

SAIMAAN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikka, Imatra
Prosessitekniikan koulutusohjelma
Prosessi- ja suunnittelutekniikka

Jarno Suominen

NAANTALIN ÖLJYNJALOSTAMON HÖYRYJAKELUVERKON PI-KAAVION LUOMINEN

Opinnäytetyö 2011

TIIVISTELMÄ

Jarno Suominen

Naantalin öljynjalostamon höyryjakeluverkon PI-kaavion luominen, 43 sivua, 1 liite.

Saimaan ammattikorkeakoulu, Imatra

Tekniikka, Prosessitekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyö 2011

Ohjaaja: tuntiopettaja, tekn.lis. Esko Lahdenperä, Saimaan AMK

Valvoja: Jaospäällikkö, DI Johan Björk, NesteJacobs Oyj

Tässä opinnäytetyössä tehtiin NesteOilin Naantalin jalostamon käyttöhyödykeosaston ja tuotesäiliöalueen höyry-, lauhde- ja kattilavesiverkon PI-kaavio. Työhön kuului myös linjamerkintöjen puutteiden korjaus.

PI-kaavio on eräs tärkeimmistä osa-alueista prosessiturvallisuuden kannalta. PI-kaaviosta tulee näkyä venttiilit, toimilaitteet ja instrumentoinnit. PI-kaavion tulee olla helppotajuinen, jotta häiriötilanteessa häiriökohde löytyy mahdollisimman helposti. PI-kaavioita käytetään myös huoltojen suunnittelussa, koska PI-kaaviosta näkee miten esimerkiksi joku venttiili voidaan ohittaa. PI-kaavioita käytetään myös prosessisuunnittelun tukena.

Työn teoriaosassa on käsitelty öljynjalostusprosessia, höyryverkon käyttöä ja suunnittelua, lauhteenpoistoa, kattilaveden valmistusta sekä CAD-ohjelman käyttöä.

Uusi PI-kaavio on prosessisuunnittelun ja höyryverkon operatiivisen toiminnan vahva tuki. Uudessa PI-kaaviossa on paljon tietoa joka vanhasta PI-kaaviosta puuttui. Uusi PI-kaavio on myös helppolukuisempi.

Asiasanat: Öljynjalostus, höyryjakelu, PI-kaavio

ABSTRACT

Jarno Suominen

Creating New PI-scheme of Steam Network, 43 pages, 1 appendice

Saimaa University of Applied Sciences, Imatra

Degree Program in Process Technology

Bachelor's Thesis 2011

Tutor: Mr. Esko Lahdenperä, MSc (Tech.), Senior Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences

Instructor: Mr Johan Björk, MSc (Tech.), Manager, NesteJacobs Oy

The main purpose of this final thesis was to create a new PI-scheme for steam, condensate and boiler water network. Works also included tagging the lines, and sketch a PI-scheme for product tank area. The work was conducted for NesteOil's oil refinery in Naantali.

In the theoretical section of the work there is introduced oil refinery process in Naantali, steam network operation and planning, condensate network, making of boiler water and principles of CAD-design.

PI-schemes are one of the most important factors in the area of process safety. PI-scheme includes all the relevant data for process control and maintenance.

The new PI-scheme assists the operational use of the steam network. PI-scheme also serves the process designing in creating new applications for the steam and condensate network.

Keywords: PI-scheme, Oil refining, Steam and condensate network

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	NESTE OIL OYJ:N NAANTALIN JALOSTAMO	7
2.1	Jalostamon perustaminen	7
2.2	Jalostamon muutos erikoistuotejalostamoksi	8
2.3	Öljyn vastaanotto ja lähetys	10
2.4	Naantalin jalostamon öljynjalostusprosessi	10
3	RAAKAÖLJY	11
3.1	Raakaöljyn ominaisuudet	12
3.2	Raakaöljyn ominaisuuksien vaikutus tuotteisiin	13
4	ÖLJYNJALOSTUKSEN TUOTANTOPROSESSIT	13
4.1	Suolanpoisto	14
4.2	Tislaus	14
4.2.1	Jakotislaus	16
4.2.2	Tyhjötislaus	16
4.3	Bitumien valmistus	17
4.4	Krakkaus	17
4.4.1	Lämpökrakkaus	18
4.4.2	Lämpökatalyyttinen krakkaus	19
4.5	Vety-yksikkö	20
4.6	Reformointi	20
4.7	Alkylointi	22
4.8	Polymerointi	23
4.9	Arosat	23
4.10	Rikinpoisto ja rikin valmistus	24
4.11	Lopputuotteiden valmistus	25
5	HÖYRY	26
5.1	Höyryn tuotanto	26
5.1.1	Ilman poisto höyrystä	27
5.2	Höyryn käyttö	27
6	HÖYRYN JAKELU	28
6.1	Höyryn paine	28
6.2	Höyryputkisto	29
6.2.1	Höyryputken mitoitus	29
6.2.2	Höyryputken kaltevuus	30
6.2.3	Höyryputken lujjuustekninen mitoitus	30
7	LAUHDEVERKKO	31
7.1	Lauhteenpoisto	31
7.3	Lauhdeputken mitoitus	32
7.4	Lauhteen nosto	33
7.5	Lauhteen palautus	34
8	KATTILAVESI	35
8.1	Veden pehmennys	35
8.2	Ioninvaihto	36
9	CAD-SUUNNITTELU	37
9.1	CAD-suunnittelun etuja	37
9.2	CAD:n käyttö	37
10	TYÖN TAUSTA JA TARKOITUS	38

11 TYÖN SUORITUS	39
12 YHTEENVETO	41
KUVAT	42
LÄHTEET	43

LIITEET

Liite 1 Naantalin öljynjalostamon höyryjakeluverkon PI-kaavio

1 JOHDANTO

Öljyn jalostaminen on liikevaihdoltaan eräs maailman suurimmista teollisuudenaloista. Suurin osa öljynjalostamon liikevaihdosta määräytyy raakaöljyn ja öljytuotteiden hinnoista. Jalostamon toiseksi suurin menoerä on energia. Energiaa käytetään pääasiassa kolmessa eri muodossa: lämpönä, sähköinä ja höyrynä. Höyry on lämmönsiirtotapa, mutta myös suoraa lämpöä käytetään esimerkiksi prosessiuuneissa.

Jalostamolla käytetään höyryä prosessointiin, linjojen ja säiliöiden lämmittämiseen, puhdistustöihin, kiinteistöjen lämmittämiseen, käyttö- ja kattilaveden lämmittämiseen, kattilaveden kaasunpoistoon, tislaukolonnien pohjakiehuttimien lämmittämiseen, tislauksen tehostamiseen (strippaushöyry), toimilaitteiden höyryhuuhdeluun, tulipalojen sammutukseen. Joissakin uuneissa, putkistoissa ja laitteissa höyryllä syrjäytetään polttokaasun ja ilman seos. Prosessin luotettavuuden ja turvallisuuden kannalta höyryn katkeamaton ja tasainen jakelu on yhtä tärkeää kuin sähkön katkeamaton jakelu.

Naantalın jalostamolla käytetystä höyrystä tuotetaan suurin osa jalostamon omissa höyrykehittimissä. Tarvittava lisähöyry tulee Fortum Oyj:n omistamalta, kivihiiltä käyttävältä, voimalaitokselta. Jalostamolla on myös omaa höyryntuotantoa yksikköprosessien yhteydessä, näistä suurimpana TCC (Thermofor Catalytic Cracking). Ennen kuin jalostamo aloitti höyryn ostamisen Naantalın voimalaitokselta, jalostamolla oli omat höyrykattilat, joilla tuotettiin jalostamon tarvitsema höyry.

Työssäni päivitin jalostamon höyry-, lauhde-, ja kattilavesiverkon PI-kaaviot käyttöhyödykeosaston alueella sekä piirsin tuotesäiliöalueen PI-kaavion sähköiseen muotoon. Vanha höyry-, lauhde-, ja kattilavesiverkon PI-kaavio oli tehty vuonna 1973 ja sen jälkeen sitä ei ollut päivitetty. Jalostamon muilla prosessialueilla kaaviot oli jo päivitetty. Käyttöhyödykeosasto on höyryverkon kannalta tärkein alue, koska höyryjakelu ja vastaanotto tapahtuu siellä. Höyryjakelu on keskittynyt käyttöhyödykeosastolle, koska jalostamon omat, käytöstä poistetut höyrykattilat sijaitsevat siellä.

2 NESTE OIL OYJ:N NAANTALIN JALOSTAMO

Naantalin jalostamo on pieni erikoistuotejalostamo. Jalostamon tuotanto on noin 3 miljoonaa tonnia vuodessa. Jalostusyksiköitä on noin 30 kappaletta. Jalostamossa työskentelee lähes 400 henkilöä, joista noin 350 jalostamon organisaatiossa ja noin 50 muissa konsernin yksiköissä kuten Neste Jacobs Oy:ssä. Jalostamolla valmistetaan noin 140 eri tuotenimikettä. Jalostamo on erikoistuotejalostamo, joka tuottaa normaalin öljynjalostamon tuotteiden lisäksi erikoistuotteita kuten liuottimia, bitumeja ja erikoisbenssiinejä. (NJ 2010.)

2.1 Jalostamon perustaminen

Naantalin jalostamon alkulaukauksena voidaan pitää valtion perustamaa öljy- ja alkoholituotteiden keskusvarastoa. Naantalin Tupavuorella sijainnut kallioinen 50 hehtaarin suuruinen ranta-alue pakkolunastettiin Puolustuslaitoksen käyttöön kesällä 1944. Samalla menettelyllä maa-aluetta laajennettiin kolme vuotta myöhemmin 248 hehtaariin ennakkoiden alueelle mahdollisesti tulevan öljynjalostamon tarpeita. (Vennonen 2007.)

Tupavuoren jyrkästi merenpinnasta 45 metrin korkeuteen kohoavaan kallioon alettiin 7.8.1944 louhia tunnelia ja parin vuoden kuluttua oli kaksi 4 000 m³ säiliötä valmiina ottamaan vastaan polttoainetta. Samaan aikaan ryhdyttiin rakentamaan myös laituria ja satamarataa. Neste Oy perustettiin vuonna 1947. Uusi yhtiö sai hallintaansa valtion öljynhuollon kannalta keskeisen keskusvaraston Naantalin Tupavuorella. Se ei kuitenkaan riittänyt, vaan välittömästi alettiin edistää myös suunnitelmia oman öljynjalostamon rakentamiseksi samalle alueelle. Nesteen johtokunnalle ja hallintoneuvostolle esiteltiin suunnitelmat 450 000 tonnin jalostamon rakentamiseksi. Sitä ehdotettiin myös valtioneuvostolle valtion budjetin kautta rahoitettavaksi teollisuushankkeeksi, mutta se tyrmättiin budjettivaliokunnan kokouksessa. (Vennonen 2007.)

Kun jalostamohankkeen toteuttaminen budjettivaroin ei ollut mahdollista, Neste alkoi kääntyä ulkomaisten rahoittajien puoleen. Tuolloin luotiin ensimmäinen kontakti jalostamon tulevaan rahoittajaan, ranskalaiseen pank-

kiin nimeltä Banque de Paris et des Pays Bas. Erilaisia rahoitusvaihtoehtoja selvitettiin ja ehdotettiin useaan otteeseen, mutta ne kaikki kompastuivat aina kotimaisen pääoman riittämättömyyteen. Tuolloin Neste alkoi tutkia mahdollisuutta toteuttaa investointi kokonaan ulkomaisten rahoittajien turvin. (Vennonen 2007.)

Vuonna 1954 eduskunta päätti valtioneuvoston myöntämisestä, ja jalostamon suunnittelu alkoi. Suunnittelijaksi valittiin amerikkalainen Lummus. Jalostamo oli aluksi tarkoitus rakentaa Tupavuoren laelle, mutta koska laitos tarvitsi paljon jäähdytysvettä, sen pumppaaminen mäen päälle olisi tullut liian kalliiksi. Sen vuoksi jalostamo päätettiin rakentaa alemmas, lähelle merenpinnan tasoa. (Vennonen 2007.)

Jalostamon rakennustyöt etenivät leutojen talvien ansiosta suunnitelmien mukaan, vaikka niitä hidasti vuoden 1956 yleislakko ja markan devalvointi vuonna 1957 nosti kustannuksia. Uuden laitoksen käynnistys alkoi heinäkuussa 1957. Pienten hämminkien ja opetteluvaiheiden jälkeen tuotanto alkoi vakiintua ja lokakuussa saavutettiin jo nimelliskapasiteetti. Lummuksen sopimukseen kuului jalostamon suunnittelun ja asennusvalvonnan lisäksi myös sen käynnistyksestä vastaaminen. Sen operaattorit ohjasivat prosessia, mutta aika nopeasti vastuu siirtyi suomalaisille öljynjalostajille koulutuksen ja työnopastuksen kautta. (Vennonen 2007.)

2.2 Jalostamon muutos erikoistuotejalostamoksi

Naantalın jalostamon käynnistymisestä alkaen aina ensimmäiseen öljykriisiin 1973 asti raakaöljy oli ollut halpaa, ja jalostamot kasvattivat vain kapasiteettia ja lisäsivät tuotantovolyymia. Näin tehtiin Naantalissakin, kun kapasiteetti kaksinkertaistettiin 1962. Öljykriisi nosti raakaöljyn hinnan pysyvästi lähes nelinkertaiseksi. Tällöin oli keskityttävä tuottavuuden parantamiseen. Myös ympäristönsuojelunäkökohdat nousivat samalla voimakkaasti esille. (Vennonen 2007.)

Kuvassa on 2.1 Naantalın öljynjalostamo.



Kuva 2.1 Naantalin öljynjalostamo (NJ 2010)

Naantalin jalostamon kannattavuus muuttui kriittiseksi 1980-luvulle tultaessa, ja eräänä vaihtoehtona oli jopa laitoksen sulkeminen. Näissä olosuhteissa Naantalin oli löydettävä edellytykset toiminnan jatkamiselle. Vastaus oli erikoistumisen strategia. Tärkeä askel Naantalin jalostamon tiellä kohti erikoistuotejalostamoita oli uuden bitumi- ja kumibitumiyksikön sekä bituminpuhallusyksikön rakentaminen vuosina 1988 - 1989. Myös uutuustuotteen kumibitumiemulsion valmistuskapasiteettia lisättiin. (Vennonen 2007.)

Uudessa kumibitumilaitoksessa oli kehittyneempi prosessiautomaatio, ja sen kapasiteetti nousi 500 tonniin vuorokaudessa. Kumibitumia käytettiin vilkasliikenteisten teiden päällystämiseen, sillä se kesti tavallista asfalttia paremmin nastojen kulutusta ja raskaan liikenteen aiheuttamaa muodonmuutosta. Kumibitumin volyymikasvulle oli kuitenkin rajoitteena sen korkeampi hinta. Kumibitumiemulsio on oma tuotteensa ja sitä käytetään sirotepintaukseen eli tienpinnan kiviaineksen sidontaan. (Vennonen 2007.)

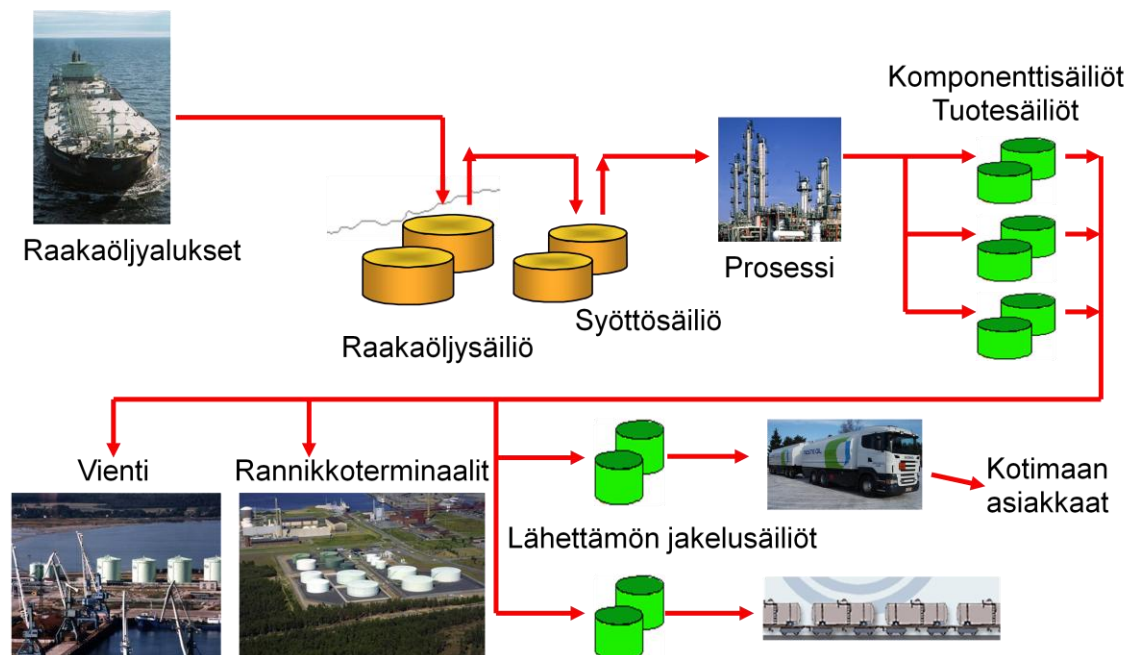
Uusi bituminpuhallusyksikkö erosi vanhoista panosprosesseista siinä, että se oli jatkuvatoiminen. Samalla se kaksinkertaisti vanhojen yksiköiden tuotannon. Puhallettujen bitumien suurin sovellutusalue oli kattohuopateol-

lisuus. Siitä valmistettuja bitumiliimoja käytettiin sideaineena sekä vesi- ja kosteuseristyksiin. (Vennonen 2007.)

2.3 Öljyn vastaanotto ja lähetys

Kaikki jalostamolle saapuva raakaöljy tulee meriteitse. Laivat puretaan raakaöljysäiliöihin, joista öljy siirretään syöttösäiliöihin ennen öljyn prosessointia. Prosessoinnin jälkeen tuotteeseen lisätään lisäaineet ja se siirretään tuotesäiliöihin. Tuotesäiliöistä öljy siirretään jakelusäiliöiden kautta laivaan, junaan tai tankkiautoon.

Kuvassa 2.2 on esitetty öljyn kulku Naantalın jalostamolla.



Kuva 2.2 Naantalın jalostamon öljynkulku vastaanotosta jakeluun (NJ 2010)

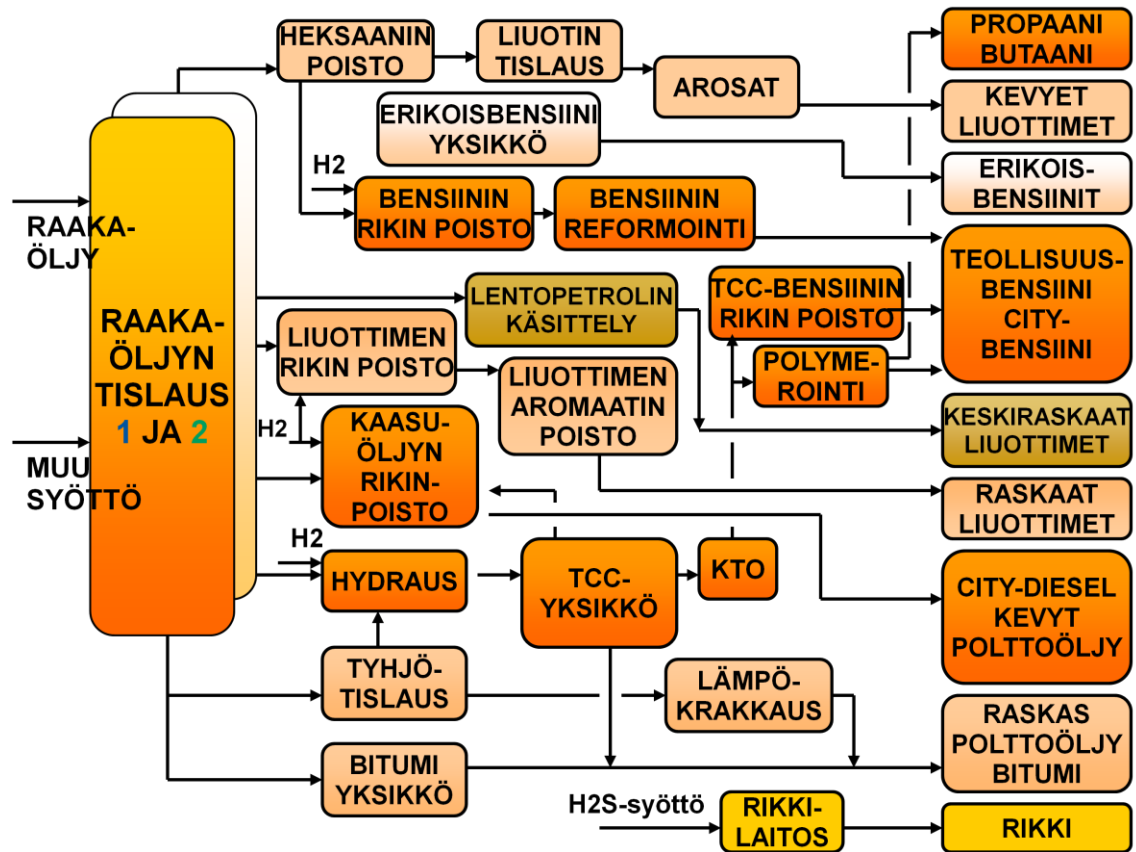
Öljynkierto jalostamon läpi saattaa kestää päivistä viikkoihin riippuen tuotteiden kysynnästä ja hinnasta.

2.4 Naantalın jalostamon öljynjalostusprosessi

Öljynjalostusprosessi alkaa suolanpoistolla. Suolanpoiston jälkeen raakaöljy tislataan. Naantalissa raakaöljyntislausyksiköitä on kaksi (RT1 ja RT2). Tislauksessa tuotteet erottuvat höyrystyslämpöjen mukaan. Tislauksen

jälkeen hiilivedyt kulkevat vielä yksikköprosessien läpi, joissa ne muokataan valmiiksi tuotteiksi.

Kuvassa 2.3 on esitetty öljyn kulku prosessiyksiköiden läpi.



Kuva 2.3 Naantalin jalostamon öljynjalostusprosessi (NJ 2010)

Öljynjalostamon tuotteet vaihtelevat jalostusasteittain, esimerkiksi kevyet kaasut erottuvat jo raakaöljyn tislauksessa kun taas esimerkiksi pienmoottoribensiini tarvitsee useita eri yksikköprosesseja.

3 RAAKAÖLJY

Öljyn uskotaan muodostuneen 50–200 miljoonaa vuotta sitten meressä eläneiden kasvien ja eläinten jäänteistä. Siihen aikaan suuri osa nykyisistä mantereista oli veden peitossa. Ravinteikkaissa vesistöissä eli runsaasti mikroskooppisen pieniä merieläimiä ja kasveja, jotka kuoltuaan vajosivat merien ja järvien hapettomiin syvänteisiin. Sinne kerääntyi myös jokien mukanaan tuomaa mutaa ja hiekkaa, joka hautasi eläinten ja kasvien jäänteet

yhä syvemmälle. Orgaaninen aines ja muta kasaantuivat aikojen saatossa paksuiksi kerrostumiksi, joissa orgaaninen aines säilyi vailla hapen ja biologisten eliöiden tuhoavaa vaikutusta.

Monimutkaiset kemialliset ja fysikaaliset prosessit muuttivat eläin- ja kasvikudokset raakaöljyksi ja maakaasuksi. Prosessi vaatii korkeaa lämpötilaa, suurta painetta, hapettomia olosuhteita, sopivien sedimenttikerrosten muodostumista sekä pitkää aikaa.

Sedimenttikerroksien kasvaessa ne painoivat alempia kerroksia kokoon aiheuttaen painetta, joka puristi vesi ja öljypisarat liikkeelle. Nesteet pyrkivät kerääntymään huokosiin hiekka- tai kalkkikivikerrostumiin, joissa paine oli vähäisempää.

Öljy ja kaasu kulkeutuivat huokosveden mukana yhä ylemmäs. Osa nousi maanpinnalle asti ja haihtui. Suuri osa öljystä ja kaasusta kuitenkin juuttui geologisessa rakenteessa oleviin öljytaskuihin eli öljyä läpäisemättömien kivikerrosten alle. Maanosat liikkuvat, katosivat meriin ja nousivat taas uudelleen aikojen kuluessa. Maanpinta poimuuntui ja muodosti vuorijonoja, jotka taas myöhemmin hävisivät. Tästä syystä öljyä löydetään alueilta jotka ovat satojen kilometrien päässä nykyisistä meristä, jopa keskellä hiekkavikoita. (Aatelo 1995, 13–14.)

3.1 Raakaöljyn ominaisuudet

Raakaöljy koostuu pääasiassa erilaisista hiilivedyistä, jotka voidaan jakaa molekyylimuodon perusteella toisaalta suoriin, haaroittuneisiin ja rengasmaisiin yhdisteisiin, toisaalta tyydyttyneisiin, tyydyttymättömiin ja aromaattisiin yhdisteisiin. Raakaöljyssä on keskimäärin 50 % nafteeneja eli rengasmaisia tyydyttyneitä hiilivetyjä ja noin 25 % parafiineja eli avoketjuisia hiilivetyjä. Aromaattien osuus on yleensä korkeintaan 15 %.

Vain hiiltä ja vetyä sisältävien yhdisteiden lisäksi raakaöljy sisältää 0,1–7 massaprosenttia rikkiä, 0,01–0,9 massaprosenttia typpeä ja 0,06–0,4 massaprosenttia happea sitoutuneena orgaanisiin yhdisteisiin. Raakaöljyssä esiintyviä rikkiyhdisteitä ovat esimerkiksi tiolit, sulfidit ja tiofeenit. Typpeä

sisältävät muun muassa pyrrolit, indolit, pyridiinit ja kinoliinit. Happiyhdisteitä ovat esimerkiksi fenolit ja bentsofuraanit. (Aatelo, 1995.)

3.2 Raakaöljyn ominaisuuksien vaikutus tuotteisiin

Raakaöljy on satojen hiilivetyjen ja erilaisten epäpuhtauksien seos. Suurin osa raakaöljyn hiilivedyistä on nestemäisiä, mutta mukana on myös kaasumaisia ja kiinteitä yhdisteitä. Epäpuhtaudet ovat pääasiassa orgaanisia rikki-, happi-, typpi- ja klooriyhdisteitä. Lisäksi öljyyn on sekoittunut vettä, suoloja ja hiekkaa.

Raakaöljyt vaihtelevat ominaisuuksiltaan: jotkut ovat raskaita ja paksuja, toiset taas lähes yhtä juoksevia kuin bensiini. Raakaöljyn väri vaihtelee mustasta oljenkeltaiseen.

Kaikista raakaöljyistä ei saada kaikkia öljytuotteita. Kevyimmät raakaöljyt eivät sisällä lainkaan bitumia. Jotkut raakaöljyt eivät sovi voiteluöljyjen valmistukseen. Eri laatujen rikkipitoisuudet vaihtelevat. Maailmassa on kaupan kaikkiaan yli sata raakaöljylaatua ja nykyaikainen jalostamo voi vuoden mittaan käyttää yli kymmentä laatua. (Aatelo 1995, 40.)

4 ÖLJYNJALOSTUKSEN TUOTANTOPROSESSIT

Raakaöljyn jalostuksella tarkoitetaan raakaöljyn jakamista tislaamalla jakeisiin ja näiden jakeiden fysikaalista ja kemiallista käsittelyä niin, että saadaan kaupallisia öljytuotteita. Fysikaalisista menetelmistä eli yksikköoperaatioista on tärkein tislaus. Kemiallisia keinoja eli yksikköprosesseja ovat krakkaus, alkalointi ja polymerointi, joilla on tarkoitus lisätä arvokkaiden, kevyiden jakeiden eli lähinnä bensiinin määrää. Tärkeitä yksikköprosesseja ovat myös reformointi ja vetykäsittely, joilla parannetaan eri jakeiden ominaisuuksia. Reformoinnilla nostetaan bensiinin oktaanilukua, ja vetykäsittelyä käytetään sekä rikinpoistoon että niin sanotussa vetykrakkauksessa. (Hase, Komppa, Lokio, Riistama, Vuori 1990.)

4.1 Suolanpoisto

Suolat poistetaan raakaöljystä mahdollisimman tarkoin ennen tislausta. Muutoin muodostuva suolahappo syövyttäisi laitteistoja.

Raakaöljy esilämmitetään 120–140 °C lämpötilaan ja siihen lisätään 3–5 prosenttia vettä. Öljy-vesiseosta sekoitetaan voimakkaasti, jolloin raakaöljyn suolat liukenevat veteen. Seos johdetaan suolanpoistimeen, jossa on vahva korkeajännitteinen vaihtosähkökenttä. Sähkökentän vaikutuksesta vesipisarat yhtyvät suuremmiksi ja painuvat pohjalle. Myös erilaiset kiinteät epäpuhtaudet laskeutuvat pohjalle, josta liete poistetaan ja vesi johdetaan jäteveden käsittelyyn. (Aatelo 1995, Hase ym. 1990.)

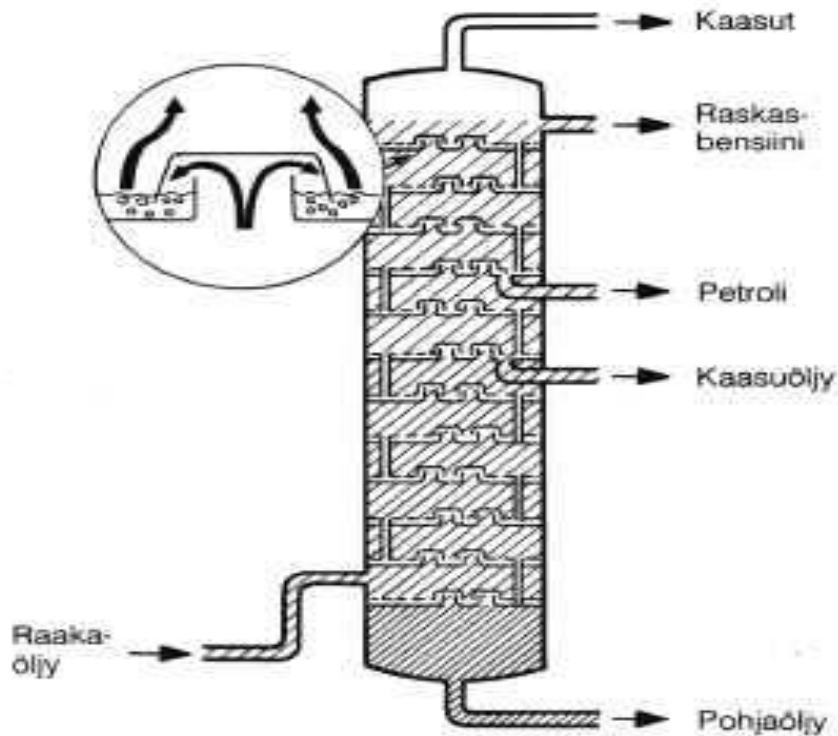
Suolaton raakaöljy johdetaan esilämmittimien kautta jakotislaukseen. Lämmön luovuttajina esilämmityksessä toimivat erilaiset tuote-, pohja- ja palautusvirrat. Viimeinen kuumennusvaihe ennen tislausta on putkiuuni, jossa lämpötila nousee 355–370 °C:een, jolloin noin 60 prosenttia öljystä höyrystyy. (Aatelo 1995.)

4.2 Tislaus

Tislaus ja tyhjötislaus ovat pelkästään erotusprosesseja. Niissä raakaöljyn jakeita ei muokata kemiallisesti, vaan vain erotetaan toisistaan. Yli puolet tislausjakeista on raskaita jakeita, joiden kysyntä on vähentynyt jatkuvasti. Toisaalta kevyiden jakeiden, erityisesti bensiinien kysyntä on jo pitkään ollut suuri ja sen odotetaan kasvavan edelleen. Nykyaikaisissa jalostamoissa tislausjakeita voidaan muokata vastaamaan paremmin markkinoiden tarpeita.

Tislauskolonni on korkea lieriömäinen torni, jossa on useita kymmeniä päällekkäisiä välipohjia. Uunista tuleva öljysumu johdetaan tislauskolonnin haihdutusosaan, jossa kaasu- ja nestevirtaukset erottuvat toisistaan. (Aatelo 1995.)

Kuvassa 4.1 on esitetty suoratislauskolonnin prosessikaavio.



Kuva 4.1 Suoratislauskolonnin prosessikaavio (Pihkala 2006)

Neste virtaa kolonnissa painovoiman vaikutuksesta alaspäin kohti kolonnin pohjaa. Kolonnin haihdutusosassa nesteestä haihdutetaan tulistetulla höyryllä erilleen siihen jääneet kevyet komponentit, jotka muutoin heikentäisivät tisesaantoa. Näin saatu pohjaöljy pumpataan tämän jälkeen tyhjötilausyksikköön.

Höyrystynyt osa puolestaan virtaa kohti kolonnin huippua eli alemman paineen suuntaan. Matkalla ylöspäin kaasu kohtaa huipun- ja kiertopalautuksen aiheuttaman kolonnin sisäisen nestepalautuksen, joka lauhduttaa ja vie mukanaan kaasuista jakeita sitä mukaa kun fysikaalinen lämpötila–paine-tasapaino edellyttää.

Kolonnin huipun saavuttavat kaasuna vain bensiini ja sitä kevyemmät jakeet. Kaikki raskaammat jakeet lauhtuvat nesteeksi ja ne otetaan erillisinä kolonnin keskivaiheilla sijaitsevista sivu-ulosotoista.

Sivu-ulosottojen määrä riippuu lähinnä käytettävissä olevista jatkojalostusyksiköistä ja jalostamon tuotevalikoimasta. Näitä sivu-ulosottoja nimitetään keskitisleiksi. (Pihkala 2006.)

4.2.1 Jakotislaus

Raakaöljy tislataan jakotislauskolonnissa jonka syöttö on haihdutusosaan johdettu putkiuunissa 355–370 °C:en esilämmitetty raakaöljy Haihdutusosassa kaasu ja neste sekoitetaan erotuspohjilla, joissa ne sitten erottuvat toisistaan. Lämpötila tislauskolonnin pohjalla on noin 400 °C ja huipulla 30–40°C. Tislauskolonni itsessään on lieriömäinen terästorni, jonka korkeus voi olla jopa 80 metriä.

Petroli, kevyt kaasuöljy ja kaasuöljy tislataan joko yhtenä kokonaisjakeena tai jaetaan eri jakeisiin riippuen siitä, mitä ominaisuuksia tuotteille halutaan. Kaasuöljyjen kaupalliset tuotenimet ovat dieselöljy ja kevyt polttoöljy.

Raakaöljyn jakotislaus on tuotteille vasta ensimmäinen, karkea erottelu. Useimmat tuotteet puhdistetaan tarkemmin uudestaan tislaamalla.

Suurin osa raakaöljystä on tislauskolonnin syöttölämpötilassa höyrynä, joka nousee kolonnin välipohjien retkien kautta vähitellen ylöspäin. Vain jalostamokaasu ja nestekaasut saavuttavat kolonnin huipun kaasumaisina. Jalostamokaasu sisältää lähinnä metaania ja etaania ja sitä käytetään jalostamalla polttoaineena. Muita kevyitä jakeita ovat moottori- ja teollisuusbenssiinit. Petroli on hieman benssiiniä raskaampaa. Raskaimmat tislauskolonnissa höyrystyvät jakeet ovat kevyt polttoöljy ja dieselöljy.

Raakaöljyn jakotislauksen pohjaöljy sisältää raskaita hiilivetyjä, joita voidaan käyttää lähes sellaisenaan raskaan polttoöljyn ja bitumien valmistukseen. Jos pohjaöljystä valmistetaan raskasta polttoöljyä, on sen viskositeettia yleensä alennettava joko lämpökrakkausyksikössä tai lisäämällä ohentimia. Tiettyjen raakaöljylaatujen pohjaöljyä voidaan käyttää sellaisenaan tiebitumien valmistukseen. (Aatelo 1995.)

4.2.2 Tyhjötislaus

Useimmilla jalostamoilla ja useimpia raakaöljylaatuja käytettäessä pohjaöljyä saadaan enemmän kuin siitä suoraan valmistettaville tuotteille on kysyntää jalostamon markkina-alueella. Lisäksi tuotteiden hintataso on matala verrattuna esimerkiksi moottoribenssiiniin. Tämän vuoksi pohjaöljy tislataan uudelleen osittaisessa tyhjössä. Tyhjötislausessa pohjaöljystä erotetaan jakeita, jotka johdetaan edelleen krakkausyksiköihin.

Pohjaöljy kuumennetaan putkiuunissa 400 °C:n lämpötilaan ja syötetään tyhjötislauskolonniin. Kolonnin paine on 60–100 mbar eli alle kymmenesosa ilmakehän paineesta. Kolonnissa käytetään tislauvälilipohjien sijasta tätekappalevyöhykkeitä, joiden avulla saadaan tasainen aineen- ja lämmönsiirto.

Huipulta saatava ylimenoöljy syötetään kaasuöljyn rikinpoistoyksikköön. Kevyt ja raskas tyhjökaasuöljy syötetään katalyyttisen krakkauksen syöttöaineiksi. Pohjaöljystä valmistetaan bitumeja tai raskasta polttoöljyä. (Aatelo 1995.)

4.3 Bitumien valmistus

Tislatut bitumit valmistetaan tyhjötislauskolonnin pohjaöljystä. Niiden kovuutta voidaan säätää hyvin löysistä bitumiöljytyyppisistä tuotteista aina kiinteisiin tiebitumeihin. Kovuutta säädetään muuttamalla tyhjötislausprosessiolosuhteita.

Puhalletut bitumit valmistetaan puhaltamalla 250 °C-asteisen bitumin läpi ilmaa. Ilman happi hapettaa bitumin yhdisteitä ja muuttaa siten sen lämpötilaherkkyttä. Puhalluksessa bitumien pehmenemispiste nousee ja ominaisuudet matalissa lämpötiloissa paranevat. Bitumiliuokset valmistetaan lisäämällä tislattuun tai puhallettuun kuumaan bitumiin sopivaa hiilivetypohjaista liuotinta. Bitumiliuos on helposti käytettävää nestettä lämmittämättä.

Bitumiöljyihin sekoitetaan bitumia ja keskitislejakeita, joiden tislausalue on 180–380 °C. Bitumiöljyt ovat hitaasti haihtuvia liuoksia, jotka tehdään hyvin pehmeästä bitumista.

Bitumiemulsio on liusten ohella toinen tapa saada bitumi helposti käsiteltävään muotoon. Bitumiemulsio valmistetaan sekoittamalla kuuma bitumi hyvin pieniksi pisaroiksi veteen. Syntynyt emulsio stabiloidaan stabilointiaineilla. (Aatelo 1995.)

4.4 Krakkaus

Yleisin tapa muokata öljyä on krakkaus, jossa suuria hiilivetymolekyylejä pilkotaan pienemmiksi. Näin raskaita tuotteita muutetaan kevyemmiksi.

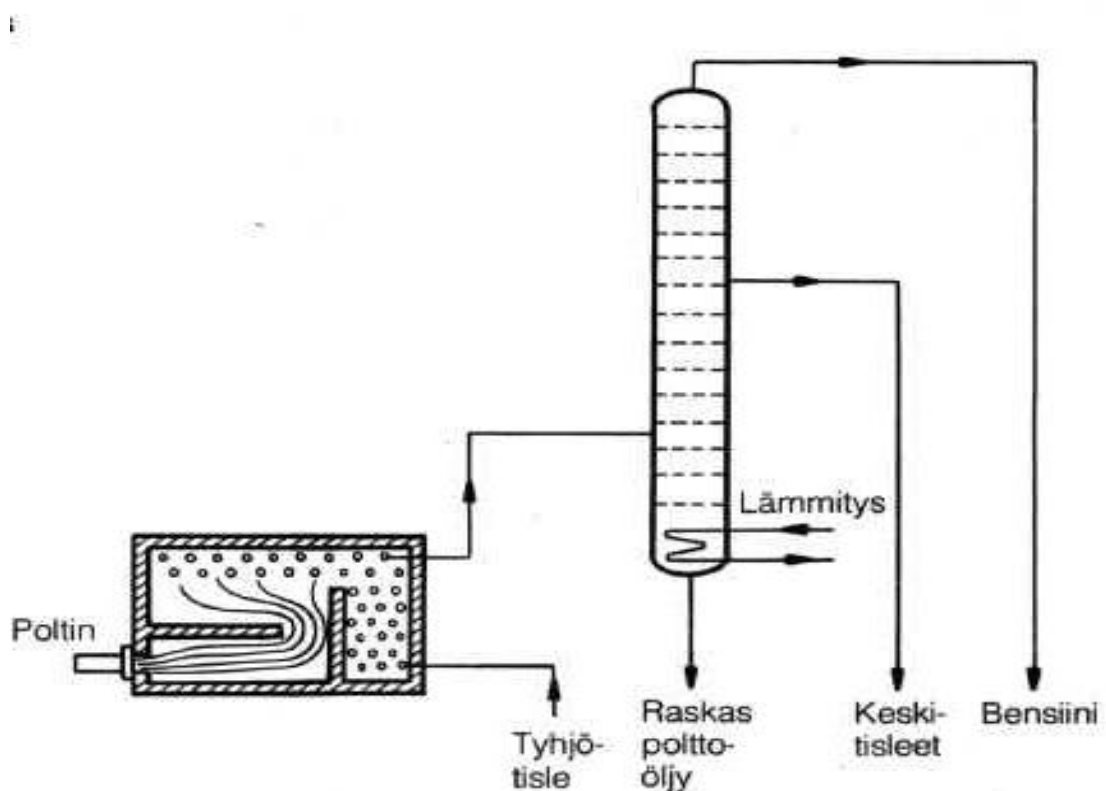
Krakkausprosessit lisäävät bensiinien osuutta jalostamon tuotteista jopa kaksinkertaiseksi. Myös bensiinin laatu paranee krakkauksessa.

Krakkausmenetelmät jaetaan kahteen päätyyppiin: lämpökrakkaukseen ja katalyyttiseen krakkaukseen. Lämpökrakkauksessa raskaat jakeet pilkotaan korkean lämpötilan ja paineen avulla. Katalyyttisessä krakkauksessa pilkkoutumisprosessia kiihdytetään katalyytillä, joka nopeuttaa kemiallisia reaktioita. Nykyaikaisilla jalostamoilla on yleensä useita krakkausprosesseja. (Aatelo 1995.)

4.4.1 Lämpökrakkaus

Lämpökrakkauksessa tyhjötislauksen pohjaöljyä käsitellään niin, että molekyylit pilkkoutuvat pienemmiksi ja tuotteen viskositeetti laskee. Syöttö-öljy kuumennetaan uunissa 450–460 °C:n lämpötilaan ja johdetaan reaktoriin, jossa valtaosa pilkkoutumisreaktioista tapahtuu termisesti.

Kuvassa 4.2 on esitetty lämpökrakkausyksikön prosessikaavio.



Kuva 4.2 Lämpökrakkausyksikön prosessikaavio (Pihkala 2006)

Tuotevirta jäädytetään nopeasti reaktioiden pysäyttämiseksi ja liiallisen pilkkoutumisen estämiseksi. Tämän jälkeen se johdetaan tislauskolonniin, jossa syntyneet kevyemmät jakeet eli kaasut, bensiinit ja kaasuöljyt erotetaan pohjaöljystä. (Aatelo 1995, Hase ym. 1990.)

4.4.2 Lämpökatalyyttinen krakkaus

Lämpökatalyyttisen krakkauksen (TCC, Thermofor Catalytic Cracking) lähtöaineena käytetään tyhjötislauskevyttä tyhjökaasuöljyä, jonka tislausalue on 300–560 °C.

TCC-yksikössä tyhjökaasuöljy krakkautuu lämmön ja helmimäisen piialumiinioksidikatalyytin vaikutuksesta. Katalyytti kiertää prosessissa ilman avulla. Se puhalletaan erotussäiliöstä reaktoriin, johon johdetaan myös 440 °C:een esilämmitetty syöttöpohjaöljy. (Aatelo 1995, Hase ym. 1990)

Kuvassa 4.3 on Naantalın öljynjalostamon TCC-yksikkö.



Kuva 4.3 Naantalın TCC-yksikkö

Krakkaustuotteet erotetaan katalyytistä höyryn avulla ja johdetaan edelleen tislaukolonniin. Katalyytin pinnalle kertynyt koksi poltetaan regenerointiuunissa. Puhdistunut katalyytti jäähdytetään ja johdetaan takaisin erotus-säiliöön. Prosessissa kiertää noin 250 tonnia katalyyttirakeita.

Reaktiotuotteet erotetaan tislaamalla. Kaasujae johdetaan kaasujen talteenottoyksikköön, jossa polttokaasu ja nestekaasut erotetaan toisistaan. Bensiinijakeen oktaaniluku on noin 90. Se käytetään stabiloinnin jälkeen moottoribensiinin valmistukseen.

Kevyistä kaasuöljyistä valmistetaan dieselöljyä ja kevyitä polttoöljyjä. Ras- kas kaasuöljy palautetaan TCC-prosessin lisäsyötöksi, koska se lisää ben- siinisaantoa. Pohjaöljy sekoitetaan raskaaseen polttoöljyyn. (Aatelo 1995)

4.5 Vety-yksikkö

Vety-yksikkö tuottaa jalostamon prosessien tarvitseman vedyn. Syöttövirran rikkiyhdisteet muutetaan katalyytin avulla rikkivedyksi, joka poistetaan vir- rasta imeyttämällä se sinkkioksiidiin.

Rikistä puhdistettu syöttövirta kuumennetaan noin 850 °C:een lämpötilaan. Se johdetaan ns. höyryreformointiin, jossa hiilivedyt ja vesi reagoivat nikke- likatalyytin avulla monien osareaktioiden kautta hiilidioksidiksi ja vedyksi.

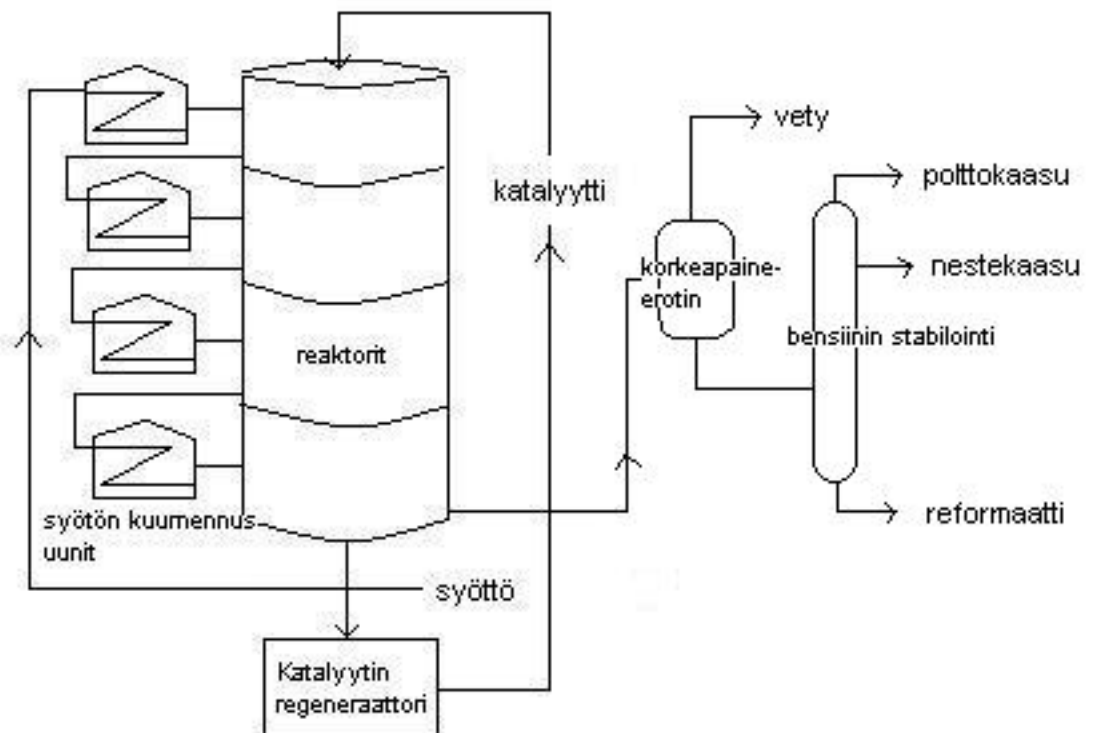
Tuotevirta jäähdytetään. Ylimääräinen vesihöyry lauhdutetaan ja erotetaan kaasuvirrasta, joka johdetaan pesuosaan. Hiilidioksidi pestään kaasusta kaliumkarbonaatti-glysiiniseoksella. Jäljelle jääneet hiilen oksidit muutetaan metaaniksi. Lopputuotteessa on noin 96 mooliprosenttia vetyä ja 4 mooli- prosenttia metaania. (Aatelo 1995.)

4.6 Reformointi

Eräs bensinijakeiden tärkeimmistä valmistusprosesseista on mootto- ribensiinien reformointi, jossa matalaoktaaniset hiilivedyt muutetaan kor- keaoktaanisemmiksi. Syöttövirtana käytetään vetykrakkausyksikön ja raa- kaöljyn jakotislauksen bensinijakeita. Jakeista on ennen reformointia pois- tettava katalyyttimyrkyt, kuten rikki, typpi ja happi.

Reformointi on prosessi, jolla kevyiden tuotteiden laatua parannetaan lämmön, paineen ja usein myös katalyytin avulla. Reformoinnissa atomien järjestys molekyylin sisällä muuttuu, mutta molekyylin koko pysyy samana. Reformoinnilla parannetaan jakotislauksen bensiinijaetta muuttamalla sen yhdisteitä korkeaoktaanisemmiksi. (Aatelo 1995, Hase ym. 1990.)

Kuvassa 4.4 on reformointilaitteiston prosessikaavio.



Kuva 4.4 Reformointilaitteiston prosessikaavio (TTY 2010)

Tyypillisiä reformointireaktioita ovat nafteenien eli rengasmaisten tyydyttyneiden hiilivetyjen muuttuminen aromaattisiksi, suoraketjuisten hiilivetyjen muuttuminen rengasmaisiksi, erilaiset isomerointireaktiot, joissa esimerkiksi suorat ketjut haaroittuvat sekä vetykrakkautuminen, jossa muissa reformointireaktioissa vapautunut vety sitoutuu uudelleen pitkien hiilivetyjen pilkkoutuessa lyhyemmiksi.

Reformointireaktiot ovat vahvasti lämpöä sitovia. Yhden kuumennusuunin teho ei riitä, minkä vuoksi reformointiyksikössä on yleensä kolme tai neljä reaktoria sarjassa. Jokaisella reaktorilla on oma syötönkuumennusuuni.

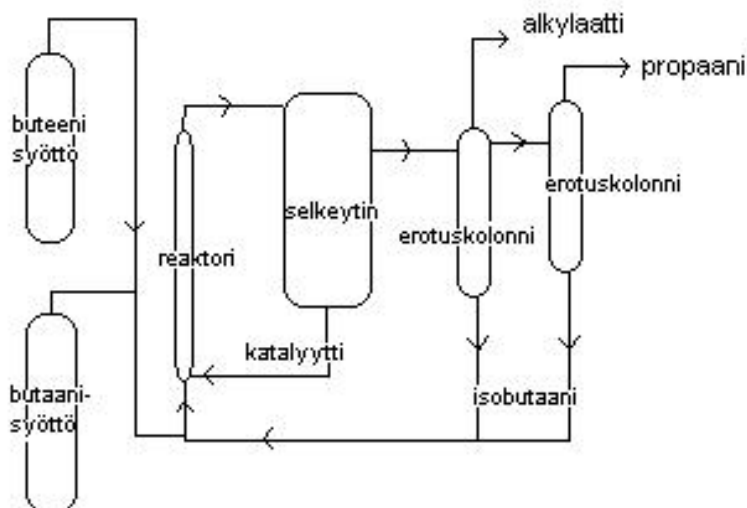
Syöttövirrasta poistetaan rikinpoistoyksikössä rikki, typpi ja happi, jotka tekevät katalyytin nopeasti toimintakyvyttömäksi. Reaktiot tapahtuvat 5-10 baarin paineessa ja 480–540 °C:n lämpötilassa. Katalyyttinä käytetään alumiinioksidiin imeytettyä platinaa (0,3-0,75 massa-prosenttia) ja muita jalometalleja. Epätoivotuissa sivureaktioissa muodostuu katalyytin pinnalle vähitellen koksia, joka poltetaan pois erillisessä regenerointiosassa.

Tuotevirrasta erotetaan vety ja kaasumaiset komponentit. Vety käytetään bensiinien ja kaasuöljyjen rikinpoistoyksiköissä. Lopputuote, ns. reformaatti, sisältää runsaasti aromaattisia hiilivetyjä kuten bentseeniä ja ksyleeniä. Se käytetään joko korkeaoktaanisen moottoribensiinin valmistukseen tai petrokemiallisten prosessien syöttöaineena. (Aatelo 1995.)

4.7 Alkylointi

Alkylointi tarkoittaa krakkaukselle vastakkaista prosessia. Siinä kevyitä nestekaasujakeita ja muita pieniä molekyylejä yhdistetään suuremmiksi, bensiinien ja kemikaalien valmistukseen sopiviksi yhdisteiksi.

Kuvassa 4.5 on esitetty alkylointilaitteiston prosessikaavio.



Kuva 4.5 Alkylointilaitteiston prosessikaavio (TTY 2010)

Alkylointiyksikön syöttöaineina käytetään nestekaasujakeita, propeenia, buteeneja ja isobutaania, kuten TCC-yksikön C4-jakeita. Kun kaksoissidos

avautuu, siihen liittyy toinen hiili-vety, jolloin muodostuu dimeeri. Reaktiotuotteina syntyvät korkeaktaanisissa, mutta vähäaromaattisissa hiilivetyjä eli ns. alkylaatteja, jotka soveltuvat erinomaisesti moottoribensiinien valmistukseen.

Buteenisyyttö esikäsitellään usein vedyn ja katalyytin avulla niin, että 1-buteeni isomeroituu 2-buteeniksi. Näin alkylointireaktioiden lopputuotteista saadaan haaroittuneempia.

Alkylointireaktiot ovat nopeita ja vahvasti lämpöä luovuttavia. Putkireaktorissa on 30 °C:n lämpötila ja 6 baarin paine sekä fluorivetykatalyytti. Reaktiotuotteet johdetaan selkeyttimeen, josta fluorivety kierrätetään takaisin reaktoriin. Ylimäärä isobutaania johdetaan tislauskolonnista takaisin reaktoriin ja C3-jae propaanin erotuskolonniin ja edelleen propaanin puhdistukseen. Lopputuote, niin sanottu alkylaatti, käytetään moottoribensiinien valmistukseen. (Aatelo 1995.)

4.8 Polymerointi

Katalyyttisellä polymeroinnilla voidaan olefiinirikkaita C₃- ja C₄- eli neste-kaasujakeita muuttaa bensiiniksi. Tällaisia jakeita ovat TCC-nestekaasut, jotka voidaan johtaa amiini- ja lipeäpesun kautta polymerointiyksikköön. Polymerointi tapahtuu väkevän fosforihappokatalyytin läsnä ollessa. Naantalin jalostamon polymerointiyksikössä on kiinteäkerrosreaktorit, joissa fosforihappo on kvartsihiekkään imeytettynä. Yksikön tuotteita ovat bensiini ja nestekaasut. (Hase ym. 1990.)

4.9 Arosat

Arosat-yksikössä parannetaan tiettyjen liuottimien, kuten heksaanin, lakkaspiiriin ja valopetrolin, laatua niiden aromaattipitoisuutta alentamalla. Yksikön syöttönä käytetään raakaöljyn tislauksen bensiinijakeista valmistettuja liuottimia. Nämä johdetaan tarvittaessa ensin rikinpoistovaiheeseen, jossa niistä poistetaan prosessin platinakatalyyttiä myrkyttävät rikkiyhdisteet. Liuottimet reagoivat Arosat-reaktorissa vedyn kanssa korkeassa paineessa ja lämpötilassa, jolloin aromaattisissa yhdisteissä oleva bentseenirengas muuttuu sykloheksaanirenkaaksi. (Hase ym. 1990.)

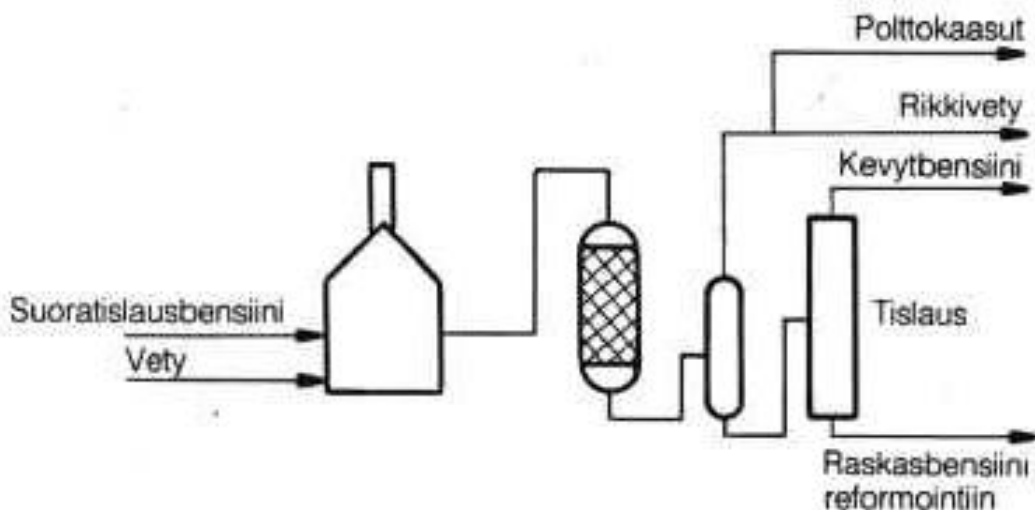
4.10 Rikinpoisto ja rikin valmistus

Rikinpoistoyksiköiden tehtävänä on poistaa rikki suoratislausbensiinistä ennen reformointia sekä raakaöljyn tislauksen ja katalyyttisen krakkauksen keskitisleistä. Rikinpoistoreaktiot tapahtuvat vetypaineessa (15–30 bar bensiini ja noin 50 bar keskitisleet) ja 300–380°C:n lämpötilassa kobolttia ja molybdeenia sisältävän katalyytin läsnä ollessa. (Hase ym. 1990.)

Syötön sisältämien rikkiyhdisteiden rikki pelkistyy rikkivedyksi ja samalla poistuvat myös muun muassa typpi ammoniakkinä, happi sekä metalliset platinakatalyytin myrkyt, jotka absorboituvat rikinpoistokatalyytin pinnalle. Kun kaasuöljyn rikinpoiston reaktiotuote tislataan, saadaan seuraavia lähes rikittömiä jakeita: bensiiniä, liuottimia, lentopetrolia sekä kaasuöljyä, jota käytetään dieselöljynä tai kevyen polttoöljyn komponenttina. (Hase ym. 1990.)

Nestekaasujen sisältämät rikkiyhdisteet, rikkivety ja merkaptaanit, poistetaan kaksivaiheisella lipeäpesulla. FCC-yksiköstä saatu bensiinijae käsitellään merkaptaanien hapetusyksikössä, missä bensiinin sisältämät haisevat ja korrodoivat merkaptaanit hapetetaan ilman hapella disulfideiksi kuparikatalyyttiliuoksessa. (Hase ym. 1990.)

Kuvassa 4.6 on esitetty bensiinin rikinpoistoyksikön prosessikaavio.



Kuva 4.6 Bensiinin rikinpoistoyksikön prosessikaavio. (Pihkala 2006)

Krakkaus- ja rikinpoistoyksiköiden tuottamista poltto- ja nestekaasuvirroista otetaan rikkivety talteen absorboimalla se noin 25-prosenttiseen amiiniliuokseen (esim. di-isopropanoliamiini ja dietanoliamiini) 5-10 bar:n paineessa. Absorptioliuos regeneroidaan lämmittämällä normaalipaineessa, jolloin rikkivety irtoaa amiinista ja johdetaan edelleen Claus-uuniin alkuainerikin valmistamiseksi. (Hase ym. 1990.)

4.11 Lopputuotteiden valmistus

Useimmat öljytuotteet valmistetaan jalostamoprosessien eri jakeista sekoittamalla ja lisäämällä pieniä määriä lisäainetta, joiden tavoitteena on parantaa tuotteen ominaisuuksia tai tehdä tuote tunnistettavaksi. Tuotejakeet tutkitaan laadunvalvontalaboratoriossa varastosäiliöittäin. Analyysitulosten perusteella laaditaan sekoitusohje. Sen laatiminen on valmistuksen tärkein vaihe. Tavoitteena on käyttää jalostamoprosessien tuotejakeet mahdollisimman hyvin ja edullisesti siten, että kaikki valmistettavan tuotteen laatuvaatimukset saavutetaan. (Aatelo 1995.)

Eräät tuotteet, kuten nestekaasut ja lentopetroli, ovat myyntituotteen laatu-määritysten mukaisia jo varastosäiliöön pumpattaessa. Lopputuotteen valmistus merkitsee silloin vain veden poistoa, lisäaineiden lisäämistä ja lopullisen laadun tarkistamista.

Useimmat tuotteet, esimerkiksi dieselöljyt ja polttoöljyt, valmistetaan sekoittamalla säiliöllinen kerrallaan. Valmistussäiliöön pumpataan ohjeen mukaiset määrät jakeita varastosäiliöistä, panos sekoitetaan ja laatu varmistetaan.

Vaativin valmistustapa on pumpata jakeet valmistusohjeen mukaisissa suhteissa suoraan putkilinjaan. Seos johdetaan tuotesäiliöön, johon tulee koko ajan laatuvaatimukset täyttävää tuotetta eikä erillistä säiliösekoitusta tarvita. Jatkuvatoimisella sekoituksella valmistetaan muun muassa moottoribensiinejä. (Aatelo 1995.)

5 HÖYRY

5.1 Höyryn tuotanto

Höyry tuotetaan höyrykattiloissa, jotka käyvät joko polttoaineella, prosessin jätelämmöllä tai sähköllä. Naantalın jalostamolle höyryä tulee myös Naantalın sähkövoimalaitoksen turbiinin välitosta sopivassa paineessa, jolloin se on ensin tuottanut sähköä.

Höyry sisältää aina jonkin verran vettä lähtiessään kattilasta. Höyry alkaa lauhtua heti koskettaessaan putkiston seinämää. Syntyvän lauhteen määrä vastaa lämpöhäviötä putken seinämien läpi ympäristöön. Mitä kosteampaa höyry on, sitä huonompi on sen laatu. Kattilan ylikuormitus on monesti syytä höyryn kosteuteen.

Kattilan työpaineella on myös merkitystä höyryn kuivuuteen. Jos kattilassa vesi kiehuu voimakkaasti, hyppivät vesipisarat voimakkaasti ja osa lähtee höyryn mukana kiertoon. Pisaroita voidaan välttää nostamalla kattilan painetta tai käyttämällä pisaranerotinta, jolloin saadaan parempaa höyryä. Paineen alennusventtiili myös kuivattaa höyryä.

Höyryn tilavuus riippuu paineesta. Jos 1 kg vettä muunnetaan höyryksi, saadaan 1 kg höyryä. Höyrykilon tilavuus normaali-ilmanpaineessa on 1,725 m³. Paineessa 1 MPa on saman höyrykilon tilavuus vain 0,1944 m³. Paineen noustessa höyry tiivistyy ja tilavuus pienenee.

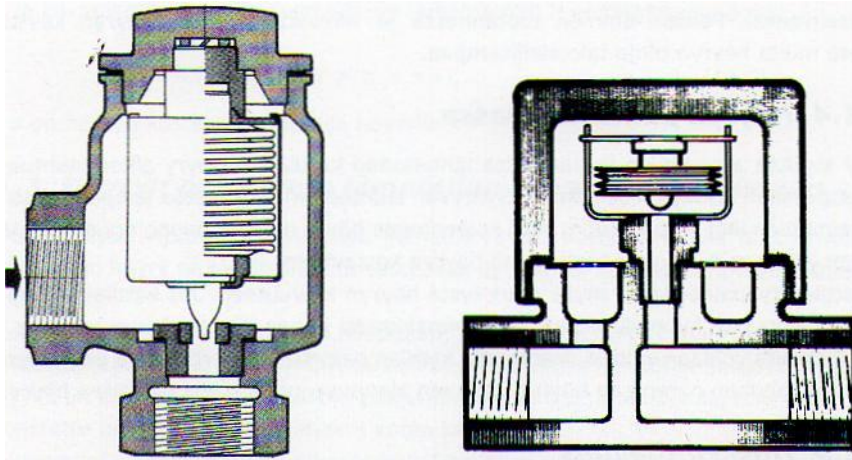
Kaasuilla kuten ilmalla, hapella ja hiilidioksidilla on haitallinen vaikutus höyryssä, koska kaasu ottaa omaa osapainettaan vastaavan osuuden höyryn ja kaasun seoksessa. Kaasun lämmönsiirtokyky on pienempi kuin puhtaan höyryn. Kaasu muodostaa myös eristävän kerroksen höyryn ja lämmönsiirtopinnan väliin.

Ilma voi tulla järjestelmään syöttöveden mukana. Veteen liukenee happea ja etenkin hiilidioksidia, jonka liukenemiskyky on n. 30 kertaa suurempi kuin hapen. Suurin osa ilmasta tulee järjestelmään laitoksen alasajon yhteydessä. Alasajon yhteydessä höyry jäähtyy ja lauhtuu. Järjestelmään syntyy alipainetta, jolloin ilmaa pääsee järjestelmään venttiilien ja putkikyhteiden kautta. (Energiateollisuus 2006.)

5.1.1 Ilman poisto höyrystä

Ilma poistetaan termostaattisella poistimella. Ilma on aina kylmempää kuin höyry niiden seoksessa.

Kuvassa 5.1 on esitetty termostaattisen ilmanpoistimen rakenne.



Kuva 5.1 Termostaattinen ilmanpoistin: vasemmalla paljemalli ja oikealla kapselimalli (Energiateollisuus 2006)

Poistimen liikkuvan osan muodostaa joko palje tai kapseli. Palje ja kapseli on täytetty nesteellä, jonka höyrystymislämpötila on alhaisempi kuin veden. Käynnistettäessä laitosta ilmanpoistin on täysin auki, jolloin putkissa kulkeva ilma poistuu laitteen auki olevan aukon kautta. Ennen höyryn tuloa palje tai kapseli laajenee nesteen höyrystyessä ja sulkee aukon. Kun erottimeen kerääntyneen lauhteen lämpötila laskee, lauhtuu höyry palkeessa tai kapselissa. Poistoaukko avautuu ja ilma poistuu. Laite on pienikokoinen, toimii hyvin sekä säätää itse itsensä. Laite ei kuitenkaan kestä suuria paineiskuja. (Energiateollisuus 2006.)

5.2 Höyryn käyttö

Höyryä käytetään paljon erilaisten teollisuuden prosessien lämmittämiseen ja työntekoon sen monien hyvien ominaisuuksien takia. Höyry on myrkytön ja turvallinen, höyryn siirtäminen ja kuljettaminen on helppoa, höyryllä on korkea lämpökapasiteetti, höyryn lämpötilaa on helppo hallita paineen avul-

la ja höyry on halpa verrattuna esimerkiksi kuumaöljyjärjestelmiin. (Motiva 2009.)

Öljynjalostamolla käytetään höyryä prosessointiin, linjojen ja säiliöiden lämmittämiseen, puhdistustöihin, kiinteistöjen lämmittämiseen, käyttö- ja kattilaveden lämmittämiseen, kattilaveden kaasunpoistoon, tislaukskolonnien pohjankiehuttimien lämmittämiseen, tislauksen tehostamiseen (strippaus-höyry), toimilaitteiden höyryhuhteluun, tulipalojen sammutukseen sekä joissakin uuneissa, putkistoissa ja laitteissa höyryllä syrjäytetään polttokaasun ja ilman seos.

6 HÖYRYN JAKELU

Höyryverkon tehtävä on kuljettaa höyryä loppukäyttäjille. Höyryverkkoon kuuluvat paineenalennusventtiilit, varoventtiilit, sulkuventtiilit, toimilaitteet sekä automaatio. Höyryn jakelussa tärkeintä on höyryn katkeamaton jakelu sekä jakelupaineiden tasaisuus. Taloudellinen höyryn jakelu on tärkeä tekijä höyryn tuottokohteen ja käyttökohteen välillä. Jakeluputkiston tulee johdattaa hyvän laatuista höyryä oikea määrä ja oikean paineisena kulutuskohteeseen. Höyryn siirtäminen tulee tapahtua mahdollisimman pienellä lämpöhäviöllä (Spirax Sarco 2008).

6.1 Höyryn paine

Höyryn paine riippuu sen käyttökohteen tarvitsemasta lämpötilasta, höyryn lämpötila on verrannollinen höyryn paineeseen.

Matalapaineinen höyry sisältää enemmän höyrystysenergiaa per painoyksikkö kuin korkeapaineinen höyry, ja on siksi parempaa lämmitykseen. Matalapaineisen höyryn ehkä vielä suurempi etu on, että se muodostaa vähemmän hönkähöyryä kuin korkeapaineinen ja siten lauhde on helpompi hallita. Valinnassa tulee huomioida kyseisen käyttökohteen tarvitsema lämpötila (ja sen vuoksi myös paine). Lämmönsiirtopinnoissa tapahtuvat häviöt on huomioitava, jotta tuotteeseen saadaan riittävä lämpöteho (Spirax Sarco 2008).

Alle 5 baarin paineessa höyryn tilavuus kasvaa huomattavasti, johtuen kaasujen kokoonpuristuvuudesta. Tämä merkitsee pienillä paineilla suurempia putkikokoja, venttiileitä ja lämpöhäviöitä, kun siirretään sama määrä höyryä. Höyryn paine kannattaakin alentaa vasta juuri ennen käyttökohdetta (Spirax Sarco 2008).

Jalostamalla tuotetaan matalapainehöyry paineenalennusventtiilin avulla 15 baarin paineessa olevasta korkeapainehöyrystä. Matalapainehöyry on 2,5 baarin paineessa. Keskipainehöyry on myös tuotettu paineenalennusventtiilin avulla korkeapainehöyrystä. Keskipainehöyry on 5 baarin paineessa.

Matala- ja korkeapainehöyryjen paineenalennusventtiilit sijaitsevat höyryn jakotukin välittömässä yhteydessä ja paineenalennusventtiilien jälkeen linjoissa ovat varoventtiilit. Varoventtiilit avautuvat 3,5 ja 6 baarin paineissa. Varoventtiilit ovat heti paineenalennusventtiilien jälkeen koska matala- ja keskipainehöyrylinjojen putkistorakenteita ei ole suunniteltu korkeille paineille. Varoventtiilit suojaavat putkistolinjaa siinä tapauksessa, että paineilmalla toimivat paineenalennusventtiilit menevät epäkuntoon.

6.2 Höyryputkisto

Höyryputkiston paine laskee aina, kun virtausta häiritään tai sen suuntaa muutetaan. Putkiston painetta laskevat mutkat, siihen kiinnitetyt komponentit kuten venttiilit sekä putkiston pituus. Loivat käännökset ovat parempia kuin jyrkät mutkat. Venttiileissä tulee kiinnittää huomiota siihen, minkälainen vaikutus venttiilillä on virtaukseen ja putkiston paineeseen. (Motiva 2009.)

6.2.1 Höyryputken mitoitus

Paineen valinnan jälkeen mitoitetaan höyryputket. On luonnollista valita olemassa oleva koko. Putken koko on parasta valita esimerkiksi kattilan pääventtiilin koon mukaan. Toisessa päässä putken koko valitaan höyryä kuluttavan laitteen yhteen koon mukaan.

Ylimoitettut putket maksavat paljon enemmän kuin oikein mitoitettut. Esimerkiksi halkaisijaltaan 80 mm olevan putkilinjan asentaminen maksaa noin 44 % enemmän kuin halkaisijaltaan 50 mm putkilinjan, joka saattaa maini-

osti riittää kyseessä olevalle laitteella. Kustannuksia ei aiheuta ainoastaan putki, vaan myös eristys, ankkurointi ja venttiilit.

Ylimoitettujen putkien aiheuttamat kustannukset ovat myös suuremmat. Halkaisijaltaan 80 mm:n putkessa on 50 % suurempi lämpöä luovuttava pinta-ala kuin halkaisijaltaan 50 mm putkessa. Lämpöhäviöt ovat siis 50 % suuremmat ja lauhdetta muodostuu myös 50 % enemmän, joka pitää poistaa. Jos lauhdetta ei poisteta kunnollisilla vesityksillä, laskevat höyryn laatu ja laitoksen teho.

Alimitoitetuissa höyryputkissa esiintyy paljon ongelmia. Putki ei pysty siirtämään riittävää höyrymäärää. Putket aiheuttavat suuria painehäviöitä. Laitoksen teho laskee. Suuri virtausnopeus aiheuttaa kulumista ja mahdollisesti vesi-iskuja. (Energiateollisuus 2006.)

6.2.2 Höyryputken kaltevuus

Höyryputken on laskettava virtaussuuntaan kaikkialla, missä se on mahdollista. Jos tehdään nousuja, niiden on oltava pystysuoria ja mutkakohtaan on tehtävä lauhteenpoisto. Vaakasuoran putken kaltevuudeksi virtaussuunnassa suositellaan 0,5–1,0 cm/m. Jos putki on lievästi nouseva, valuu lauhde putkessa takaisinpäin ja törmää kymmenien metrien sekuntinopeudella virtaavaan höyryyn. Mutkakohtaan voi syntyä edestakaisin vellova "vesitulppa", josta osa aika ajoin lähtee höyryn suuntaan liikkeelle ja aiheuttaa vesi-iskuja.

Jos höyryputkea ei voida jostain syystä rakentaa laskevana, mitoitetaan putki suuremmaksi ja virtausnopeus rajoitetaan pienemmäksi, esimerkiksi alle 20 m/s. Lauhteen poisto on syytä tehdä myös tiheämmin suorilla ja vastamäkiosuuksilla. (Energiateollisuus 2006.)

6.2.3 Höyryputken lujuustekninen mitoitus

Lujuustekninen mitoitus ottaa huomioon lämpötilasta, paineesta ja virtausnopeudesta verkkoon syntyvät jännitykset. Kiinnityskohdat täytyy tehdä riittävän tukeviksi, jotta lämpölaajenemisen kompensointikäyrät ja -mutkat toimivat oikein. Lämpötilan laajenemisen kompensoinnille täytyy varata myös riittävästi tilaa esteettömälle toiminnalle. Mitoituksen täytyy myös kestää

käynnistyksen aiheuttamat lämpötilan ja massavirtauksen nopeat muutokset. (Energiateollisuus 2006.)

7 LAUHDEVERKKO

Höyryputket aiheuttavat usein enemmän ongelmia kuin muut putket. Ongelmia aiheuttaa höyryputkiin muodostuva lauhde, jos höyryputkea ei ole vesitetty oikein.

Heti kun höyry virtaa kattilasta höyryputkeen, alkaa se lauhtua. Käynnistysvaiheessa lauhteen muodostus on suurinta. Putkien lämpötilan kohotessa lauhteenmuodostus pienenee.

Tehokas lauhteenpoisto on yksi tärkeimmistä höyryjärjestelmän energiatehokkuuteen vaikuttavista toimenpiteistä. Lauhteenpoisto auttaa minimoimaan energiankulutusta ja lisää tuottavuutta.

Höyrystä lauhtunut vesi tulee poistaa höyryputkesta, koska lauhde vähentää tilavuutta, jossa höyry pystyy putkessa kulkemaan, lauhde heikentää lämmönsiirtoa lämmönsiirtopinnoilla ja lauhteen kerääntyminen putkeen voi myös tukkia putken ja estää höyryn pääsyn lämmitettävään kohteeseen.

Lauhde virtaa putken pohjalla hitaammin kuin höyry. Lauhdemäärän lisääntyessä höyryn virtausnopeus kasvaa höyrymäärän pysyessä samana. Kulutuksen vaihdellessa höyryn virtausnopeus vaihtelee, mikä kasvattaa vesi-iskuvaaraa. Venttiilit ja mutkat kasvattavat vesi-iskuvaaraa, jos lauhteenpoisto ei ole riittävän tehokasta.

Jos höyryputkeen ei ole asennettu kunnollisia laajenemiskohtia, joissa laajeneminen ja supistuminen voi tapahtua, on seurauksena helposti niin sanottua "putkien roikkumista". Näihin putkilinjan alimpiin kohtiin lauhde kerääntyy aiheuttaen vesi-iskuvaaran (SpiraxSarco 2006, Motiva 2009).

7.1 Lauhteenpoisto

Oikein suunnitelluissa lauhdeputkistoissa lauhteenpalautus ei aiheuta liian suurta vastapainetta lauhteenpoistimille, jotta lauhteenpoisto voi yleensä tapahtua. Tämä merkitsee oikein mitoitetun lauhdeputkea. Useimmiten

lauhteen tulee voida virrata painovoimaisesti alaspäin lauhdeputkessa. Ideaalitilanteessa lauhdeputkessa oleva laskunmukainen putouskorkeus voittaa putkessa vaikuttavan virtausvastuksen maksimikuormalla.

Käynnistystilanteessa höyrynpaine on usein matala johtuen suuresta lauhteenmuodostuksesta höyrytilassa. Maksimi paine-erolla lauhteenpoistimen yli saadaan sen maksimi läpäisykyky. Useimmat lauhteenpoistimet toimivat suurestikin vaihtelevilla vastapaineilla, eikä vastapaine vaikuta muuhun kuin poistimen läpäisymäärään paine-eron pienenemisen johdosta.

Lauhteenpoistimet poistavat myös sinne tulleen ilman lauhdeputkeen ilmanpoistokykynsä mukaan. Ilma virtaa lauhteenpoistimen läpi lauhdeputkeen. Lauhdeputkessa, jossa lauhde virtaa painovoimaisesti alaspäin, tulee olla tilaa myös ilmalle.

Useinkaan lauhdetta ei voida palauttaa painovoimaisesti takaisin syöttövesisäiliöön. Tällöin lauhde keräillään säiliöihin, joista se pumpataan takaisin voimalaitokselle. Tästä on monenlaista hyötyä. Vastapainetta ei muodostu liikaa ja se pysyy suhteellisen vakiona. Säiliöt tasaavat kuormituksen vaihteluita.

Lauhdejärjestelmä voi olla avoin tai suljettu. Avoimessa järjestelmässä lauhteenkeräyssäiliö on varustettu hönkäaukolla. Hönkäaukosta nähdään milloin lauhteenpoistimet poistavat lauhdetta. Kun lauhteenpoistimet vuotavat tuorehöyryä hönkäaukosta, virtaavan höyryn määrä kasvaa. Järjestelmän etuna voidaan pitää, että paine ei pääse nousemaan lauhdeputkistossa liian korkeaksi. Tämä on yleistä varsinkin laitoksissa, joissa käytetään pieniä höyrynpaineita. Suljetuissa järjestelmissä käytetään syntynyt hönkähöyry hyödyksi. Mitä suurempi on lauhde- ja höyryputken välillä lauhteenpoistimen yli vaikuttava paine-ero, sitä enemmän muodostuu hönkähöyryä höyrykiloa kohti (SpiraxSarco 2006).

7.3 Lauhdeputken mitoitus

Lauhdeputken mitoittaminen täsmälleen oikean kokoiseksi on vaikeaa. Lauhteen paine laskee, kun se virtaa lauhteenpoistimen suuttimen läpi matalapaineisempaan lauhdelinjaan. Paineen laskun seurauksena kuuma

lauhde höyrystyy uudelleen ja syntyy niin sanottua hönkähöyryä. Lauhdeputkessa tulee olla siis tila hönkähöyrylle ja lauhteelle.

Hönkähöyryllä on pieni ominaispaino. Hönkähöyry vaatii siis lauhdeveteen verrattuna suuren tilan painoyksikköä kohti. Toisaalta hönkähöyry virtaa lauhdeputkessa suuremmalla nopeudella kuin lauhde. Täsmälleen oikean nimelliskoon laskeminen lauhdeputkelle, jossa virtaa sekä lauhdetta että hönkähöyryä, on hankalaa. Laskennallisessa mitoituksessa tulisi huomioida myös paineet ja lämpötilat sekä niiden erotukset.

Ennen käyntiinajoa laitos on kylmä. Höyry lauhtuu käynnistyksessä nopeasti ja sen vuoksi lauhdetta muodostuu kaksi- tai kolminkertainen määrä käyntitilanteeseen verrattuna. Käyntinajovaiheessa lauhdejärjestelmän tulee siis kyetä kuljettamaan kaksin- tai kolminkertainen määrä lauhdetta. Samanaikaisesti käyntinajovaiheessa ei kuitenkaan muodostu niin paljon hönkähöyryä kuin käyntivaiheessa, koska poistuva lauhde on kylmempää.

Kun laitos on ajettu ylös, on muodostuvan lauhteen määrä laskenut. Samanaikaisesti lauhteen lämpötila on noussut, ja sen vuoksi hönkähöyryä muodostuu putkiin enemmän kuin käynnistysvaiheessa.

Edellä mainittujen seikkojen takia on yksinkertaista mitoittaa lauhdeputki käynnistyskuorman mukaiselle lauhdeveden virtausmäärälle. Käyntivaiheessa lauhdemäärän pienetessä jää lauhdeputkiin riittävä tila hönkähöyrylle. Käynnistyskuormana tulee pitää vähintään kaksinkertaista käyttökuormaa (SpiraxSarco 2006).

7.4 Lauhteen nosto

Lauhde ei voi virrata painovoimaisesti alaspäin, jos lauhdeputki nousee. Lauhteenpoistin ei itsessään nosta lauhdetta, vaan poistimessa vaikuttava höyryn paine. Jokaista 0,11 baaria kohti voidaan teoriassa nostaa lauhdetta yksi metri. Höyrynpaine on usein poistimen suuttimessa pienempi kuin verkoston paine. Lämpötilansäätimet, automaattiset tai käsikäyttöiset pienentävät höyrynpainetta lauhteenpoistimissa alentaessaan lämpötilaa. Paine saattaa laskea nolnaan tai jopa mennä alle ilmanpaineen. Nopea lauhtuminen esimerkiksi patterissa tuulettimen käynnistyessä laskee painetta, jolloin

nostokorkeus pienenee. Nämä tekijät tulee ottaa huomioon, kun ratkaistaan, voidaanko lauhdetta nostaa ilman pumppua.

Kun rajatapauksissa nostetaan lauhdetta höyrynpaineella, syntyy usein melua aiheuttavia vesi-iskuja lauhdeputkissa. Tällöin lauhteenpoistimeksi tulee valita mekaanista rasitusta kestävää tyyppiä. Tällöin avouimuripoistin on hyvä valinta uimurilauhteenpoistimen tilalle lämmityskojeisiin ja lämmönvaihtimiin. Nostokorkeuden ja putkivastuksen aiheuttama vastapaine pienentää paine-eroa lauhteenpoistimen yli, ja siten poistimen kapasiteetti pienenee (SpiraxSarco 2006).

7.5 Lauhteen palautus

Linjavesityksissä lauhdeputki useimmiten seuraa höyryputkea. Höyry virtaa kulutuskohteeseen ja lauhde päinvastaiseen suuntaan takaisin voimalaitokselle. Lauhde kerätään ennen pumppua säiliöön, josta se pumpataan lauhdelinjaan. Lauhde ehtii jäähtyä lauhteenpoistimen jälkeen ja säiliössä ennen pumppausta. Lauhteen lämpötila laskee myös lauhdeputkessa.

Lauhteenpoistimelta tuleva lauhde johdetaan helposti lähimpään lauhdeputkeen. Lauhteenpoistimelta tuleva lauhde on usein varsinkin linjavesityksissä lähellä höyrynpainetta. Kun tämä kuuma lauhde purkautuu lauhteenpoistimen läpi matalapaineisempaan lauhdeputkeen, syntyy hönkähöyryä. Kun tämä kuuma lauhde johdetaan lähellä olevaan lauhteenpalautuslinjaan, joka saattaa olla jo täynnä pumpulta tulevaa kylmähkää lauhdetta syntyy ongelma, jossa hönkähöyrylle ei ole tilaa lauhdeputkessa. Pienellä pinta-alalla putken yläosassa tai lauhdeveden sisällä virtaava hönkähöyry aiheuttaa vesi-iskuja ja lauhdevedeen sekoittuva hönkähöyry aiheuttaa kylmemmässä lauhteessa kiehumista, josta on seurauksena vesi-iskuja ja melua.

Paras tapa on kerätä lauhde ensin keräilysäiliöön, jonka jälkeen lauhde pumpataan. Jos lauhdetta ei ole käytännöllistä johtaa säiliöön vesityskohdasta, voidaan käyttää lauhteenpoistinta joka jäähdyttää lauhdetta ennen kuin päästää sen lauhdelinjaan. Tällöin lauhteenpoistimen edessä on oltava noin 2 metriä eristämätöntä putkea ja höyryputkessa kunnollinen vesitystasku, jotta höyryputki ei jää vesilastiin (SpiraxSarco 2006).

8 KATTILAVESI

Kattilavesi on teollisuuslaitosten ja voimaloiden höyrykattiloiden suljetussa järjestelmässä käytettävää vettä. Sille on asetettava erittäin korkeat laatuvaatimukset erityisesti saostumien ja korroosion estämiseksi. Kattilavesi on yleensä ioninvaihdettua neutraalia hapetonta vettä, johon lisätään korroosion ja saostumien estämiseksi esimerkiksi EDTA:ta, NTA:ta tai erilaisia mono-, di- ja trinatriumfosfaatin yhdistelmiä. Kattilavettä voidaan valmistaa ioninvaihdolla tai kalvopuhdistusmenetelmillä. (Isoaho & Valve 1988.)

Kattilavettä valmistetaan myös palautuneesta lauhdevedestä. Naantalissa lauhdevesi ohjataan syöttövesisäiliöön, jossa veteen liuenneita korroosiota aiheuttavia kaasuja poistetaan syöttövedestä. Syöttövesisäiliössä vesi lämmitetään kylläiseksi vedeksi. Tällöin veteen liuenneiden korroosiota aiheuttavien kaasujen (kuten hapen ja hiilidioksidin) liukoisuus veteen pienenee nollaan. Ne höyrystyvät vedestä, ja ne johdetaan kaasunpoistotornista ulos. Tämän jälkeen säädetään pH ja lisätään lisäaineita, jonka jälkeen vesi käytetään höyryn tuotantoon. Korvausvesi valmistetaan ioninvaihto- ja pehmennysprosesseissa.

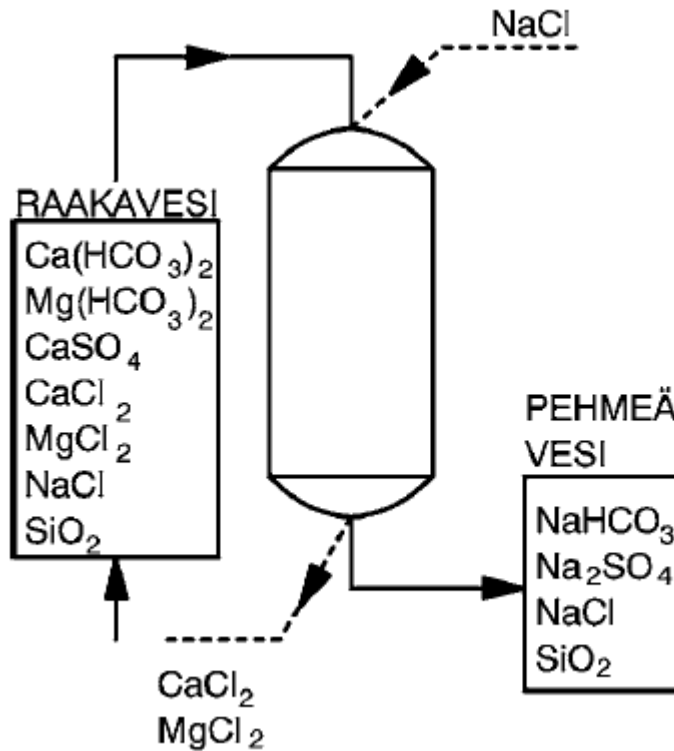
8.1 Veden pehmennys

Kalsium- ja magnesiumsuolat ovat pahimmat kattilakiveä aiheuttavat maasta veteen liuenneet suolat. Niiden liukoisuus veteen pienenee lämpötilan noustessa, jolloin ne pyrkivät muodostamaan kiinteitä kerroksia kattilan kuumille lämpöpinnoille.

Veden pehmennys voidaan suorittaa pehmennysuodattimella, joka vaihtaa pahimmat kattilakiven aiheuttajat, kalsium- ja magnesiumionit, haitattomiin natriumioneihin, joiden liukoisuus veteen puolestaan kasvaa lämpötilan noustessa.

Pehmennysuodattimessa on pieniä hartsipalloja, joiden pinnalla on natriumioneja. Pehmennysvaiheessa pehmennettävä vesi virtaa suodattimen läpi, jolloin kalsium- ja magnesiumionit vaihtuvat natriumioneihin. Kovuutta aiheuttavat suolat tarttuvat hartsiin. Kun natrium-ionit ovat loppuneet, on suodatin elvytettävä.

Kuvassa 8.1 on esitetty pehennyssuodattimen toimintaperiaate.



Kuva 8.1 Pehennyssuodattimen toimintaperiaate. Katkoviiva esittää elvytystä (Isoaho & Valve 1988)

Elvytys suoritetaan johtamalla noin 10-prosenttista natriumkloridiliuosta suodattimen läpi, jolloin elvytysliuoksen natriumionit tarttuvat hartsiin ja kalsium- ja magnesiumionit lähtevät liuoksen mukana. Liuos johdetaan viemäriin.

8.2 Ioninvaihto

Ioninvaihto voidaan määritellä reversiibeliksi ionin vaihdoksi nestevirran ja ioninvaihtomassan kesken. Sekä luonnosta löydettäviä että synteettisiä aineita voidaan käyttää ioninvaihtomassoina. Rakenteeltaan ne ovat makromolekulaarisia yhdisteitä kuten hartseja. Reaktioaktiivisten kohtien lukumäärä massassa määrittelee sen vaihtokapasiteetin. Reversiibeliys tarkoittaa sitä, että ioninvaihtomassa voidaan palauttaa alkuperäiseen tilaansa. Palauttamista kutsutaan ioninvaihtotekniikassa elvyttämiseksi. Ioninvaihtimien elvytys voidaan suorittaa hapoilla, emäksillä tai suoloilla. Näistä valmis-

tetaan väkevä liuos, joka sisältää massasta korvautuneita ioneja (Isoaho & Valve 1988.)

Kationisessa vaihtimessa on massa, joka sitoo positiivisesti varautuneita ioneja ja vapauttaa H^+ -ioneja. Anionisessa vaihtimessa on massa, joka sitoo negatiivisesti varautuneita ioneja ja vapauttaa OH^- -ioneja. Naantalissa on käytössä sekavaihdin, jossa on sekä kationista että anionista massaa. Ionivaihtimia on kaksi, jotta toista voidaan käyttää, kun toista elvytetään.

9 CAD-SUUNNITTELU

Tekninen piirustus on kuvan muotoon laadittu suunnitelma. Se on teknisen suunnittelutyön lopputulos. Kuvien lisäksi piirustus sisältää aina myös tekstejä, kirjaimia ja numeroita. Piirustusta voidaan tarkastella paperitulosteena, kopiona tai suoraan tietokoneen näytöltä.

Yhä useammin suunnitelma laaditaan tietokoneella. Tästä työskentelytavasta käytetään lyhennettä CAD (Computer Aided Design). (Heikkilä 2005.)

9.1 CAD-suunnittelun etuja

CAD:lla tehdessä suunnittelutyö tehostuu ja nopeutuu, koska voidaan käyttää automaattista mitoitusta, valmiita kuvasymboleita, aikaisempia piirustuksia ja niiden osia uusien pohjina. Myös vanhojen piirustusten muokkaus on helppoa. Suuri etu on myös piirustusarkistojen koon pieneneminen ja käytön helppous. Piirustuksille on ominaista, että ne on laadittu sovittujen sääntöjen mukaan. Siksi ne ovat selviä ja yksikäsitteisiä (Heikkilä 2005).

9.2 CAD:n käyttö

Teknisissä piirustuksissa lähes kaikki asiat perustuvat standardeihin. Esi-merkkeinä voidaan mainita viivatyypit ja viivojen leveydet, tekstityylit ja tekstin korkeudet, kuvaamistavat, mitoitus-, hitsaus- ja pinta-merkinnät, kierteet, mittakaavat ja vaikkapa kopioiden taittaminen.

Tehokas CAD-työskentely vaatii verraten tehokkaan tietokoneen. Erityisesti tehokkuusvaatimus koskee kolmiulotteista suunnittelua.

CAD-ohjelmia on markkinoilla runsaasti. Perusohjelmiin voidaan liittää toimialakohtaisia tai yrityskohtaisia sovellusohjelmia, jotka palvelevat usein tehokkaimmin tietyn suunnittelualan tarpeita. Ohjelmien perusrakenne on yleensä samantyyppinen. Ne ovat myös moduulisia: perusohjelmaa voidaan täydentää lisä-ohjelmilla esimerkiksi mallinnuksen, varjostuksen ja animaation tekoon (Heikkilä 2005).

10 TYÖN TAUSTA JA TARKOITUS

Tämän työn tarkoitus oli päivittää ja siirtää sähköiseen muotoon Naantalın jalostamon käyttöhyödykeosaston höyry-, lauhde-, ja kattilavesiverkon PI-kaaviot. Vanha kaavio oli todettu vaikeaselkoiseksi, vanhentuneeksi sekä useilta osin paikkansapitämättömäksi. Vanhan kaavion päivittäminen oli myös ongelmallista, koska se ei ollut sähköisessä muodossa. Vanhasta kaaviosta puuttui paljon linjoja ja muuta prosessin hoidon kannalta tärkeää informaatiota. Vanhassa kaaviossa oli myös jalostamon oma voimalaitos, joka lopetti toimintansa jo 1980-luvulla.

Jalostamon muiden prosessiyksiköiden höyry- ja lauhdeverkon PI-kaaviot oli jo päivitetty lukuun ottamatta tuotesäiliöaluetta. Työn tarkoituksena olikin yhtenäistää jalostamon höyrykaaviot ja mahdollistaa höyry-, lauhde-, ja kattilavesilinjojen seuraaminen koko jalostamon alueella PI-kaavioita käyttäen.

Työhöni kuului myös tehdä putkiin linjamerkintöjä jotka helpottavat höyry- ja lauhdeverkon operointia. Höyry- ja lauhdeverkon operointi on ollut hankalaa toisaalta vanhentuneen, alun perinkin epätäydellisen PI-kaavion vuoksi, toisaalta puutteellisten linjamerkintöjen takia. Usein ainoa tapa varmistua siitä, mihin linja menee, oli linjata se. Putken linjaaminen on aikaa vievä tapa ja vaarantaa prosessin katkeamattomuuden varsinkin häiriötilanteissa. Putkien linjaamista myös vaikeuttavat putkien päällekkäisyydet ja niiden meneminen seinien ja kattojen läpi.

Työn tavoitteena oli luoda mahdollisimman selkeä mutta kuitenkin tarkka PI-kaavio, jonka tulisi helpottaa höyryverkon operointia varsinkin häiriötilanteissa.

11 TYÖN SUORITUS

Tämä opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä NesteJacobs Oy:n ja NesteOil Oyj:n kanssa. Insinööriyön käytännön osa suoritettiin NesteOil Oyj:n Naantalin jalostamon käyttöhyödykeosastolla ja PI-kaavion laatiminen suoritettiin NesteJacobs Oy:n Naantalin toimipisteessä.

Työssäni päivitin Naantalin jalostamon käyttöhyödykeosaston höyry-, lauhde- ja kattilavesiverkon PI-kaavion. Alkuperäinen tarkoitukseni oli tehdä uusi PI-kaavio vanhan kaavion pohjalta. Nopeasti kuitenkin huomasin, että uusi kaavio tulee tehdä aivan tyhjältä pohjalta vanhan kaavion paikkansapitämättömyyden vuoksi. Vanhasta PI-kaaviosta puuttui useita linjoja, ja siitä myös puuttui prosessiturvallisuuden kannalta tärkeää tietoa, esimerkiksi höyryverkon 2,5 ja 5 baarin linjojen varoventtiilien avautumispaineet ja positiot. Vanhaa kaaviota käytin kuitenkin suunnittelun tukena.

Aloitin kaavion piirtämisen käyttöhyödykealueella sijaitsevasta höyryn jakotukista, joka oli luonteva paikka aloittaa, koska lähes koko jalostamon korkea-, keski- ja matalapainehöyryn jakelu kulkee jakotukin kautta.

Työtä tehdessäni seurasin yhtä linjaa kerrallaan jakotukista käyttöhyödykeosaston alueen rajaan asti. Piirsin seuraamani linjan paperille merkiten siihen venttiilit, toimilaitteet ja instrumentoinnit. Kun olin piirtänyt muutaman linjan paperille, siirryin toimistoon piirtämään linjat sähköiseen muotoon.

Piirrettyäni muutaman linjan sähköiseen muotoon tulostin piirustuksen ja tarkistin sen samalla, kun aloin piirtää uusia linjoja paperille.

Työssäni käytin Microstation-nimistä CAD-ohjelmaa (Bentley, Microstation 2011). Ohjelmassa oli valmiina tärkeimmät asetukset ja useimmin käytetyt kuvasymbolit. CAD-suunnittelu oli hyvin virtaviivaista. Muutaman päivän harjoittelun jälkeen olin jo oppinut kaikki perustoiminnot. Piirsin linjan alkupisteestä loppupisteeseen merkiten siihen venttiilit, instrumentoinnit ja toimilaitteet. Kun päälinjat olivat valmiina, piirsin linjat, jotka yhdistivät näitä.

Suurimpia ongelmia työssä oli putkilinjojen ristiin menemiset sekä kattojen ja seinien läpäiseminen. Usein linja katosi, kun se meni seinän läpi tai kulki putkiryppään läpi. Tällaisissa tapauksissa ainoa vaihtoehto oli seurata linjaa

toisesta suunnasta. Käyttöhyödykealueella on myös useita käytöstä poistettuja putkilinjoja, joita seuraamalla saattoi huomata, että linja onkin katkaistu tai sokeoitu. Ongelmia tuottivat myös putkien puutteelliset linjamerkinnot.

Normaalisti PI-kaaviot ovat mustavalkoisia, mutta päätin kuitenkin tehdä kaavion eri linjat eri väreillä. Päädyin värien käyttämiseen, koska höyrylinjoja oli kolmessa eri paineessa ja niiden lisäksi oli vielä kattilavesi- ja lauhdelinjat. Eri linjojen ollessa erivärisiä on huomattavasti helpompaa seurata linjoja kaaviossa. PI-kaavio on selkeä myös mustavalkoisena.

Linjojen ollessa erivärisiä on myös huomattavasti helpompi löytää päälinjoja yhdistävät linjat. Naantalissa esimerkiksi 5 baarin höyrylinjassa on mahdollista käyttää myös 2,5 baarin höyryä. 2,5 baarin linjassa on myös mahdollista käyttää 5 baarin höyryä. 2,5 ja 5 baarin linjojen yhdistäminen on tärkeää varsinkin isoissa seisokeissa, joissa höyryä lisätään höyrykehitysautosta, lämmityksen turvaamiseksi.

PI-kaaviossa on 15, 5 ja 2,5 baarin höyrylinjat, lauhdeverkko sekä kattilavesilinjat. Höyrylinjojen värityksessä päädyin punaiseen (15 Bar), keltaiseen (5 bar) sekä vihreään (2,5 bar). Lauhdelinjojen väriksi valitsin sinisen ja kattilavesilinjoiksi violetin.

Merkitsin linjat teippien avulla niiden löytämisen ja operoinnin helpottamiseksi. Käytin merkkaukseen linjojen putkipositioita, jotka ovat samat kuin PI-kaaviossa. Linjojen merkinnät helpottavat varsinkin häiriötilanteissa operointia; häiriötilanteissa on usein riskinä se, että suljetaan tai avataan väärä linjoja. Linjamerkintöjen ollessa kunnossa on operointi varmempaa ja nopeampaa.

Käyttöhyödykeosaston PI-kaavion tekemisen jälkeen huomasin, että käyttöhyödykeosaston vieressä olevien alueiden PI-kaaviot tarvitsivat myös muokkausta, koska linjat menivät eri paikoista kuin tekemässäni PI-kaaviossa. Myös osa käyttöhyödykeosastolla sijaitsevista toimilaitteista ja varoventtiileistä oli piirretty toisen alueen PI-kaavioihin. Muokkasin neljän eri alueen PI-kaaviot siirtäen linjojen paikkoja ja saattaen toimilaitteiden ja varoventtiilien sijainnit oikeiksi. Piirsin myös koko jalostamon läpi menevän kattilavesilinjan kaikkiin PI-kaavioihin, koska se niistä puuttui.

12 YHTEENVETO

PI-kaavion tekeminen oli haastavaa. Kokonaisuutena työ meni todella hyvin ja kaaviosta on tulevaisuudessa apua niin operatiivisessa toiminnassa kuin suunnittelutyössäkin. PI-kaavio toimii myös pohjana poikkeamatarkasteluille sekä muille prosessiturvallisuuksia parantaville selvityksille.

PI-kaavioita tulisi päivittää aina, kun prosessiin tulee muutoksia. Vanhaan PI-kaavioon nähden uudessa on enemmän linjoja ja niiden seuraaminen on helpompaa. Piirtämään PI-kaaviota on helpompi muokata kuin edellistä, koska se on sähköisessä muodossa.

Työ toteutettiin yhdessä NesteJacobsin sekä Naantalin jalostamon henkilökunnan kanssa. PI-kaavion jätin operaattoreille tarkastettavaksi. He eivät siitä virheitä löytäneet, joten voin pitää työn suoritusta onnistuneena. Myös NesteJacobsin edustaja tarkasti työstäni sen standardien mukaisuuden sekä muut PI-kaavion laatimiseen liittyvät seikat, kuten automaatioviittaukset sekä viittaukset muihin kaavioihin.

KUVAT

Kuva 2.1 Naantalin öljynjalostamo, s. 9

Kuva 2.2 Naantalin jalostamon öljynkulku vastaanotosta jakeluun, s.10

Kuva 2.3 Naantalin jalostamon öljynjalostusprosessi, s. 11

Kuva 4.1 Suoratislauskolonnin prosessikaavio, s. 15

Kuva 4.2 Lämpökrakkausyksikön prosessikaavio, s. 18

Kuva 4.3 Naantalin TCC-yksikkö, s.19

Kuva 4.4 Reformointilaitteiston prosessikaavio, s. 21

Kuva 4.5 Alkylointilaitteiston prosessikaavio, s. 22

Kuva 4.6 Bensiinin rikinpoistoyksikön prosessikaavio, s.24

Kuva 5.1 Termostaattinen ilmanpoistin, s.27

Kuva 8.1 Pehmennyssuodattimen toimintaperiaate, s.36

LÄHTEET

Aatelo, M. 1995. Lähteiltä tuotteiksi – öljyn tie. Tampere: Kemiateollisuus ry, Taloudellinen Tiedotustoimisto, Suomen Muoviteollisuusliitto, Öljyalan keskusliitto.

Bentley Microstation 2011. <http://www.bentley.com/fi-FI/> (Luettu 12.1.2011)

Energiateollisuus 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Energiateollisuus.

Hase, M. Komppa, V. Lokio, A. Riistama, K. Vuori, M.(toim.) 1990. Suomen kemiateollisuus. Mikkeli: Chemas Oy.

Heikkilä, M. 2005. Tekniset piirustukset. 2-5. painos. Turku: WSOY.

Isoaho, S. Valve, M. 1988. Vesikemian perusteet. 2. painos. Helsinki: Ota-kustantamo.

Motiva 2009 Energiatehokas höyry- ja lauhdejärjestelmä.
http://www.motiva.fi/files/2407/Energiatehokas_h_yry_ja_lauhdej_rjestelm_.pdf (Luettu 12.01.2011)

NJ. Naantalin jalostamon esittelymateriaali 2010.

Pihkala J. 2010. Prosessitekniikka.
<http://prosessitekniikka.kpedu.fi/> (Luettu 15.01.2011)

SpiraxSarco 2006. Käytännön lauhteenpoisto.

Spirax Sarco 2008. Steam Engineering Tutorials.
<http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials.asp>
(Luettu 12.01.2011)

TTY 2010. Tampereen teknillinen yliopisto 2010. Teollinen orgaaninen kemia.
http://www.tut.fi/units/ymp/kem/opintojaksot/3500920/kemia_tok/index.html
(Luettu 18.1.2011)

