



SATAKUNNAN AMMATTIKORKEAKOULU

Matti Halmela

PARAFIINIKYNTTILÖIDEN VALMISTUKSEN LAATUTEKIJÖIDEN
OPTIMOINTI

TEKNIikka PORIN YKSIKKÖ
KEMIANTEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA

2008

TIIVISTELMÄ

PARAFIINIKYNTTILÖIDEN VALMISTUKSEN LAATUTEKIJÖIDEN OPTIMOINTI

Matti Halmela

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Tekniikan Porin yksikkö

Kemiantekniikan koulutusohjelma

Huhtikuu 2008

Toimeksiantaja: Maria Drockila Oy

Ohjaajat: Timo Hannelius, Sirkka-Liisa Koskinen

Avainsanat: Parafiini, kynttilä, öljynjalostus, kupliminen

UDK: 658.562, 665.14

Syksyllä 2006 Maria Drockila Oy:n Ulvilan kynttiläpaja otti yhteyttä Satakunnan ammattikorkeakouluun. Kynttilöiden valmistuksessa oli ilmennyt laadullisia ongelmia. Pajassa valmistettuihin kynttilöihin oli muodostunut kuplia, minkä vuoksi tuotteita ei voitu myydä.

Työ tehtiin tutkimalla kynttilöiden valmistuksessa käytettävää parafiinivahaa, sekä tutustumalla kynttiläpajojen työskentelytapoihin. Kupliintumisen lisäksi tutkimukseen kuului myös muiden laadullisten ongelmien tarkkailu.

Kynttilöiden kuplat johtuvat parafiinivahaan liuenneesta ilmasta. Kupliintuminen voidaan estää kiehuttamalla parafiinistä ilma pois tai lisäämällä sulaan parafiiniin kovavahaa. Tässä tapauksessa kupliminen johtui siitä, ettei parafiiniaihioihin oltu lisätty kovavahaa. Kynttilöiden liian nopeaan jäähtymiseen esitettiin ratkaisuksi lämpöeristettyä kaappia.

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF QUALITY FACTORS IN THE MANUFACTURE OF PARAFFIN CANDLES

Matti Halmela

Satakunta University of Applied Sciences

Unit of Technology Pori

Chemical Engineering

April 2008

Commisioned: Maria Drockila Oy

Supervisors: Timo Hannelius, Sirkka-Liisa Koskinen

Keywords: Paraffin, Candle, Oil Refining, Bubbling

UDC: 658.562, 665.14

Maria Drockila Inc. Ulvila's candle workshop contacted Satakunta University of Applied Sciences in autumn 2006. Quality problems had appeared in candle manufacturing. Bubbles occurred in candle surfaces which led to rejection of candles from sale.

Quality properties of paraffin wax were studied as well as the control of manufacturing of candles. Besides the bubbling, the research included also other quality problem observations.

Bubbles in candles are caused by dissolved air in paraffin wax. Bubbling can be prevented by boiling dissolved air off from paraffin or adding hard-wax to melted paraffin wax. In this case, the bubbling was caused by lack of added hard-wax in paraffin slabs. A heat insulated closet was offered as a solution to prevent too rapid cooling of the candles.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYS

<u>1. JOHDANTO</u>	6
<u>2. YRITYSESITTELY</u>	8
<u>3. PARAFIINI</u>	10
<u>3.1 Yleistä</u>	10
<u>3.2 Maaöljyn historiaa</u>	10
<u>3.3 Parafiinin historiaa</u>	12
<u>3.4 Öljynjalostus</u>	12
<u>3.4.1 Jakotislaus</u>	12
<u>3.4.2 Tyhjiötislaus</u>	14
<u>3.4.3 Ominaisuuksien parantaminen</u>	14
<u>3.5 Parafiinivahan valmistus</u>	15
<u>3.5.1 Öljynpoisto</u>	16
<u>3.5.2 Hydraus</u>	17
<u>3.6 Parafiinivahan ominaisuuksia</u>	21
<u>3.6.1 Rakenne</u>	21
<u>3.6.2 Ominaisuudet ja käyttö</u>	21
<u>3.6.3 Terveysvaikutukset</u>	22
<u>3.6.4 Kupliminen</u>	22
<u>4. TYÖN SUORITUS</u>	24
<u>4.1 Laboratoriotyöt</u>	24
<u>4.2 Maahantuojan tapaaminen</u>	25
<u>4.3 Orimattilan vierailu</u>	25

<u>5. TULOKSET</u>	26
<u>5.1 Laboratoriotyöt</u>	26
<u>5.2 Kupliminen</u>	27
<u>5.3 Muita laadullisia asioita</u>	29
<u>5.3.1 Lämpökaappi</u>	29
<u>5.3.2 Ilmapuhaltimet</u>	30
<u>6. LÄHDELUETTELO</u>	31

1. JOHDANTO

Maria Drockila Oy valmistaa kynttilänsä parafiinista. Parafiini on öljyn pohjatuote ja soveltuu ominaisuuksiltaan erinomaisesti kynttilöiden valmistukseen. Maria Drockila oy valmistaa kynttilänsä kastamalla aihiot sulaan parafiiniin. Tämän jälkeen kynttilöistä voidaan leikata halutunlaisia. Parafiini-kynttilät myös "loistavat" palaessaan, niissä on kirkas liekki ja ne palavat pitkään.



Kuva 1. Maria Drockila oy:n kynttilämallistoa /4/

Syyskuussa 2006 Maria Drockila Oy:n Ulvilan kynttiläpaja otti yhteyttä Satakunnan ammattikorkeakouluun. Oli ilmennyt, että kynttilöiden valmistuksessa oli tapahtunut laadullisia ongelmia. Pajassa valmistettuihin kynttilöihin oli muodostunut ”kuplia”. Nämä kuplat syntyivät erityisesti munanmuotoisiin valkoisiin TiO_2 – pigmenttiä sisältäviin kynttilöihin, mutta samaa ongelmaa esiintyi myös muissa tuotteissa. Kyseessä oli vakava ja

taloudellisesti mittava ongelma: joulumyynti läheni ja tuotteet piti saada ajoissa myyntiin. Kynttiläteollisuudessa joulu on vuoden myyntipiikki, joten tarjolla tuli olla myyntiartikkeleita. Kynttilöitä, jossa oli kuplia, päätyivät 2-laatuna kansankynttilöiksi. Kansankynttilöiden hinta on vain murto-osa leikattujen kynttilöiden hinnasta, ja niiden teko vaati tässä tapauksessa enemmän työtä. Kun parafiinikynttilät osoittautuivat huonolaatuiseksi, jouduttiin ne sulattamaan, ja valamaan kansankynttilöiksi. Pajapäällikkö Piritta Vainosen kanssa sovittiin, että tekisin insinöörityöni tutkimalla tätä ongelmaa. Lisäksi työhöni kuuluisi myös muiden laadullisten ongelmien tarkkailu. Pajoilla työskentelevät käsitöiden ammattilaiset, ja ulkopuolinen insinööriopiskelija saattaisi tuoda pajalle erilaista näkökulmaa.

Työn ohjaajan Timo Hanneliuksen kanssa käymämme palaverin jälkeen sovimme, että työni koostuisi kolmesta osasta. Ensiksi tutkin kynttilöiden valmistuksessa käytettävää parafiinia koulun laboratoriossa. Täällä minua opasti ja valvoi laboratoriomestari Sirkka-Liisa Koskinen. Seuraavaksi menin viikoksi tutustumaan kynttilöiden pääpajaan Orimattilaan, jossa kynttilöiden lisäksi valmistettiin aihiot, joiden päälle kynttilät tehdään. Seuraavaksi olisi analyysin aika. Saadut tulokset tuli kirjata ylös ja analysoida, mistä ongelmat johtuivat ja keksiä niihin mahdollisesti ratkaisu. Lisäksi työhöni vaikutti suuresti tapaaminen parafiinin maahantuojaan Krista Wallasvaaran kanssa. Hän oli käymässä Ulvilan pajalla keskustelemassa tilauksista ja tästä ”kupliintumisesta”. Hänen kanssa keskusteltuani sain paljon tietoa parafiinista ja syistä, joista ko. ongelma saattoi johtua. Lisäksi hän lähetti postissa materiaalia parafiinista ja sen valmistuksesta.

2. YRITYSESITTELY

Maria Drockila Oy on vuonna 1998 Nastolassa perustettu kynttilöitä valmistava ja lahjatavaroita sekä Hyvä Olo -tuotteita maahantuova ja markkinoiva yritys, jonka päätoimipaikka sijaitsee Orimattilassa. Päätoimipaikan lisäksi kynttiläpajat toimivat myös Ulvilassa Vanhassa Nahkatehtaan tiloissa, sekä Helsingissä. Kaikilla kynttiläpajoilla on kynttilänvalmistusta sekä myymälätoimintaa. Pajojen toiminnasta on vastuussa pajojen pajapäälliköt. Muista käytännön toiminnasta vastaavat markkinointipäällikkö ja myynti, jotka toimivat Orimattilassa. Lisäksi tuotteiden jälleenmyyntiedustajien verkosto kattaa koko Suomen. /4/

Yritys on kasvanut viime vuosina. Kun vuonna 1999 yritykseen tuli sen ensimmäinen työntekijä, oli kynttilöiden valmistus vähäistä, ja kaikki myynti tapahtui pajalta. Vuonna 2003 yritys laajensi mallistoaan ja aloitti myös lahjatavaroiden maahantuonnin. Samana vuonna tapahtui myös muutto Nastolasta suurempiin tiloihin Orimattilaan. Jo muutamaa vuotta aikaisemmin yhtiö oli aloittanut tuotteiden jälleenmyynnin. Vientiä on harjoitettu pääasiassa Venäjälle, Viroon ja Latviaan vuodesta 2005 lähtien. /2/

Tänä päivänä Maria Drockila Oy on Suomen suurin leikattujen kynttilöiden valmistaja. Päätoimipaikkana on Orimattila, jossa toimii suurin paja. Lisäksi Orimattilassa on Suomen suurin taidenäyttely. Yritys on Forma ry:n -, Suomen yrittäjien -, naisyrittäjien, sekä suomalaisen työn liiton jäsen. Lisäksi 90 %:lla tuotteistoon kuuluvista kynttilöistä on lupa kantaa kotimaista kynttilälippua osoituksena siitä, että tuote on vähintään 50 %:sti valmistettu Suomessa. Yrityksen liikevaihtotavoite vuonna 2006 oli 1,5 miljoonaa euroa. Tuotantomäärä on n. 160 000 kynttilää vuodessa. Näistä noin puolet on leikattuja. Viennin osuus on noin 60 000 euroa. Viennin osuuden toivotaan kasvavan tulevana vuosina. /2,4/

Kierrätys on nykyään tärkeässä asemassa myös kynttilänvalmistuksessa. Valmistuksessa syntyvä ylimääräinen kynttiläaines, sekä 2-laatu, sisältävät luonnolle haitallisia aineita. Maria Drockila Oy on ratkaissut ongelman sulattamalla ja siitä jälleen valamalla ulkotulia tuotteista, jotka eivät läpäise laatujärjestelmää. Näin ympäristö ei kuormitu turhaan ja kynttilävalikoima saa oivan lisän: Kansankynttilän / 2/



Kuva 2. Maria Drockila Oy:n pääpajalta Orimattilasta joulukuussa 2006

3. PARAFIINI

3.1 Yleistä

Yleisnimeä parafiini käytetään hiilivedyistä, joiden hiiliatomeihin on sitoutunut suurin mahdollinen määrä vetyatomeita. Parafiinien yleiskaava on muotoa C_nH_{2n+2} . Pienin parafiini on metaani CH_4 . /1/

Tässä työssä puhumme, jos ei erikseen ole mainittu, parafiinivahasta. Parafiinivaha on vähintään 20-hiilinen (C_nH_{2n+2} ($n = 20-50$)). Ominaisuuksiltaan se on vahamaista, läpikuultavaa, hajutonta, mautonta ja valkeaa ainetta. Sitä saadaan maaöljyn tislauSJäännöksenä. /1/

3.2 Maaöljyn historiaa

Maapallon öljy on syntynyt miljoonien vuosien saatossa esihistoriallisista kasveista ja meren eliöistä, jotka ovat hautautuneet maakerroksen alle. Muinaisten merien kasviplanktoniin sitoutunut auringon energia siirtyi ravintoketjussa eläinplanktoniin. Kuoltuaan eläinplankton vajosi meren pohjaan ja hautautui sinne. Kuumuus ja paine ovat muuttaneet jäännökset nestemäisiksi ja kaasumaisiksi hiilivedyiksi. /1/

Vaikka öljyä olikin käytetty valaistus- ja voiteluaineena jo vuosisatoja, 1800-luvulle tultaessa öljyn kysyntä kasvoi voimakkaasti erilaisten valaisulaitteiden, erityisesti öljylampun, kehittyessä ja kysynnän kasvaessa. Aikaisemmin näissä laitteissa oli käytetty myös kasvi- ja eläinöljyä, johtuen öljyn vähäisestä määrästä, mutta kysyntä ei vastannut tarjontaa. Oli kehitettävä uusia öljynhankintamenetelmiä. Modernin öljyn historia alkaa vuodesta 1852, jolloin puolalainen Ignacy Lukasiewicz oppi ensimmäisenä tislaamaan öljyä. Hän onnistui saamaan raakaöljystä tislattua petroolia. Puolaan perustettiin myös

maailman ensimmäinen öljykaivos seuraavana vuonna. Samoihin aikoihin Yhdysvalloissa Yalen yliopisto julkaisi analyysin öljyn ominaisuuksista ja lupaavista hyödyntämismahdollisuuksista. Analyysin mukaan öljy oli raaka-aine, josta saataisiin helposti ja halvalla arvokkaita tuotteita. Tämän analyysin seurauksena kehiteltiinkin mm. useita erilaisia paloöljylamppuja. Ongelmana oli, että maaöljyä oli saatavilla mitättömän pieniä määriä. Maan pinnalle oli noussut, ja nousee yhä edelleen, öljyä rikkoutuneiden kivikerrosten läpi. Näiden luonnon öljylähteiden sisältämä öljymäärä oli kuitenkin niin pieni, etteivät ne pystyneet tyydyttämään kasvavaa kysyntää. /1,3,5/

Maaöljyn massatuotanto alkoi vuonna elokuun 27. päivänä 1859, kun Edwin L. Drake löysi poraamalla ensimmäisen öljylähteen Titusvillestä Pennsylvaniasta Yhdysvalloista. Kahden kuukauden poraamisen jälkeen, kun pora oli saavuttanut 21 metrin syvyyden, lähteestä alkoi pulputa öljyä 3000 litraa päivässä. Tämä määrä kevyttä polttoöljyä riittäisi yhden suomalaisen omakotitalon lämmittämiseen vuodeksi. Tästä pienestä öljylähteestä alkoi öljybuumi, joka valloitti koko Amerikan ja muun maailman. Tämä ilmiö jatkuu vielä tänä päivänäkin. /3/

Öljyn tärkein käyttöalue oli aluksi päivän pidentäminen; lamppujen valopetroli teki työnteon mahdolliseksi myös iltaisin. Kun poraus- ja tislaustekniikka kehittyi, öljylle löydettiin uusia käyttökohteita. Aluksi bensiiniä pidettiin hyödyttömänä sivutuotteena, sillä se oli liian räjähdysherkkää lamppuihin ja liesiin. Vuosisadan vaihteessa ei vielä tiedetty, mikä energiaratkaisu vakiintuisi autoille. Aluksi oli sähkö- ja höyryautoja, mutta lopulta bensiinikäyttöinen auto osoittautui ylivoimaiseksi helppokäyttöisyytensä, suorituskykynsä ja taloudellisuutensa ansiosta. Suurimmaksi osaksi autoistumisen vuoksi maailman öljynkulutus kymmenkertaistui vuosisadan alkuvuosikymmeninä. Muita tärkeitä käyttöalueita öljylle olivat, ja ovat vielä nykyäänkin, lämmitys sekä teollisuus. /1,5/

3.3 Parafiinin historiaa

Vuonna 1830 C. von Reichenbach ”löysi” parafiinin tutkittuaan pyökin tervaa. Hän antoi aineelle nimen parafiini, mikä tulee latinan sanoista ”parum affinis”, mikä tarkoittaa ainetta, jolla on alhainen reaktiokyky. Parafiinia saatiin valmistettua teollisesti ensimmäisen kerran vuonna 1834. Tällöin Sellique onnistui saamaan parafiinia liuskeöljystä. Hän tutki ja yritti keksiä parafiinille käyttötarkoituksia. Vuonna 1837 Sellique valmisti ensimmäiset parafiinikynttilät. Hän esitteli ne vuoden 1839 Pariisin maailmannäyttelyssä. Parafiinikynttilöistä tuli heti suosittuja, sillä ne olivat halvempia kuin steariinikynttilät. Parafiinivahaa valmisti ensimmäisenä skotlantilainen James Young. Kynttilöiden suosio valaisijana oli suuri, ja pelkästään Saksassa toimi vuosien 1854–1873 aikana 15 vahatehdasta. Öljylampun, ja myöhemmin sähkövalon, hintojen laskiessa ja saannin kasvaessa kynttilöiden käyttö valaisimena laski. Niitä käytetään kuitenkin vielä nykyäänkin runsaasti uskonnollisissa tilaisuuksissa, sekä koriste- ja hätävalaisimina. /3/

3.4 Öljynjalostus

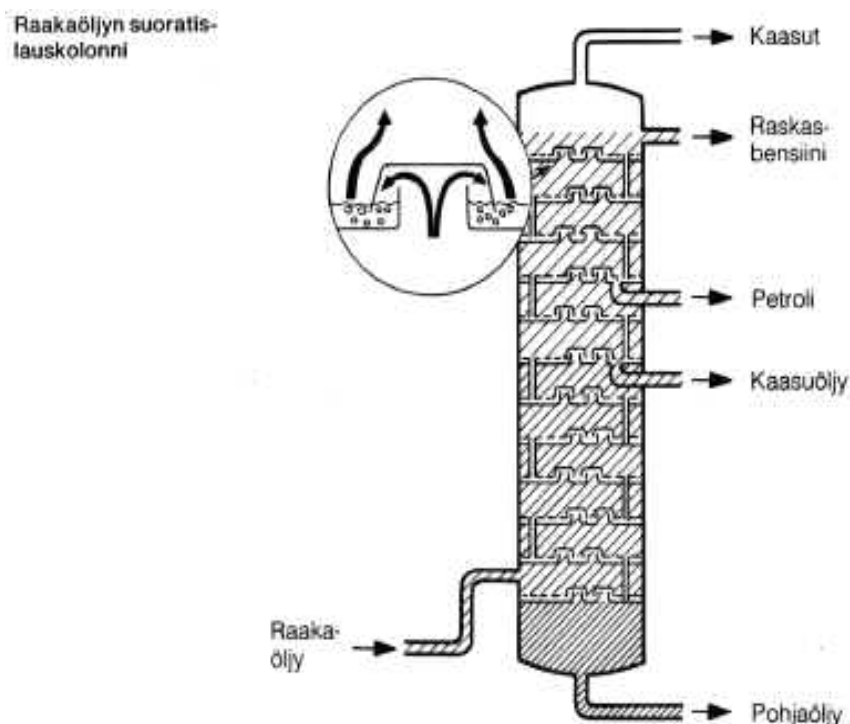
3.4.1 Jakotislaus

Raakaöljy koostuu pääasiassa hiilestä ja vedystä eli se on hiilivety. Lisäksi raakaöljy sisältää alkuaineita, kuten esimerkiksi rikkiä, typpeä, happea ja jonkin verran metalleja. Raakaöljyt ovat erilaisia ja niiden koostumus vaihtelee öljykentittäin ja alueittain. /6/

Maasta saatava raakaöljy on käsiteltävä ennen käyttöä. Öljynjalostus alkaa raakaöljyn sisältämien suolojen ja muiden epäpuhtauksien poistolla. Tällöin raakaöljy esilämmitetään 120–130 celsiusasteeseen ja siihen lisätään 3-5 prosenttia vettä. Seosta sekoitetaan voimakkaasti, jolloin raakaöljyn suolat liukenevat veteen. Tämä seos johdetaan suolanpoistimeen, jossa on vahva

korkeajännitekenttä. Sähkökentän vaikutuksesta vesipisarat yhtyvät suuremmiksi ja laskeutuvat pohjalle, josta liete poistetaan ja jäljelle jäänyt vesi johdetaan jäteveden käsittelyyn. /1/

Tämän jälkeen suolaton raakaöljy johdetaan esilämmittimen kautta jakotislaukseen. Esilämmittimessä raakaöljy kuumennetaan putkiuuneissa 355 – 370 °C:een, jolloin noin 60–80 prosenttia öljystä höyrystyy. Varsinainen tislauk tapahtuu kymmeniä metriä korkeissa, lieriömäisissä teräskolonneissa. Niitä kuumennetaan, jolloin bensiini ja sitä kevyemmät jakeet höyrystyvät. Ne johdetaan pois kolonnin yläosasta. Bensiiniä raskaammat keskitislejakeet, petroli ja kaasuöljy, lauhtuvat, ja ne otetaan pois kolonnin sivu-ulosotoista. Raskaammat jakeet eli raskas polttoöljy, bitumi ja pohjaöljy johdetaan pois kolonnin pohjalta. /1,3,7/



Kuva 3. Öljyn jakotislauk /7/

3.4.2 Tyhjiötislaus

Pohjaöljyä ei kannata käyttää sellaisenaan, sillä näiden tuotteiden hintataso on alhainen verrattuna esimerkiksi bensiinin hintaan. Pohjaöljy tislataan uudelleen osittaisessa tyhjiössä eli ilmakehän painetta matalammassa paineessa. Pohjaöljy kuumennetaan putkiuunissa 400 °C lämpötilaan ja syötetään tyhjiötislauskolonniin. Kolonnissa paine on alle kymmenesosa ilmanpaineesta (60–100 mbar). Tällainen paine saadaan aikaiseksi lauhduttimilla ja tyhjiöimureilla. Alemmassa paineessa kiehumispisteet laskevat, jolloin raskaammatkin yhdisteet höyrystyvät ja ne voidaan erottaa tislamalla. Normaalipaineessa tämä ei olisi mahdollista, sillä lämpötilat olisivat niin korkeita, että orgaaniset hiilivetyketjut pilkkoutuisivat, eli tapahtuisi krakkausta. Tislaustornin lämpötilaa valvotaan tarkasti. Lämpötila laskee huippua kohti. Tornissa on säännöllisin välimatkoin kymmeniä välipohjia, joissa on reikiä eli ns. kelloja. Jokainen välipohja on hieman viileämpi kuin alempana oleva, jolloin eri lämpötiloissa nesteytyvät höyryt tiivistyvät eri korkeuksissa. Nesteytyneet jakeet saadaan ulos sivu-ulosottojen putkilinjoista./1,7/

3.4.3 Ominaisuuksien parantaminen

Tislaus ja tyhjiötislaus ovat erotusprosesseja. Yli puolet tislausjakeista on raskaita jakeita joiden kysyntä on huomattavasti pienempää kuin kevyiden jakeiden, esimerkiksi bensiinin. Tämän vuoksi jakeiden kemiallisia rakenteita muutetaan, ja niiden jalostusarvoa pyritään nostamaan erilaisten jalostusoperaatioiden ja - prosessien avulla. Näistä tärkein on krakkaus, jossa suuria hiilivetyketjuja pilkotaan pienemmiksi, ja näin saadaan raskaita tuotteita muutettua kevyemmiksi. Krakkausmenetelmät jaetaan kahteen päätyyppiin: lämpökrakkaukseen ja katalyyttiseen krakkaukseen. Lämpökrakkauksessa jakeet pilkotaan paineen ja korkean lämpötilan avulla. Katalyyttisessä krakkauksessa prosessia kiihdytetään katalyytillä, joka nopeuttaa kemiallisia prosesseja. Tämän

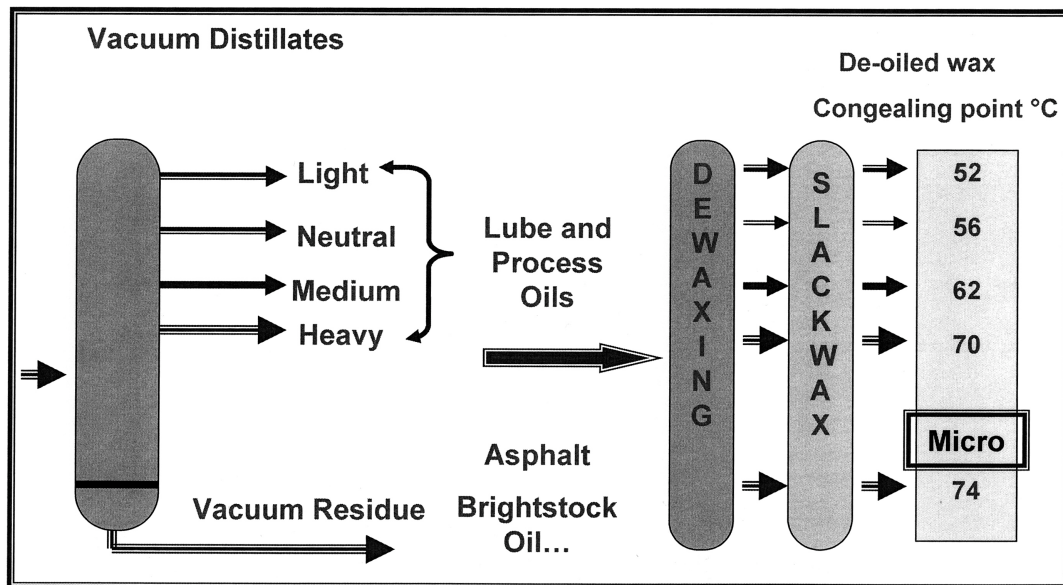
lisäksi tärkeitä jalostusprosesseja ovat alkylointi, jossa kevyitä nestekaasujakeita ja muita pieniä molekyylejä yhdistetään suuremmiksi, sopivimmiksi yhdisteiksi sekä reformointi, jossa kevyiden tuotteiden laatua parannetaan lämmön, paineen ja katalyytin avulla. Öljynjalostuksessa joudutaan myös puhdistamaan jakeita. Puhdistusprosesseista tärkein on rikinpoistoprosessi. /1/

Prosessiyksiköiden tuotteet ovat vain harvoin sellaisenaan valmiita kaupallisia tuotteita. Tällaisia tuotteita ovat esimerkiksi nestekaasuina käytettävät butaani ja propaani sekä lentopetroli. Suurin osa kuluttajille toimitettavista öljytuotteista on seoksia, jotka on sekoitettu tarkan reseptin mukaan jalostuksesta saatavista komponenteista ja lisäaineista. Esimerkiksi bensiini on seos, joka koostuu yli kymmenestä erilaisesta komponentista. /1,6/

3.5 Parafiinivahan valmistus

Parafiinivahaa saadaan raakaöljyn pohjatuotteista. Pohjatuotteet viedään edelleen tyhjiötislaukseen (Vacuum Distillation), jossa raakaöljy jaetaan eri jakeisiin. Parafiinivahaa saadaan, kun tuotantoöljyistä (Process Oils) erotetaan erikseen vaha (Dewaxing). Tämän jälkeen parafiini puristetaan (Slackwax). Jähmettymispistealueella (Congealing Point) 52–70 °C saadaan tuotteeksi parafiinivahaa, josta on poistettu ylimääräinen öljy. Tämä vaha ei ole sellaisenaan valmis tuote, vaan se viedään edelleen parafiinivahatehtaisiin jatkokäsiteltäväksi. Prosessista saatu öljy jalostetaan edelleen. /3/

Vacuum Distillation → Paraffin Wax



Kuva 4. Parafiiniä saadaan tyhjiötislauksen tuotteena /3/

Maria Drockila Oy saa parafiinivahansa Saksasta Sasol Wax:lta. Sasol on kansainvälinen yritys, joka vie tuotteitaan ympäri maailmaa. Saksassa oleva jalostamo on erikoistunut valmistamaan erilaisia parafiinituotteita. Vaikka suuri osa parafiinivahasta menee kynttiläteollisuuteen, käytetään sitä myös muihin tarkoituksiin esimerkiksi voiteluaine- sekä tekstiiliteollisuudessa. /8/

Kuvasta 6 nähdään, miten öljynjalostuksesta erotettava parafiini sekoitetaan Sasol Wax:n tehtailla. Parafiiniä tuodaan tehtaalle monilta öljyjälöstamoilta eri puolilta maailmaa. Tämän jälkeen ne varastoidaan. Eri paikoista tulleet parafiinierät ”sekoitetaan” varastoinnissa laadun tasaamiseksi. /3/

3.5.1 Öljynpoisto

Varastoista käsittelemätön parafiinivaha ohjataan seuraaviin prosessivaiheisiin, joiden tarkoituksena on poistaa ylimääräinen öljy tuotteesta. Jo öljynjalostuslaitoksella on parafiinivahasta erotettu ylimääräinen öljy, mutta

tässä vaiheessa prosessia tavoitteena on saada vahalle mahdollisimman alhainen öljypitoisuus. Parafiinivahassa oleva öljy heikentää parafiinivahan ominaisuuksia. Tämän vuoksi valmiin parafiinivahan öljypitoisuus on maksimissaan vain 0,5 %. Öljynpoistoprosessilaitoksia on tehtaalla kolme. Ne toimivat rinnakkain, ja jokainen niistä toimii eri periaatteella:

1. Liuotus (Solvent Deoiling).

Tässä menetelmässä nestemäistä, puhdistettua parafiinivahaa syötetään astiaan, johon lisätään myös sopivaa liuotinta. Aineet sekoitetaan keskenään. Tämä seos johdetaan suodatusyksikköön. Kun seos on pesty ja suodatettu, parafiini johdetaan uuteen säiliöön, jossa se sekoitetaan, ja öljy-liuotin yhdistelmä johdetaan täytekolonneihin. Täällä öljy otetaan talteen ja liuotin johdetaan pesun jälkeen takaisin kiertoön. Saatu öljytön parafiini suodatetaan vielä toiseen kertaan. Näin varmistetaan mahdollisimman puhdas lopputuote. Lopuksi parafiini-liuotin yhdistelmä johdetaan täytekolonneihin, josta liuotin johdetaan takaisin systeemiin, ja tuotteena saadaan öljytöntä parafiinia.

2. Hikoiluttaminen (Sweating)

Tässä menetelmässä ei käytetä liuottimia. Käsittelemätön parafiini laitetaan säiliöihin, joissa lämpötila säädetään. Nestemäinen parafiini ”hikoilee” säiliöstä ulos.

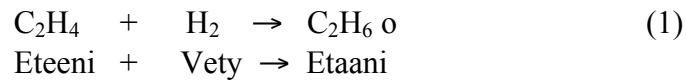
3. Sulzer Deoiling.

Tämä prosessi on patentoitu, ja se perustuu kiteytykseen. Se ei ole tavallista kiteyttämistä, sillä prosessissa ei käytetä liuottimia. Prosessi perustuu lämmönsiirtoon, missä parafiinin erotusyksiköjä lämmitetään ja viilennetään veden avulla. /3/

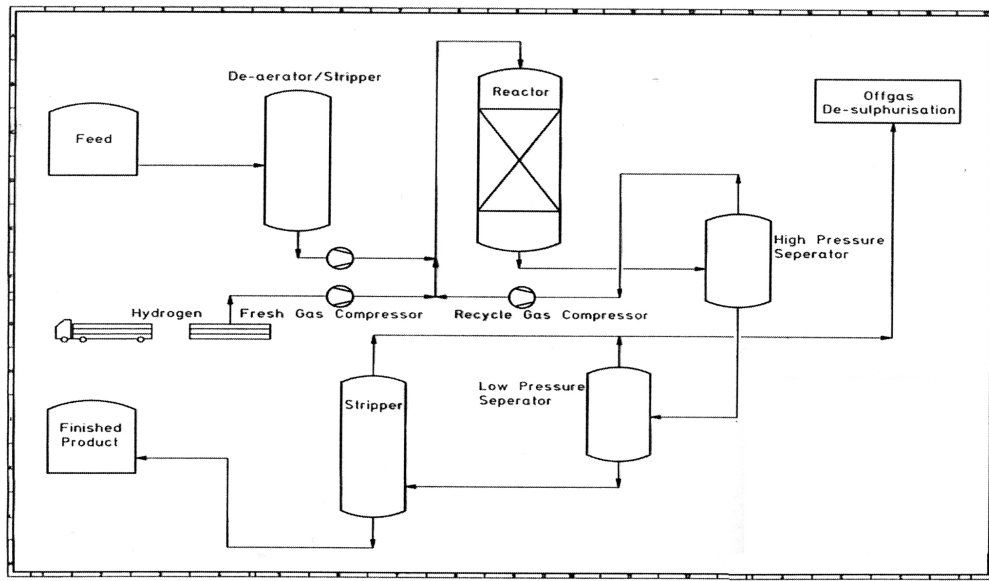
3.5.2 Hydraus

Kun parafiinivahasta on saatu erotettua öljy pois, ohjataan parafiinivaha välivarastoihin. Täältä se ohjataan seuraavaan vaiheeseen eli hydraukseen. Hydraustehdas on valtavan kokoinen, sillä siihen tuodaan kaikki öljypoistettu parafiinivaha, jota on saatu kolmesta eri tuotantoprosessista. Hydrauksen

tarkoituksena on parantaa parafiinin ominaisuuksia ja poistaa siitä epäpuhtaudet. Hydrauksessa seokseen lisätään vetyä. Vety liittyy molekyylien reaktiivisiin sidoksiin. Tällöin esimerkiksi alkeenien kaksoissidoksiin liittyy vetyä, jolloin vedytetyt kaksoissidokset tyydyttyvät yksinkertaisiksi sidoksiksi eli alkaneiksi menettäen reaktiokykynsä. Parafiinissä kaksoissidokset aiheuttavat värivirheitä.

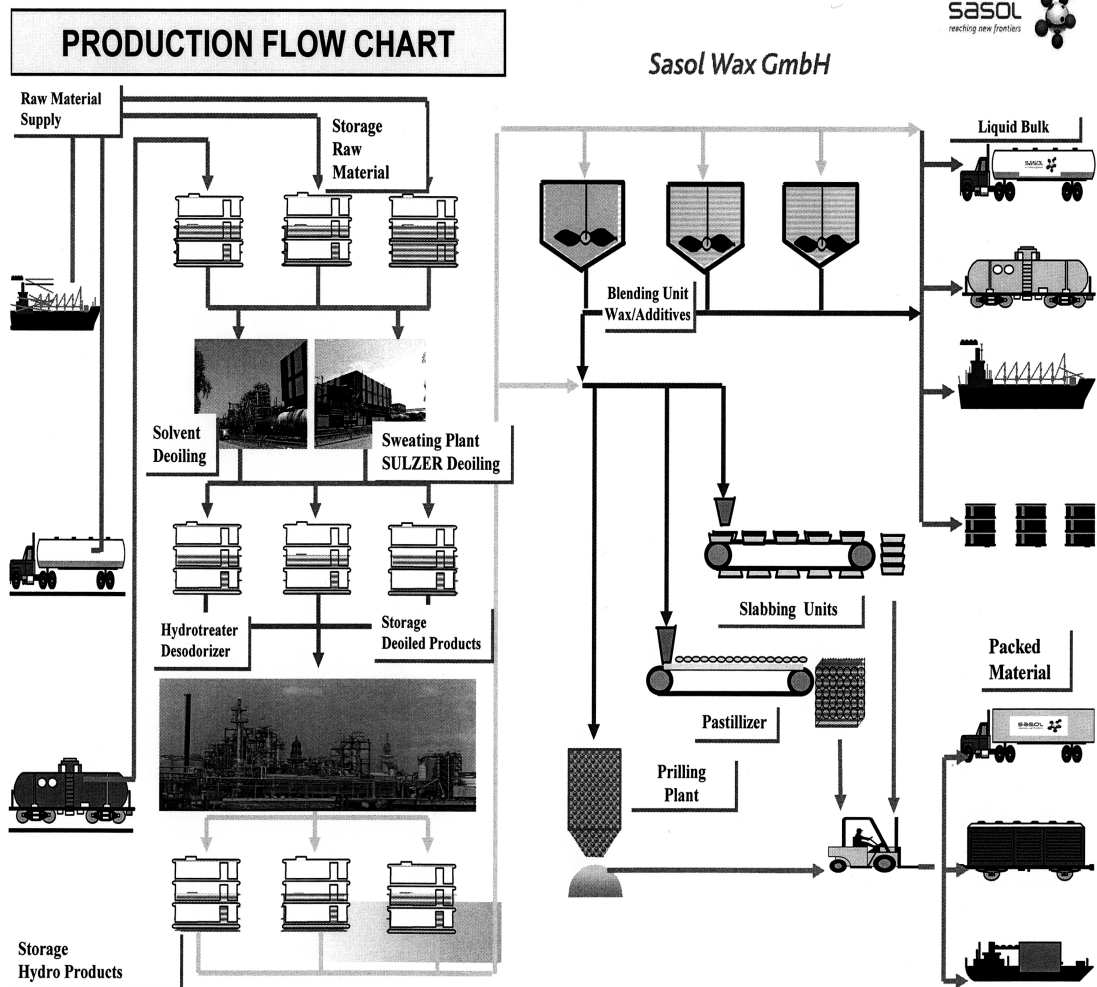


Lisäksi vety reagoi parafiinissä olevien epäpuhtauksien kanssa. Vety esimerkiksi reagoi parafiinissä olevan typen kanssa muodostaen NH_3 – yhdisteitä. Nämä yhdisteet poistetaan systeemistä. Typen poistaminen on tärkeää sillä typpi parafiinissä aiheuttaa värivirheitä. Hydrauksen avulla saadaan parafiinistä poistettua myös siinä oleva rikki. Rikki muodostaa vedyn kanssa reagoiessaan H_2S -yhdisteitä, jotka poistetaan prosessista. Kuvassa 5 on esitetty hydraustehtaan prosessikaavio. Kun vety ja parafiini on saatu reagoimaan keskenään, ohjataan seos erottimeen (Seperator). Ensimmäisessä erottimessa vallitsee korkeampi paine kuin seuraavassa. Kahden erottimen systeemillä saadaan aikaiseksi mahdollisimman puhdas lopputulos. Jotta hydraus olisi mahdollisimman tehokasta, käytetään prosessissa $300\text{ }^\circ\text{C}$ lämpötilaa ja 150 baarin painetta. Hydrauksen jälkeen parafiinissä on maksimissaan 2 ppm tolueenia ja 0,5 ppm bentseeniä. Nämä pitoisuudet ovat standardien alapuolella. Lisäksi hydraus rikkoo aromaattiset ja rengasmaiset PAH (Polysykliset aromaattiset hiilivedyt) yhdisteet. Nämä kaikki ovat terveydelle haitallisia yhdisteitä. /3/



Kuva 5. Hydraulaitoksen prosessikaavio /3/

Loppupäässä prosessia parafiini saatetaan tilaajan toivomaan muotoon. Pakattu parafiinivaha lähetetään tehtaalta ympäri maailmaa.



Kuva 6. Parafiinivahan tuotantolinjasto /3/

3.6 Parafiinivahan ominaisuuksia

3.6.1 Rakenne

Parafiinit ovat hiilivetyjä, joiden hiiliatomeihin on sitoutunut suurin mahdollinen määrä vetyatomeita. Parafiinien yleiskaava on C_nH_{2n+2} . Pienin parafiini on metaani eli CH_4 . Suoraketjuisia parafiineja kutsutaan normaali- eli n-parafiineiksi. Muita parafiinityyppejä ovat haaroittuneet isoparafiinit sekä rengasmaiset sykloparafiinit. Parafiiniä esiintyy kaasuna, nesteinä sekä kiinteänä. Parafiinit, joissa on vähän hiiliatomeja, esiintyvät yleensä kaasuna. Esimerkiksi propaani (C_3H_8), jota käytetään kotitalouksissa nestekaasuna. Nestemäiset parafiinit ovat hiiliketjuiltaan pitempiä. Esimerkiksi öljylampuissa käytettävä valopetroli on muodoltaan $C_{13}H_{28}$. Parafiinivahat ovat kiinteitä. Ne ovat valkeita ja vahamaisia. Parafiinivaha on seos hiilivetyjä. Siinä on pääasiassa korkeassa lämpötilassa kiehuvia n-alkaaneja ja iso-alkaaneja. Kynttilävahassa hiiliatomien määrä vaihtelee kahdestakymmenestä neljäänkymmeneen. /1,3,9/

3.6.2 Ominaisuudet ja käyttö

Parafiinivahalla on tiettyjä kemiallisia ominaisuuksia, jonka vuoksi sitä käytetään monilla eri teollisuuden aloilla. Parafiinivaha palaa, se ei liukene veteen, se on lähes reagoimatonta ja se varastoi energiaa. Tämän vuoksi parafiinivahaa käytetään esimerkiksi kynttilöissä, tekstiiliteollisuudessa, kankaiden ja muiden huokosten aineiden kyllästämisessä, kiillotusvahoissa, voiteluaineissa, elintarviketeollisuudessa, lääkkeissä, kosmetiikassa sekä paperiteollisuudessa vedenkestävän paperin ja –pahvin valmistuksessa. Kynttiläteollisuudessa parafiinista ei valmisteta pelkästään leikattuja kynttilöitä, vaan kaikkia mahdollista geelikynttilöistä tavallisiin kartiokynttilöihin. /3/

3.6.3 Terveysvaikutukset

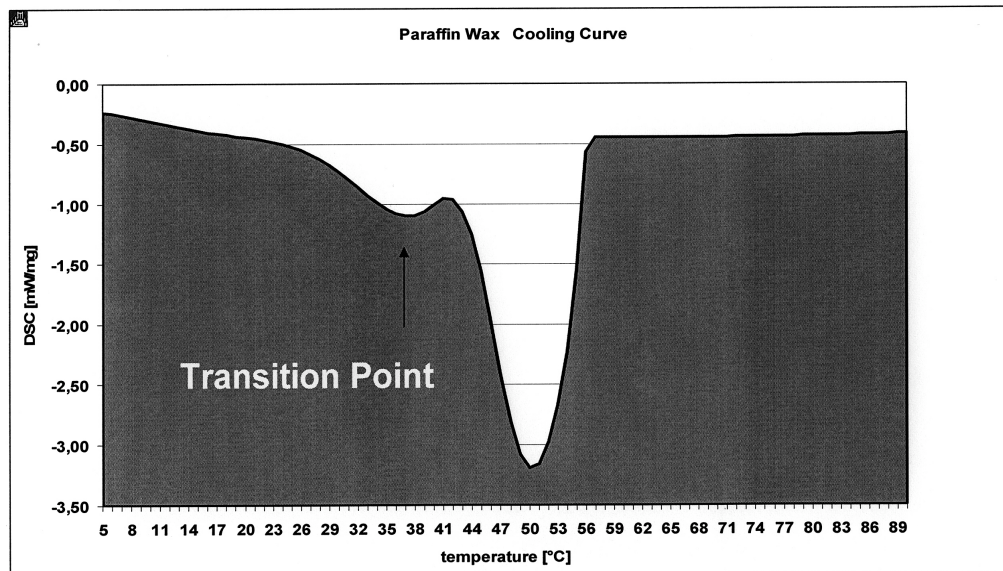
Nykyisin asetetaan tuotteille tarkat hygieniavaatimukset. Tämä koskee myös parafiinivahoja. Parafiinivahojen maahantuoja Sasol Wax on asettanut tiukat rajat haitallisten aineiden pitoisuuksille. Nämä rajat ovat sellaiset, että ihmisen työskennellessä parafiinin kanssa, ei siitä koidu haittaa.

Eräissä tutkimuksissa (ACGIH, 1992) osoitettiin, että parafiinihöyryt saattavat aiheuttaa ihmiselle epämiellyttävää oloa ja pahoinvointia. Tämä ei kuitenkaan johtunut parafiinin myrkyllisyydestä, vaan sen hajusta ja öljyisyydestä. Eräissä tehtaissa työntekijät valittivat kynttilän valussa epämiellyttävää oloa parafiinipitoisuuden ollessa 0,6-1 mg/m³. Toisissa tehtaissa valituksia ei esiintynyt parafiinihuurujen pitoisuuksien ollessa alle 2 mg/m³. Parafiini saattaa myös ärsyttää lievästi ihoa, silmiä ja limakalvoja. Nieltynä parafiinillä on lievästi laksatiivinen vaikutus. Toisessa tutkimuksessa (Le Moual työtovereineen, 1995) havaittiin parafiinihuuruille altistumisen aiheuttaneen hengitysfunktion huononemista. /9,10,11/

3.6.4 Kupliminen

Kiinteään parafiiniin on liuennut 4-5 % ilmaa. Nestemäisessä parafiinissa liuenneen ilman määrä voi olla jopa 10 %. Kun lämpötilaa nostetaan tarpeeksi, saadaan ilma haihdutettua vahasta. Tämä ilma voi aiheuttaa kynttilään kuplia. Erityisen usein kuplia tulee, kun kynttilöitä valmistetaan kastamalla. Tällainen prosessi on käytössä Maria Drockila Oy:ssä. Kuvasta 7 nähdään, että ilmapitoisuus on suurimmillaan käännepisteessä ja hieman sitä korkeammassa lämpötiloissa. Parafiinin lämpötila tulee nousta sulamispistettä korkeammaksi ilman poistamiseksi. Tarjolla on myös erilaisia vahoja, jotka estävät kuplien muodostumista. Kovavaha antaa kynttilälle kovuutta, ja estää kuplien muodostusta kynttilän pinnalle. /3/

Transition Point



Kuva 7. Parafiinivahan jäähtymiskäyrä /3/

4. TYÖN SUORITUS

4.1 Laboratoriotyöt

Ennen laboratoriotöiden alkua kävimme työn ohjaajan Timo Hanneliuksen kanssa tutustumassa Ulvilan kynttiläpajaan. Tarkoituksenamme oli nähdä käytännössä, miten kynttilöitä valmistetaan. Samalla kuin tutustuimme pajaan ja keskustelimme pajapäällikkö Piritta Vainosen kanssa, yritimme myös tarkastella, mitä laboratoriossa tulisi tutkia ja miten. Kuplaongelman lisäksi tarkastelimme myös, jos pajalla olisi muitakin asioita, joita voisin työssäni tutkia ja analysoida.

Tutustumiskäyntimme jälkeen pidimme palaverin, missä keskustelimme, mitä tässä työssä tulisi tutkia. Päätimme, että tutkisin koulun laboratoriossa parafiinin ominaisuuksia ja koettaisin saada selville, mikä aiheuttaa ilmakuplat kynttilässä. Vaihtoehtoina oli, että kuplat johtuivat joko aineesta tai sitten tavasta, miten ainetta työestetään. Mietimme, että tutkisin ensiksi parafiinia, ja sen jälkeen testaisin kynttilöiden valmistusta laboratorioympäristössä. Laboratorioin olin saanut mukaan Ulvilan kynttiläpajalta kahta erilaista parafiinivahaa. Vahaa, jonka öljypitoisuus oli 0,5 % sekä vahaa, jonka öljypitoisuus oli 0,2 %, kynttiläaihiota sekä TiO_2 – pigmenttiä. Minulla oli siis kaikki välineet kynttilöiden valmistukseen. Seurattuamme kynttilöiden valmistusta kynttiläpajalla huomio kiinnittyi tapaan, miten pajalla sekoitettiin sulaa parafiinia käsin kauhalla. Parafiinin sekoittaminen on välttämätöntä, sillä siinä on TiO_2 – pigmenttiä, mikä painuu pohjalle, jos seosta ei sekoiteta. TiO_2 – pigmentti antaa kynttilälle sen värin. Laboratoriossa tarkoituksena oli tutkia, tuleeko kynttilään, joka on sekoitettu käsin, ilmakuplia, jos sitä verrataan kynttilöihin, jossa parafiini on sekoitettu voimakkaalla koneellisella

sekoituksella. Tämän lisäksi tarkoituksena oli, että valmistaisin kynttilöitä, jossa oli TiO_2 – pigmenttiä, ja vertaisin niitä kynttilöihin, jossa ei olisi pigmenttiä.

4.2 Maahantuojaan tapaaminen

Laboratoriotöiden alettua otin yhteyttä parafiinivahan maahantuojaan Krista Wallasvaaran, jotta olisin saanut lisätietoja parafiinista. Minulla kävi hyvä tuuri, sillä hän oli tulossa Ulvilan kynttiläpajalle tekemään tilauksia ja keskustelemaan kuplaongelmasta. Näin minulle tuli mahdollisuus tavata hänet henkilökohtaisesti, ja kysellä kysymyksiä, joita oli matkan varrella syntynyt. Tapaamisemme oli todella antoisa. Sain paljon tietoa parafiinista ja sain vahvistuksia ajatuksille, joita minulle oli työn aikana tullut. Tapaamisen jälkeen hän lähetti minulle Sasol Waxin lehtiön, jossa oli tietoa parafiinista.

4.3 Orimattilan vierailu

Laboratoriotöiden valmistuttua kävin vielä viikon vierailulla kynttilöiden pääpajalla Orimattilassa. Tarkoituksenani oli seurata kynttilöiden valmistusta ja miettiä, olisiko minulla ideoita tuotannon tehostamiseen. Vierailin Orimattilassa joulukuun alussa 2006, jolloin joulukiireet olivat pahimmillaan. Kuplaongelma oli saatu ratkottua jo aikaisemmin, joten nyt työntekijät tekivät kaikkensa, jotta kaikki tilatut kynttilät saataisiin valmiiksi ajoissa. Myös minä sain mahdollisuuden kokeilla eri työvaiheita käytännössä, mutta tuossa kiireessä tuntui viisaammalta jättää työt ammattilaisille.

5. TULOKSET

5.1 Laboratoriotyöt

Ensimmäisillä laboratoriokerroilla oli tarkoitus tutkia parafiinin ominaisuuksia. Ulvilan kynttiläpajasta oli otettu mukaan sekä öljypitoisuudeltaan 0,2 %:ia, että öljypitoisuudeltaan 0,5 %:ia parafiiniharkkoja. Ensiksi tutkittiin oliko eri öljypitoisuuksilla vaikutusta kynttilän ominaisuuksiin. Lisäksi tutkittiin oliko parafiiniaihion ominaisuuksilla eroa parafiiniharkkojen ominaisuuksiin. Tutkittavia ominaisuuksia olivat parafiinin sulamispiste sekä tiheys. Sulamispisteen määrittelyssä ei eroja huomattu eri vahojen välillä. Kaikilla kolmella parafiinillä sulamispiste oli noin 60 °C . Sulamispisteet määritettiin silmämääräisesti, eikä täten kovin tarkkoja arvoja saatu aikaiseksi, vaikka kokeet toistettiin pariinkin kertaan. Kirjallisuuden mukaan kynttilävahan sulamispiste on 52- 60 °C . Parafiinin tiheydet määriteltiin tarkkailemalla silmävaraisesti, kuinka paljon metanolia tietyn painoinen parafiinipala syrjäytti. Tästä saatiin laskettua parafiinin tiheys. Kokeen tuloksena saatiin parafiinin tiheydeksi noin 0,9 kg/l. Eri parafiineilla ei tiheyksissä näyttänyt olevan eroja. Nämä tulokset olivat odotetunlaisia, sillä kynttiläpajalla oli käytetty kumpaakin parafiinia, ja molemmissa oli tapahtunut kupliintumista. Lisäksi saadut tulokset ovat lähellä kirjallisuuden arvoja.

Seuraavilla laboratoriokerroilla oli tarkoitus tutkia parafiinien ilma/kaasupitoisuutta. Tämä tehtiin kaatamalla mittalasiin 100 ml sulaa parafiinia ja pitämällä mittalasia kiehuvaan vesihauteeseen. Samaa asiaa tutkittiin myös pitämällä sula parafiini pakotetusti alipaineessa. Molemmilla keinoilla tulos oli sama; parafiinista muodostui kuplia ja sulan parafiinin pinta laski. Aluksi haihtuminen oli nopeaa, mutta sitten haihtuminen hidastui. Kokeet toistettiin ja tulokset pysyivät samoina. Mittalasin pinta laski noin 4 ml. Tämä tarkoittaa

parafiinin ilmapitoisuuden olleen n. 4 %. Molemmilla öljypitoisuuksilla ilmapitoisuus oli suurin piirtein yhtä suuri.

Seuraavana oli tarkoitus tutkia, oliko sekoituksella vaikutusta kuplien syntymiseen. Näistä kokeista kuitenkin luovuin. Tässä vaiheessa laboratoriotutkimuksia näytti, ettei kuplien synty johtunut työtavoista, vaan materiaalista.

5.2 Kupliminen

Kynttilöiden kupliminen johtuu parafiinivahaan liuenneesta ilmasta. Tällainen kuplien syntyminen on erityisen yleistä, kun kynttilät valmistetaan kastamalla. Kupliintumista voidaan estää lisäämällä sulaan parafiiniin kova- tai mikrovahaa. Maria Drockila Oy:n kynttilöissä tämä ei kuitenkaan ole mahdollista, sillä vahojen lisääminen vaikeuttaa kynttilän leikkaamista. Toinen vaihtoehto kuplimisen syyksi on, että parafiiniaihiot kastetaan parafiiniin, jonka lämpötila ei ole tarpeeksi korkea. Maria Drockila Oy:ssä tämä mahdollisuus on estetty pitämällä sula parafiini koko ajan tarpeeksi lämpimässä. Parafiinialtaissa on lämpötilamittareita, joista näkee, jos lämpötila ei ole riittävä. Parafiinin täytyy myös antaa kiehua tarpeeksi kauan, jotta ilma ehtii haihtua pois parafiinista. Myös tämä on hoidettu kynttiläpajoissa.

Kun kuplaongelma alkoi, ei sitä esiintynyt pelkästään yhdellä pajalla, vaan kaikissa kolmessa samanaikaisesti. Jokainen paja tilaa parafiininsa itsenäisesti, joten ongelma ei voinut johtua huonosta parafiinierästä. Paljastuikin, että ongelman syynä olivat parafiiniaihiot. Aihiot valmistetaan kaatamalla sulaa parafiinia silikonimuotteihin. Aihioita valmistettaessa ei kiehuteta ylimääräisiä ilmoja pois, sillä se veisi liikaa aikaa. Sitä vastoin sulaan parafiiniin lisätään kovavahaa, mikä estää kupliintumista. Aihiot valmistettiin Orimattilassa eräässä työpajassa, josta niitä kuljetettiin Orimattilan pajan lisäksi Helsingin – ja Ulvilan pajoille. Työpajalla oli ilmeisesti jäänyt kovavahat lisäämättä, ja tämän

vuoksi kynttilöihin tuli kuplia. Kuplat eivät välttämättä tule kynttilään heti, vaan joskus siihen saattaa mennä pitkäänkin. Työpajalla ilmenneiden ongelmien vuoksi aihoiden valmistus siirrettiin Orimattilan pajalle. Siirron jälkeen ei kynttilöissä enää kupliintumista esiintynyt. Kupliintunutta kynttilää katsoessa huomaa, etteivät kuplat ole kynttilän pinnalla, vaan aihiossa.

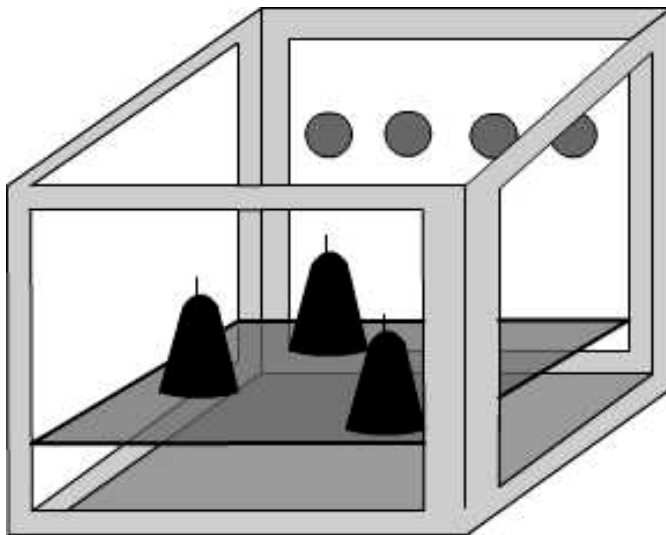


Kuva 8. Parafiinikynttilä, jossa on ilmakuplia

5.3 Muita laadullisia asioita

5.3.1 Lämpökaappi

Kynttilöiden liian nopea jäähtyminen on pajoilla kapasiteettia rajoittava tekijä. Kynttilänleikkaajat eivät ehdi leikata kaikkia valettuja kynttilöitä, sillä niitä ei voi enää leikata, kun ne ovat jäähtyneet ja menettäneet pehmeytensä. Yksi mahdollisuus tämän ongelman ratkaisuksi on lämpöeristetty kaappi, jonne mahtuu kokonaiset kynttiläkehikot. Kynttilöiden kastamisen jälkeen kehikko laitetaan kaappiin, josta kynttilät otetaan leikkaukseen. Jos tämä ei riitä, voidaan kaapin lämpötilaa säätää ilman lämpötilaa korkeammaksi. Tästä voi olla hyötyä myös hiljaisempina aikoina, kun kynttilöiden leikkaajat hoitavat myös tuotteiden myyntiä. Kun asiakas tulee myymälän puolella ostoksille, jätetään valetut kynttilät kaappiin. Kun asiakas on lähtenyt, jatketaan leikkaamista.



Kuva 9. Lämpöeristetty kaappi

5.3.2 Ilmapuhaltimet

Ulvilan kynttiläpajalla ei ollut ollenkaan ilmapuhallinta, Orimattilassa oli, mutta se ei ollut käytössä. Ilmapuhallinta oli aikanaan käytetty Nastolan pajalla, mutta Orimattilaan muuton jälkeen sitä ei ollut asennettu käyttöön. Pajojen ilmassa on jatkuvasti parafiinihöyryjä. Vaikka ne eivät olekaan myrkyllisiä, voivat ne ärsyttää lievästi ihoa, silmiä ja limakalvoja. Parafiinihuuruille altistuminen saattaa myös aiheuttaa hengitysfunktion huononemista, epämiellyttävää oloa ja pahoinvointia. Ilmanvaihtoa olisikin suositeltavaa tehostaa /9,10,11/

6. LÄHDELUETTELO

1. Aatelo, M. Lähteiltä öljyksi öljyn tie. 1. painos. Tammer-paino Oy, 1995. 159 s. ISBN 952-959735-5
2. Joulu 2006. Maria Drockila oy, 2006 31 s.
3. From Crude oil to the candle. Sasol wax, 2006 46 s.
4. <http://www.mariadrockila.fi/>
5. <http://www.tat.fi/fi/aineistot/ok/lisatietoa/tausta07.htm>
6. <http://www.nesteoil.fi/>
7. <http://prosessiteknikka.kpedu.fi/doc-html/oljynjal.html>
8. <http://www.sasolwax.com/>
9. http://www.ketsu.net/http/pm_valmiit/Parafiinihuurut.htm
10. ACGIH. Documentation of TLVs and BEIs, 6. painos, ACGIH, 1992.
11. Le Moual, N, Orlowski, E, Schenker, MB, ja muut. Occupational Exposure Estimates by Means of Job Exposure Matrices in Relation to Lung Function in the PAARC Survey, Occup Environ Med 52, 1995