkilinjoissa suositellaan kuitenkin käytettävän moottoriventtiileitä, koska magneettiventtiili sulkeutuu nopeasti ja aiheuttaa näin ollen suuria paineiskuja putkistoon virtauksien ollessa suuria. Moottorilla sulkeutuva venttiili aiheuttaa putkistolle vähemmän rakenteellista rasitusta, koska venttiili voidaan ajaa hitaasti kiinni.

Uuden osan öljyjärjestelmän kytkentä vanhaan järjestelmään tapahtui huoltotunnelissa paineilmaputkiston vieressä. Käyttövoima venttiilille oli siis luontevaa ottaa vieressä kulkevasta paineilmarungosta. Moottoriventtiili saa näin ollen venttiilin sulkeutumiseen ja aukeamiseen tarvittavan apuenergian pneumaattisesti sähköisen ohjauksen sijaan. Paineilman apuenergiaa säättävä ohjainlaite on esitetty kuvassa 27.



Kuva 27. Moottoriventtiilin apuenergian ohjainlaite.

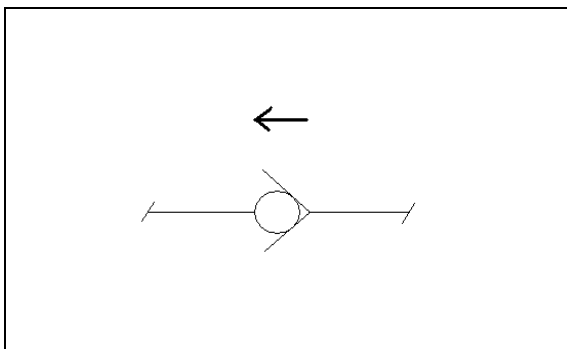
6.4.4 Vastapaineventtiili

Pneumaattisen moottoriventtiilin ohituksessa on vastapaineventtiili, joka toimii, kuten varoventtiili tai ylivirtausventtiili, ja mahdollistaa öljyn virtauksen takaisin säiliön suuntaan tilavuuden laajetessa putkistossa. Kuvassa 28 on nähtävissä vastapaineventtiili moottoriventtiilin ohituksessa.



Kuva 28. Ohituksen vastapaineventtiili.

Vastapaineventtiilin sisällä on jousikuormitteinen kuula, joka avautuu öljyn paineen noustessa riittävästi. Vastaventtiili toimii siis vastaavasti kuin jousikuormitteinen takaiskuventtiili. Ilmalan järjestelmässä oleva vastapaineventtiili on mitoitettu aukeamaan 0,5 barin paineen noususta. Käyttöpaineen ollessa 2,8 bar paine putkistossa saa siis nousta arvoon $(2,8 + 0,5) \text{ bar} = 3,3 \text{ bar}$ ennen kuin vastapaineventtiili päästää öljyn virtaamaan takaisin säiliöön. Vastapaineventtiili päästää öljyä niin kauan lävitseen, että paine laskee alle niin sanotun hälytysrajan eli 3,3 bar. Vastapaineventtiilin piirrosmerkki on nähtävissä kuvasta 29. Piirrosmerkin yläpuolella oleva nuoli näyttää virtaussuunnan.



Kuva 29. Vastapaineventtiilin piirrosmerkki.

6.4.5 Paljetasain

Paljetasaimen tehtävä on pitkässä putkiliinjassa tasata lämpötilavaihteluiden aiheuttamia pituuden muutoksia. Paljetasain mitoitetaan putkiliinjassa olevien kiintopisteiden

etäisyyden, lämpötilavaihtelun ja lämpölaajenemiskertoimen mukaan. Kiintopisteiden väli ja paljetasaimen mitoitus tehdään rinnakkain toistensa kanssa. Ensiksi selvitetään, minkälaisen jouston omaavia tasaimia on saatavilla, jonka jälkeen määritetään sopivat kiintopisteiden välimatkat. Tarvittava joustotarve saadaan laskettua kaavalla 1.

$$X = L(T_1 - T_2)\alpha \quad (1)$$

X on tarvittava jousto

L on kiintopisteiden välimatka

T₁ on suurin lämpötila putkistossa

T₂ on pienin lämpötila putkistossa

α on pituuden lämpölaajenemiskerroin

Pituuden lämpölaajenemiskerroin α teräkselle on 1,15 mm/100 m* °C. Ratapihan öljyn lämpötilan alin arvo kautta aikojen vuoden 1975 jälkeen on -16 °C, jota mitoituksessa on käytetty pienimmälle lämpötilalle. Suurimmalle lämpötilalle on käytetty arvoa +24 °C, vaikka öljyn lämpötila ei ole koskaan noussut yli +20 °C:seen. [8.] Öljyjärjestelmän suunnittelussa on käytetty kiintopistevälinä 130 metriä. Lasketaan öljyjärjestelmän runkolinjaan tarvittavan paljetasaimen joustotarve X kaavalla 1.

$$\begin{aligned} X &= L(T_1 - T_2)\alpha \\ &= 130m * (24 - (-16))^\circ C * 1,15 \frac{mm}{100m * ^\circ C} \\ &= 59,8mm \end{aligned}$$

Paljetasaimen joustotarve on siis 59,8 millimetriä, jonka mukaan putkistoon on valittu 60 millimetrin joustolla varustettu paljetasain. Kuvassa 30 on nähtävissä ratapihan öljyputkiston runkoputkeen asennettu paljetasain.



Kuva 30. Öljyputken paljetasain.

Putkistoon asennettavat paljetasaimet tulee esijännittää oikeaan pituuteen ennen asennusta putkistoon. Esijännityspituus määräytyy asennuslämpötilan ja suunnitellun käyttölämpötilan erotuksen mukaan.

6.5 Tankkauspisteen komponentit

6.5.1 Teräspunosletku

Runkolinjasta otettavat haarat tankkauspisteille varustetaan teräspunosletkuilla. Teräspunosletku mahdollistaa pienen lämpötilavaihteluista aiheutuvan runkolinjan pituuden vaihtelun. Putkiston lämpölaajeneminen aiheuttaisi helposti vahinkoa, mikäli rungosta otettavat haarat tehtäisiin kiinteiksi. Kuvassa 31 on nähtävissä teräspunosletku, jolla kytetään tankkauspisteen käyttöhyödykeposti runkolinjaan.

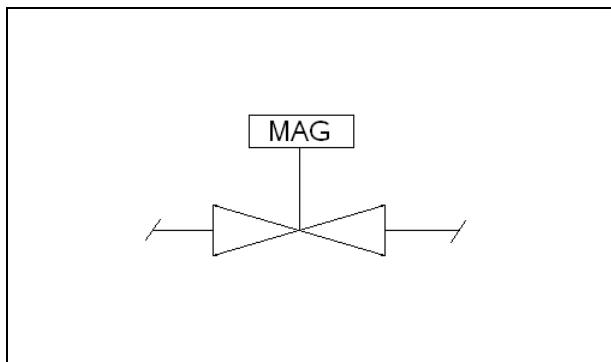


Kuva 31. Kytännän teräspunosletku.

Teräspunosletku liitetään putkistoon laipoin ja laippaliitokset varustetaan öljyn kestäville tiivisteillä. Öljyputkiston teräspunosletkut ovat kooltaan DN 25, paineluokaltaan PN 16, ja materiaaliltaan ne ovat ruostumatonta terästä.

6.5.2 Magneetti- ja varoventtiili

Magneettiventtiilin tehtävä on rajoittaa öljyn virtausta putkistossa. Magneettiventtiiliä ohjataan sähkösignaalilla niin, että impulssin saapuessa venttiili joko aukeaa tai sulkeutuu. Kuvassa 32 on nähtävissä magneettiventtiilin piirrosmerkki.



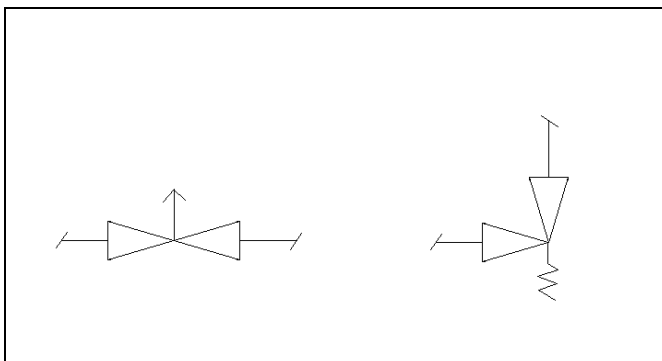
Kuva 32. Magneettiventtiilin piirrosmerkki.

Polttoöljyn tankkauspistettä ohjaa ylitäytönestim. Ylitäytönestim laukeaa säiliön tullessa täyteen, ja toiminnan seurauksena öljyn virtaus pysähtyy. Ylitäytönestim ohjaa rinnankytkettyjä magneetti- ja moottoriventtiileitä, jotka on asennettu putkiston runkolinjaan. Tämä tarkoittaa käytännössä, että järjestelmän runkolinjan moottoriventtiilit avautuvat, kun tankkauspisteen magneettiventtiili on auki ja ylitäytönestim ei ole lauennut. Magneettiventtiili avautuu sähköpistokkeen ollessa kytketty ja ylitäytönestimen ollessa vapautettu, ja toisaalta sähkösignaalin katketessa tai ylitäytönestimen lauetessa magneettiventtiili sulkeutuu. Öljyjärjestelmän tankkauspisteen magneettiventtiilistä on esimerkki kuvassa 33.



Kuva 33. Tankkauspisteen magneettiventtiili.

Tankkauspisteen varoventtiili on sijoitettu magneettiventtiilin ohitukseen. Varoventtiilin tehtävä on purkaa kohonnut paine pois putkistosta ja estää näin ollen putkiston repeäminen. Varoventtiileitä on saatavilla eri avautumispaineilla, putkikoilla ja materiaaleilla. Varoventtiilin piirrosmerkit on esitetty kuvassa 31. Kuvassa on kaksi erivaihtoehtoista piirrosmerkkiä varoventtiilistä. Kuvassa 31 vasemmalla puolella oleva varoventtiilin symboli on yleisesti LVI-teknikassa käytetty piirrosmerkki. Symbolin käytöstä on määrätty Suomen Rakentamismääräyskokoelman osassa D4. Kuvassa 34 oikealla puolella olevaa kulmamallin piirrosmerkkiä käytetään yleensä prosessisuunnittelussa, ja tätä piirrosmerkkiä on käytetty järjestelmän kytkentäkaavion piirtämisessä.



Kuva 34. Varoventtiilin piirrosmerkit.

Tankkauspisteen varoventtiili on kooltaan DN 15, materiaaliltaan ruostumatonta terästä ja tiivistemateriaalit ovat soveltuvia öljylle. Varoventtiilin avautumispaine on 4,5 bar, eli käyttöpaineen ollessa 2,8 bar polttoaineen tankkausletkussa saa tapahtua (4,5 – 2,8) bar = 1,7 barin paineen nousu ennen kuin öljy alkaa virrata ohituksen kautta takaisin putkistoon ja säiliöön. Kuvassa 35 on nähtävissä öljyjärjestelmän tankkauspisteen varoventtiili.



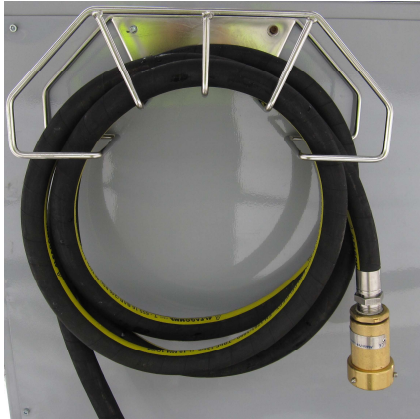
Kuva 35. Tankkauspisteen varoventtiili.

Öljyjärjestelmän tankkauspisteessä oleva varoventtiili on järjestelmässä, koska öljyletku on tankkauspisteessä auringon valolle alttiina. Auringon säteily kasvattaa letkussa olevan öljyn tilavuutta ja painetta merkittävästi. Varoventtiili estää tässä tapauksessa öljyletkun repeytymisen ja päästää laajenneen öljyn takaisin verkostoon ja säiliöön. Varoventtiili on toiminnaltaan vastaava kuin vastapaineventtiili pneumaattisen moottoriventtiilin ohituksessa. Tämän varoventtiilin olisi voinut korvata vastapaineventtiilillä.

6.5.3 Öljyletku ja junaliitin

Öljyn jakeluletkulta vaaditaan kestävyyttä kovissa sääolosuhteissa, rakenteeltaan sen tulee olla painetta kestävää sekä materiaaliltaan letkun on sovelluttava öljyn tankkaukseen. Polttoöljyn jakeluun valittu letku ratapihalla rakentuu sisä- ja ulkokumista, ja lisäksi letku on vahvistettu polyvinyylialkoholilla, joka antaa vahvan kulutusta kestävä pinnituksen. Sisäkumi on materiaaliltaan nitrilikumia, ja ulkokumi

kloropreenikumia. [14.] Sisäkumin tehtävä on kestää kovaa kulutusta ja ulkokumilla tulee taas puolestaan olla hyvä sään-, lämmön-, valon- ja otsoninkestävyys. Kuvassa 36 on nähtävissä Ilmalan polttoöljyletku tankkauspisteessä.



Kuva 36. Tankkauksen öljyletku.

Junaliitin on öljynkestävä tippumaton teollisuusliitin pikakiinnitystoiminnolla. Valittu liitin on kierrettävä kynsiliitin, joka on tarkoitettu erityisesti öljyn ja bensiinin tankkauksiin vaativissa olosuhteissa. Valmistusmateriaaliltaan liitin on erikoismessinkiä. Liittimeen lisätään murto-osa, joka antaa periksi ja irtoaa kovalla voimalla vedettäessä junan lähtiessä liikkeelle, kun letku on kytketty. Murtoliittimiä käytetään myös huoltoasemien polttoaineenjakelupaikoilla tankkauspistooleissa. Ilman murtoliittintä varustetut tankkauspisteet aiheuttavat turvallisuusriskin vahingon sattuessa. Kuvassa 37 on tankkauksessa käytettävä kierrettävä, tippumaton tankkausliitin.



Kuva 37. Öljyletkun junaliitin.

7 Ratapihan öljyjärjestelmän toteutus urakoitsijan näkökulmasta

7.1 Urakan aikataulut

Rakennuttajan tarjouspyyntö saatiin Lähtöratapihan putkiurakasta 25.9.2008, ja siihen saatiin tarkentava lisäkirje 10.10.2008. Tekmanni jätti tarjouksen 17.10.2008.

Urakkaneuvottelu järjestettiin 29.10.2008, ja urakkasopimus allekirjoitettiin 4.12.2008. Tilaus työlle saatiin marraskuun puolivälissä, jolloin materiaalihankinnat ja varsinaiset työmaatoiminnot alkoivat.

Urakan aikataulu oli erittäin kireä, kun työaika oli käytännössä vain kolme kuukautta. Valmistumispäivä oli asetettu helmikuun 18. päiväksi, jolloin järjestelmien piti olla käyttöönottokunnossa. Työmaan alustava aikataulu luotiin työmaan varmistuttua. Aikataulua jouduttiin päivittämään monesti työmaan edetessä. Aikataulua luodessa oli jo selvää, että toteutus tulee olemaan haastava, kun putkea oli kaikkien järjestelmien osalta asennettavana lähes neljä kilometriä. Planet-ohjelmalla tehty aikataulu öljyjärjestelmän toteutuksen osalta on liitteessä 2.

Materiaalihankinnat ja öljyjärjestelmään tulevien harvinaisten komponenttien saatavuus aiheutti ongelmia. Öljyjärjestelmän kaikki putkitoimituserät saapuivat työmaalle maalaamon kautta, joka hidasti toimitusta. Tilauksesta kului yleensä viikko ennen toimituksen saapumista. Öljylle soveltuvat venttiilit eivät olleet tavarantoimittajilla hyllytavaraa, joka aiheutti osaltaan viivytyksiä. Esimerkiksi tankkauspisteeseen suunnitellun magneettiventtiilin toimitusaika oli kolme kuukautta. Magneettiventtiili kestää -40 °C lämpötilan ja tilaaja vaati juuri kyseisen venttiilin, jota ei ollut ikinä toimitettu yhtään kappaletta vaan ensimmäinen valmistuserä oli vasta työn alla. Toimitusaikaa saatiin onneksi hieman nopeutettua neuvottelemalla. Urakka valmistui kuitenkin melko hyvin suunnitelmien mukaan. Valmistumista jouduttiin venyttämään helmikuun 18. päivästä helmikuun loppuun, mutta putkiston käyttöönottoa ei jouduttu siirtämään.

7.2 Materiaalihankinnat ja putkiston pintakäsittely

Materiaalihankinnat käynnistettiin, kun tieto urakan varmistumisesta oli saatu. Polttoöljyputkisto on valmistettu mustasta teräsputkesta, jonka raaka-aineena on tiivistetty teräs. Jokaista putkierää tilatessa täytyy tehdä tavaran toimittajalle aineodistuslähete, joka todistaa materiaalin ja todistuksen yhteneväisyyden. Liitteessä 3 on aineodistuslähetteen asiakirjamalli. Aineodistuksen asiakirjamalli on nähtävissä liitteessä 4.

Putkisto pintakäsiteltiin standardin SFS 8145 vaatimusten mukaisesti. Putket maalattiin pääasiallisesti maalaamossa, ja työmaalla suoritettiin ainoastaan hitsausseamojen paikkamaalaus. Ennen maalausta putkille suoritettiin luokan Sa 2 ½ pintakäsittely. Sa 2 ½ -luokka tarkoittaa hyvin huolellista suihkupuhallusta [3, s. 5]. Hiekkapuhallus poistaa putkista pintaruosteen ja valssauksesta aiheutuneen metallihilseen. Hiekkapuhalluksen jälkeen putket maalattiin ~60 µm paksulla epoksipohjamaalikerroksella ja maalin hyvin kuivuttua toisen kerran samanlaisella maalikerroksella epoksivälimaalauksena. Välimaalauksen jälkeen suoritettiin ~40 µm paksu polyuretaanipintamaalaus RAL-erikoisvärillä. Standardin vaatima väri polttoöljyputkistolle on RAL 8004 eli ruskea. Putkien pinnalle tuli yhteensä ~160 µm paksu maalikerros.

7.3 Räjähdyksvaaran arviointi Ilmalassa

Huoltotason ja yhdystunnelin tilojen räjähdysvaaran arvioinnissa todettiin seuraavat mahdolliset syttymislähteet [7, s. 6]:

- opastuksen vastainen toiminta (esim. tupakointi)
- ilkivalta (esim. avotulen käsittely)
- ajoneuvolla kolarointi
- huoltotoissa käytettävät käsityökoneet ja laitteet
- luonnonvoimat (esim. ukkonen)
- sähkölaitteet
- mekaaniset laitteet.

Räjähdyksvaaran arvioinnissa todettiin, että putkistossa voi tapahtua polttoöljyn nestevuoto. Nestettä voi vuotaa laipasta, joka saattaa paineenalaisena aiheuttaa harso- tai sumumaisen nestevuodon. Näkyvän nestevuodon putkessa saattaa aiheuttaa laitevika, kolarointi, virheellinen toiminta tai ilkivalta sekä laitteiden puhdistus. [7, s. 6.]

Ratapihan työmaalla tilojen vaaran arvioinnissa todettiin, että polttoöljy ei yksinään aiheuta räjähdysvaaraa. On mahdollista, että normaalikäytön ja toiminnan aikana saattaa esiintyä laitevikoja tai toimintahäiriöitä. Yhdystunnelissa tapahtunut nestevuoto ei aiheuta vaaraa, koska tunnelissa lämpötila ei kohoa missään vaiheessa lähellekään polttoöljyn leimahduspistettä, joka on +60 °C. Näiden lähtötietojen perusteella, tunnelissa ei pääse räjähdyskelpoista ilmaseosta syntymään. Koska ei voida olla aivan varmoja venttiilien sekä laippojen liitoksien tiiviyydestä paineenalaisessa putkistossa, täytyy ottaa huomioon mahdollisuus laippavuotoon tai venttiilin karatiivistevuotoon. Polttoöljyn paineenalaisuus voi aiheuttaa muutoksia syttymis- tai leimahduspisteissä. Tämän takia venttiilien ja laippojen ympäristö on luokiteltu räjähdysvaaralliseksi tilaksi ja tilaluokkaan 2. Vaarallisen ympäristön ulottuvuus on sisätiloissa 1,5 metrin säteellä ja ulkotiloissa 1,0 metrin säteellä laitteesta tai laipasta. Tilaluokan alueelta poistetaan potentiaaliset syttymislähteet. Ajolankavikoja ei odoteta tapahtuvan tankkauksen aikana, koska vaunut ovat paikallaan ja kytkettyinä irti vetureista. Oikein käsiteltynä ja laitteiston kuntoa säännöllisesti tarkkailemalla polttoöljy ei aiheuta muita tilaluokituksia lähtöratapihan huoltotasolle ja yhdystunneliin. Räjähdyssuojausasiakirjassa määrättyjä suojaustoimenpiteitä ja varovaisuutta tulee noudattaa, kun laitteistoa käytetään. [6; 7, s. 7.]

7.4 Putkiston painekoe

Kovien pakkasien johdosta koepaineistusta ei pystytty toteuttamaan vesipainekokeena urakka-aikana vaan jouduttiin miettimään vaihtoehtoisia menetelmiä. Painekoe päätettiin vaihtoehtojen vertailun jälkeen suorittaa polttoöljyllä, kun Tukesin kanta asiaan oli myönteinen. Koepaineen suuruus määritettiin seuraavasti: $1,43 \cdot 2,8 \text{ bar} = 4,01 \text{ bar}$, joka pyöristettiin arvoon 5 bar eli 0,5 MPa. Koepaine ei laskenut putkistossa,

vaikka putkisto oli paineellisena useamman tunnin. Painekekeesta tehtiin pöytäkirja, johon kirjattiin putkisto-osa, koepaineen suuruus, putkiston paineenalaisuus aika, päivämäärä sekä työnjohtajan ja valvojan allekirjoitukset. Asiakirjamalli putkiston painekoepöytäkirjasta on liitteessä 5.

7.5 Luovutusmateriaali

Urakoitsija kokoaa palavan nesteen putkiston osalta luovutusmateriaalin, joka luovutetaan käyttäjälle. Turvatekniikan keskus edellyttää palavan nesteen putkistosta seuraavat luovutusasiakirjat [15, s. 3]:

- putkiston toteutuksen vaatimuksenmukaisuusvakuutus
- putkiston maalauksen vaatimuksenmukaisuusvakuutus
- putkien ja putkiston osien vaatimuksenmukaisuusvakuutus
- materiaalien aineodistukset
- luettelo käytetyistä hitsaajista
- hitsaajien pätevyystodistukset
- todistus painekekeesta
- putkikaaviot
- laitteiden käyttöohjeet.

8 Yhteenveto

Polttoöljyn jakelujärjestelmän suunnittelu ja toteutus eroaa tavallisesta taloteknisestä kohteesta merkittävästi. Suurin eroavuus normaaliin on virtaavan aineen syttymis- ja räjähdysvaara, joka aiheuttaa erityisvaatimuksia käytettäville materiaaleille sekä kohteessa tapahtuvalle työmaatoiminnalle. Palavasta nesteestä aiheutuvat vaarat edellyttävät riskiarviointia, jonka mukaan tehdään tilaluokitus. Määritetyt tilaluokat aiheuttavat käytettäviltä laitteilta parempaa kipinä- ja roiskesuojausta, joka tarkoittaa käytännössä merkittävää lisäkustannusta.

Polttoöljyjärjestelmän suunnittelu ja mitoitus riippuvat suuresti siitä, suunnitellaanko uutta järjestelmää vai vanhan laitteiston laajennusta. Uuden suunnittelussa laitteet voidaan mitoittaa vapaasti tarpeen mukaan, mutta vanhan laajenuksessa suunnittelun perustana käytetään jo olemassa olevan laitteiston ominaisuuksia. Molemmissa tapauksissa suunnittelussa pyritään kuitenkin siihen, että tankattavan kohteen säiliö saadaan täyteen mahdollisimman nopeasti, mutta kuitenkin pienillä käyttö- ja hankintakustannuksilla.

Polttoöljyn jakelujärjestelmä rakentuu useista komponenteista, joista osa on välttämättömiä tankkauksen mahdollistamiseksi ja osa komponenteista tekee tapahtuman vaivattommaksi ja lisää järjestelmän turvallisuutta. Putkisto kannattaa tämä huomioon ottaen varustaa mahdollisuuksien sallimissa rajoissa hyvillä lisävarusteilla.

Palavan nesteen putkiston toteutus on haastavaa nopealla aikataululla. Putkiston ja putkiston varusteiden huono saatavuus ja pitkät toimitusajat lisäävät aikataulullisia vaikeuksia. Aikataulun lisäksi putkiston toteutuksen haasteellisuutta lisää painekokeen suorittaminen talvikaudella. Standardin edellyttämällä tavalla painekoe tehdään vesipainekokeena, mikä on kuitenkin mahdotonta, kun kyseessä on eristämätön ja lämmitys-saattamaton putkisto. Yksittäistapauksessa Turvatekniikan keskuksen myöntämä aine painekokeen suorittamiseen on polttoöljy. Painekoe kevyellä

polttoöljyllä ei ole kuitenkaan ongelmaton sekään. Vuotojen ilmeneminen aiheuttaa ympäristöriskin lisäksi vaikeuksia putkiston tyhjennyksessä ja uudelleen hitsauksessa.

Öllyjärjestelmän suunnittelun ja toteutuksen tapahtuessa osaavissa ja ammattitaitoisissa käsissä vaaratilanteet voidaan kuitenkin välttää tai ainakin minimoida. Hyvä yhteistyö suunnittelu- ja toteutushenkilöstön välillä on tärkeää sekä järjestelmän toimivuuden että valmiiksi saattamisen kannalta. Lisäksi asiallinen palaute molempiin suuntiin on tervetullutta ja osaltaan edesauttaa rakennettavien järjestelmien kehittämistä edelleen yhä automatisoidummassa maailmassa.




Lähteet

- 1 Blomqvist, Jari. Prosessisuunnittelija, Rejlers Oy, Helsinki. Haastattelu 26.1.2009.
- 2 Standardi SFS 3356. Palavan nesteiden putkisto. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto, 1985.
- 3 Standardi SFS 8145. Korroosionestomaalaus. Suihkupuhdistettujen ja konepohjamaalilla käsiteltyjen teräspintojen mekaanisten esikäsittelyjen laatuasteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto, 2001.
- 4 Atex – räjähdysvaarallisten tilojen, laitteiden, asennusten ja tilaluokituksen standardit. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto, 2003.
- 5 Tukes opas. Kemikaaliputkistot. Helsinki: Turvatekniikan keskus, 2003.
- 6 Sotkasiira, Jouni. Sähköistyksen projektipäällikkö, Proxion Oy, Helsinki. Haastattelu 4.3.2009.
- 7 Sotkasiira, Jouni. Ilmalan lähtöratapihan käyttöhuolto-ohjeet ja käyttöhyödyketunnelit. Räjähdysvaarallisuusasiakirja. Helsinki: Proxion Oy, 2008.
- 8 Lahtinen, Juhani. Käytön valvoja, Helsingin varikko, Ilmala. Haastattelu 12.2.2009.
- 9 Pukkila, Timo. Ilmalan ratapihan huoltotason käyttöhyödykkeiden prosessisuunnittelu. Suunnitteluraportti REV 1. Vantaa: Sweco Pic, 2007.
- 10 Ohjearvoja virtausnopeuksille. Tekninen toimintaohje. Projektinsinöörit Oy, 1973.
- 11 Teräsputken laskentanomogrammi. Tekninen toimintaohje. Projektinsinöörit Oy, 1975.
- 12 Polttoöljyn käyttöturvallisuustiedote, fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet. (WWW-dokumentti.) Greeni Oy. <www.st1.fi/KTTPOK.pdf>. 2002. Luettu 16.3.2009.
- 13 Standardi SFS 2734. Palavien nesteiden varastointi ja käsittely. Teräksinen maanpäällinen lieriömäinen pystysäiliö. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto, 1985.
- 14 Öljy- sekä polttoaineletkut. (WWW-dokumentti.) JK Pajarinen & Co. <www.jkpajarinen.fi/index.php?node_id=8276>. 2009. Luettu 3.3.2009.
- 15 Tukes opas. Atex – räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuus. Helsinki: Turvatekniikan keskus/Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö, 2003.

Liite 1: Hitsaajan pätevyystodistuksen asiakirjamalli

 Ilmoitettu laitos / Notified body 0424				HITSAAJAN PÄTEVYYSTODISTUS WELDER APPROVAL TEST CERTIFICATE Nro/ No. EN 287-1		2.12.2008	
Kokeen merkintä/ Designation EN 287-1, 311, T, BW, 1.1, S, t3, D43, H-L045, ss, nb, lw							
Testauslaitoslupa 1005/T011		Valokuva/ Photograph					
nimi/ Name Tunnus/ ID Tunnistamistapa/ Method of identification Syntymäaika/ Date and place of birth Työnantaja/ Employer Tieto- ja koulutus/ Job knowledge Hitsausohjeen nro/ WPS no. Lisätietoja/ Additional information		Oppilaskortti TEKMANNI OY Ei testattu/ Not tested G6.3.2 PED-KOE					
		Kokeen yks.kohdat/ Test details		Pätevyysalue/ Range of approval			
Hitsausprosessi/ Welding process Levy tai putki/ Plate or pipe Liitosmuoto/ Joint type Perusaineryhmä(t)/ Parent metal group(s) Lisäainetyyppi/merkintä/ Filler metal Suojakaasu/ Shielding gases Apuaineet/ Auxiliaries Aineenpaksuus/ Thickness (mm) Putken ulk. halk./ Outside diameter (mm) Hitsausasento/ Welding position Juuren avaus/uuritus/ Gouging/backing Yksi-/monipalkko/ Single/multi layer Vasta-/myötähitsaus/ Rightward/leftward welding		311 T BW 1.1 S OK Gasrod 98.70 / 2,5 - - 3,00 43,00 H-L045 ss, nb ml lw		311 (happi-asetyleeni-hitsaus) T, P (D>25) BW, FW 1.1, 1.2, 1.4 - - 3..4,5 25..=> PA, PB, PC, PD, PE, PF, H-L045 ss(nb, mb), bs FW: sl, ml lw			
TARKASTUS/ TEST				KOKEEN VALVONTA/ EXAMINATION			
Paikka ja aika/Place and Date Espoo 2.12.2008 Tarkastuslaitos/ Testing Company Inspecta Oy				Paikka ja aika/Place and Date Helsinki 10.11.2008 Valvoja/ Examiner			
Testausmenetelmä/ Type of test		Suoritettu/ Performed		Vaad./Req.		HYVÄKSYNTÄ/ APPROVAL	
Silmämääräinen/ Visual		OK/B 25.11.2008		X		Paikka ja aika/Place and Date Helsinki 2.12.2008	
Radiografia/ Radiography		OK/B 25.11.2008		X		Hyväksyjä/ Approved by	
Mag.jaueh/ Magnetic particle				-		Allekirjoitus/ Signature	
Tunkeumaneste/ Penetrant				-			
Makrohe/ Macro				-		Voimassa saakka 9.11.2010 Validity of approval until	
Murtokoe/ Fracture				-			
Taivutuskoet/ Bend		OK/B 28.11.2008 HVI		X			
Lisäkoeket/ Additional tests				-			
Huom./ Notes Putkenseinäämä sorvattu 3mm paksuksi							
Pvm/ Date		Allekirjoitus/ Signature		Asema/ Position		Peruste/ Reference	
						Selite/ Comments	
		Ami-säätiö PL 151 00381 Helsinki		puhelin 020 7461 200 faksi 020 7461 316 sähköposti: etunimi.sukunimi@amiedu.fi internet: www.amiedu.fi			

Liite 2: Pätevyyskokeen tarkastuspöytäkirjan asiakirjamalli

 Ilmoitettu laitos / Notified body 0424				TARKASTUSPÖYTÄKIRJA INSPECTION REPORT Nro/ No. EN 287-1		11.11.2008	
Kokeen merkintä/ Designation		EN 287-1, 311, T, BW, 1.1, S, t3, D43, H-L045, ss, nb, lw					
Testauslåtostulpa/		1005/T011					
Nimi/ Name							
Tunnus/ ID							
Tunnistamistapa/ Method of identification		Oppilaskortti					
Syntymäaika/ Date and place of birth							
Työnantaja/ Employer		TEKMANNI OY					
Tietopuolinen koe/ Job knowledge		Ei testattu/ Not tested					
Hitsausohjeen nro/ WPS no.		G6.3.2					
Lisätietoja/ Additional information		PED-KOE					
HITSAUSKOKEEN YKSITYISKOHDAT/ DETAILS OF TEST WELD							
Hitsausprosessi/ Welding process		311					
Levy tai putki/ Plate or pipe		T					
Liitosmuoto/ Joint type		BW					
Perusaineryhmä(t)/ Parent metal group(s)		1.1					
Lisäainetyyppi/merkintä/ Filler metal		OK Gasrod 98.70 / 2,5 S					
Suoiakaasu/ Shielding gases		-					
Apuaineet/ Auxiliaries		-					
Aineenpaksuus/ Thickness (mm)		3,00					
Putken ulk. halk./ Outside diameter (mm)		43,00					
Hitsausasento/ Welding position		H-L045					
Juuren avaus/juuritus/ Gouging/backing		ss, nb					
HITSAUSKOKEEN TARKASTUS/ INSPECTION TEST WELD							
Testausmenetelmä/ Type of test		Suoritettu/ Performed				Vaad./ Req.	
Silmämääräinen/ Visual		OK, B.				X	
Radiografia/ Radiography		OK, B, 25.11.2008 6019-08-982-1				X	
Magneettijauhe/ Magn. part.						-	
Tunkeumaj neste/ Penetrant						-	
Makroha/ Macro						-	
Murtokoe/ Fracture						-	
Taivutuskoe/ Bend		OK, B, 28.11.2008 HVI				X	
Lisäkokee/ Additional tests***						-	
HITSAUSKOKEEN VALVONTA/ SUPERVISION				HITSAUSKOKEEN TARKASTUS/ INSPECTION			
Paikka ja aika/ Place and date		Helsinki 10.11.2008		Paikka ja aika/ Place and date		Espoo	
Kokeen valvoja/ Examiner				Tarkastuslaitos/ Testing company		Inspecta Oy	
Allekirjoitus/ Signature				Testauksen suorittaja/ Test body			
				Allekirjoitus/ Signature			
		Ami-säätiö PL 151 00381 Helsinki		puhelin 020 7461 200 faksi 020 7461 316 sähköposti: etunimi.sukunimi@amiedu.fi internet: www.amiedu.fi			





Liite 4: Materiaalin aineodistustilauksen asiakirjamalli

		AINESTODISTUSLÄHETE		26.11.08	SIVU	1
TEKMANNI OY		143810				
PL 24						
00641	HELSINKI					
			AS. TILNO			
			MERKKI			
			VIITE1			
			VIITE2			
			VIITE3	U-03025-01		
			Onnisen tilausnumero:			
			8888465			
			MYyjÄ	1360 / 311		
			ANDERSSON SAMI			
Tilauksen tekstit:						
TEKMANNI OY						
STOP CORRO						
NELIÖKUJA 9						
04300	TUUSULA					



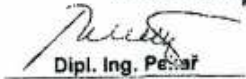
TILAUSNRO	RIVI	TUOTE	NIMI	A	SULATUSNUM	TUNNUS:
8888465	200	10323142	SAUMATON PUTKI P235GH TC1 42,4X2,6 NORMAALISEINÄMÄ	K	92800K	127861

Onninen Oy, Mittalinja 1, 01260 Vantaa	Kotipaikka: Helsinki / Y-t
ainestodistukset@onninen.fi	


Liite 5: Materiaalin aineodistuksen asiakirjamallit

A02 Inspection certificate "3.1" (EN 10 204)		A03 Document No.: 00345/08																																				
A07	Customer's Order (P.O.) No./Item No.: 653349-601-02	A08	Manufacturer's Works Order No.: 72364/0/08																																			
A11	Supplier's Order No.: NH 3150026795	A10	Advice - Note No.: 915197																																			
B06, B12/B13	Quantity delivered: <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="2">B13 Actual mass</th> </tr> <tr> <th>pcs</th> <th>mtrs</th> <th>kgs</th> <th></th> </tr> <tr> <th>bcls</th> <th>feet</th> <th>lbs</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>315</td> <td>1813.000</td> <td>4810</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			B13 Actual mass		pcs	mtrs	kgs		bcls	feet	lbs		315	1813.000	4810		A05	Customer / Consignee: <div style="text-align: right;">  127861 </div>																			
		B13 Actual mass																																				
pcs	mtrs	kgs																																				
bcls	feet	lbs																																				
315	1813.000	4810																																				
B09-11	Dimensions: 42.4 x 2.6mm	<div style="text-align: center;"> Onninen Mittalinja 1 01260 Vantaa Finland </div>																																				
B02	Steel designation: St 35.8/l, P235GH																																					
B01, B03, B04	Product, conditions and terms of delivery: Seamless boiler. DIN 2448/81, EN 10220/02, EN 10216-2/02 + A2/07 TC1, AD-2000 Merkblatt W4/2005 (TÜV NORD), TRD 102-6/98, TRB 100-2/95 DIN 17175/79, EN 10216-2/02 + A2/07 TC1 - PED 97/23/EC-Annex I, Section 4.3. Normalized hot finished.																																					
A04, B05	Marking: Manufacturer's mark, mill inspector's stamp <div style="text-align: center;"> NH  </div>																																					
C71-92	Heat chemical analysis (%) <table border="1"> <thead> <tr> <th>Heat No.:</th> <th>C</th> <th>MN</th> <th>SI</th> <th>P</th> <th>S</th> <th>CU</th> <th>NI</th> <th>CR</th> <th>MO</th> <th>AL</th> <th colspan="2">c70 Steel made by basic oxygen process, fully killed, strand cast.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>92800K</td> <td>0.09</td> <td>0.46</td> <td>0.218</td> <td>0.009</td> <td>0.011</td> <td>0.07</td> <td>0.02</td> <td>0.04</td> <td>0.004</td> <td>0.040</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>												Heat No.:	C	MN	SI	P	S	CU	NI	CR	MO	AL	c70 Steel made by basic oxygen process, fully killed, strand cast.		92800K	0.09	0.46	0.218	0.009	0.011	0.07	0.02	0.04	0.004	0.040		
Heat No.:	C	MN	SI	P	S	CU	NI	CR	MO	AL	c70 Steel made by basic oxygen process, fully killed, strand cast.																											
92800K	0.09	0.46	0.218	0.009	0.011	0.07	0.02	0.04	0.004	0.040																												
Z99	continues on appendix																																					
B07, C04	Test results: Heat No. c00 Specimen No. Requirements: ST35.8/l	MPa c11 Yield Point min. 235	MPa c12 Tensile Strength 360 - 480	% 5d c13 Elongation min. 25	J °C c40-43 Impact test min	c30-32 Hardness																																
	P235GH	min. 235	360 - 500	min. 25																																		
	92800K	397 346 359 368	479 466 459 453	35.6 38.0 38.8 37.6																																		
Z99	continues on appendix																																					
C01	Visual and dimensional inspection with satisfactory results	X	c051 Hydraulic test - min. test pressure																																			
C50	Flattening test (DIN EN 10233) - satisfactory	X	c002 The pipes tested on tightness by NDT																																			
C51	Expanding test - satisfactory		EDDY CURRENT in acc. to SEP 1925-01-80, EN 10246-1/96		X																																	
C52	Bending test - satisfactory		DEFECTOMAT CP - typ 2.842																																			
C53	Ring expanding test (DIN EN 10236) - satisfactory	X	c003 Nondestructive Elektromagnetic Testing																																			
C54	Ring tensile test (DIN EN 10237) - satisfactory																																					
A01	All pipes conform to the above mentioned standards and ordering requirements and agreements.																																					
A02	Date of issue 14.11.2008/Ja	Tel: +420 595683644 / Fax: +420 595682062		<div style="text-align: right;">  ArcelorMittal <small>ArcelorMittal Tubular Products Ostrava a.s.</small> <small>Vratimovská 689, 707 02 Ostrava 7</small> <small>Rišení jakosti</small> </div>																																		
A01	ArcelorMittal Tubular Products Ostrava a.s.			35																																		
A05	QA Department Vratimovská 689 707 02 Ostrava-Kunčice Czech Republic			<div style="text-align: center;">  Work's Inspector 202 Validation </div>																																		
E.2. 257416/15/P																																						

Liite 5: Materiaalin aineodistuksen asiakirjamallit

Appendix to the Inspection certificate "3.1" (EN 10204)							 ArcelorMittal																																					
mes Document No.: 00345/08							Page: 1 of 1																																					
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="9">c71-92 Heat chemical analysis (%)</td> </tr> <tr> <td colspan="9">B07 Heat No.</td> </tr> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td> </tr> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td> </tr> </table>									c71-92 Heat chemical analysis (%)									B07 Heat No.																										
c71-92 Heat chemical analysis (%)																																												
B07 Heat No.																																												
Test results:		MPa	MPa	%	J	c30-32 Hardness																																						
B07	Heat No.	c00 Specimen No.	c11 Yield Point	c12 Tensile Strength	c13 Elongation	c40-43 Impact Test																																						
			373	474	38.0																																							
<p>202 Date of Issue 14.11.2008/Ja</p> <p style="text-align: center;">Tel: ++420 595683544 / Fax: ++420 595682052</p>																																												
A01 ArcelorMittal Tubular Products Ostrava a.s. A05 QA Department Vratimovská 689 707 02 Ostrava-Kunčice Czech Republic						 ArcelorMittal ArcelorMittal Tubular Products Ostrava a.s. Vratimovská 689, 707 02 Ostrava 7 Řezaný Jákouti 35  Dipl. Ing. Peřák Work's Inspector 202 Validation																																						
E.z. 2575/16/15/P																																												

Liite 6: Putkiston painekoe-pöytäkirjan asiakirjamalli

		
PUTKISTON PAINEKOE- JA HUUHTELUPÖYTÄKIRJA		
Kohde:	Ilmalan lähtöratapiha	
Osoite:	Veturitie 20, 00240 Helsinki	
Putkisto-osuudet:		
Polttoöljyjärjestelmä, mukaan lukien käyttöhyödykepostit.		
on koepainettu	<input type="text" value="0,5"/> MPa paineella	<input type="text" value="60 min"/> ajan.
Painekoe on suoritettu kevyellä polttoöljyllä.		
Paikka ja päiväys		
(tilaaja)	TEKMANNI OY	
(nimen selvennys)	(nimen selvennys)	