

MÄNTYPUUMME PIHKA
VOITELUÖLJYN RAAKA-AINEENA

Puunkäyttöopillinen tutkimus

JAAKKO O. MURTO

HELSINKI 1951

ESIPUHE

Kotimainen voiteluöljyteollisuus, joka mäntypuumme pihkaa raaka-aineena käyttäen luotiin II maailmansodan aikaista ja jälkeistä tavarantavutetta poistamaan, merkitsi oloissamme varsin poikkeuksellista metsätuotteiden saalistusta ja jalostusta. Tästä toiminnasta on katsottu tarpeelliseksi tehdä tutkimus ennen kuin saadut kokemukset ehtivät painua unhoon.

Aloitteen tähän työhön on tehnyt Oy Tervaöljy Ab:n johtokunta, jonka jäsen prof. N. A. O s a r a on ystävällisesti neuvoillaan ohjannut tutkimuksen kokonaishahmottelua. Eri asiakirja-aineistojen läpikäynnissä ja tietojen kokoamisessa ovat avustaneet fil.maist. S. K a h i l a, tekn. tri J. L a r i n k a r i, metsänh. U. M e t s ä n h e i m o, dipl.ins. K. R. J. P e k k a l a ja toim.joht. G. Z i l l i a c u s.

Kirjan painatuksen on suurelta osalta kustantanut Oy Tervaöljy Ab, joka on myös muulla tavalla tukenut työn suoritusta. Olen yhtiön johtokunnalle tästä suuresta tuesta syvästi kiitollinen.

Suomen Metsätieteellisen Seuran hallitukselle lausun kunnioittavat kiitokseni tämän tutkimuksen hyväksymisestä seuran julkaisusarjaan »Acta Forestalia Fennica» sekä painatuskustannusten osalta tässä yhteydessä saamastani merkittävästä taloudellisesta avusta.

Suomen Tervayhdistys ry:n johtokuntaa kiitän lämpimästi työn suoritukseen myönnetystä apurahasta sekä monia yhdistykseen kuuluvia tehdasyhtiöitä ja niiden henkilökuntaa ystävällisesti annetuista teknillisistä tiedoista.

Oy Keskuslaboratorion antamasta merkittävästä tuesta olen suuressa kiitollisuuden velassa fil.tri B. N y b e r g h i l l e. Toivon hartaasti, että suorittamani tutkimus voisi hänen ajatuksensa mukaisesti jollakin tapaa hyödyttää maamme selluloosateollisuuden kehitystä. Voiteluöljyalalla työskenteille selluloosalinjan tehdasyhtiöille ja näiden monille insinööreille olen kiitollinen auliisti saamastani avusta.

Työn suorituksen loppuunviemisessä on ratkaiseva merkitys ollut sillä innostavalla ja sydämellisellä suhtautumisella, jota olen opintojeni yhteydessä Helsingin Yliopistossa saanut kokea prof. N. J. T o i v o s e n, prof. M. J a l a v a n ja erityisen suuressa määrin prof. Th. W e g e l i u k s e n

sekä maat.- ja metsät. kand. J. Itkosen taholta. Monissa orgaanisen kemian ja metsäteknologian kysymyksissä olen heidän ystävällisellä tuellaan päässyt työssä eteenpäin.

Biosynteesin ymmärtämistä ovat paljon edistäneet prof. F. W. Klingstedtin kanssa käydyt näköpiiriä avartavat keskustelut.

Lopuksi kiitän työn ohjaajia, avustajiani sekä ystäviäni, joiden kaikkien myötämielinen suhtautuminen työn valmiiksi saattamiseen säilyy kauan mielessäni.

Helsingissä 1. 12. 1951.

Jaakko O. Murto

Sisällysluettelo

I Johdanto	7
II Pihkatuotteiden valinta voiteluöljyn korvikkeiden raaka-aineeksi	12
III Valtion toimenpiteet terva- ja voiteluöljyteollisuuden aikaansaamiseksi	
Vuoden 1943 öljylaki	19
Tuotteiden takuuhinnat	20
Voiteluöljyntuotannon suuruuden hahmottelu	22
Oy Tervaöljy Ab:n toiminta	23
IV Männyn pihka ja sen rikastuminen kannonalukseen	
Männyn fysiologinen pihka ja sen synty	
Pihkakanavat	28
Pihkan yleisluonne	30
Pihkan synty	32
Patologinen pihka	37
Tervaskantojen synty	41
V Tervaksien teko ja niiden hankinnat 1940-luvulla	
Tervaskantojen nosto	48
Kannon noston metsänhoidollinen merkitys	51
Tervasvarojen arviointi ja tervasten laadun selvittely	52
Tervasten hankintatavoitteet ja tilastoinnit	55
Tervasten hankintojen muu tehostamistoiminta	58
VI Tervakset ja kantoterva voiteluöljyn raaka-aineena	
Kantotervateollisuus	
Tervan valmistuksen aikaisempi kehitys	61
Hiillon ja tervan teon periaate	69
Hiilto- ja tervantekotekniikan perustavat tutkimukset	72
Hiiltotekniikan kehitys meillä ja muualla	76
Hiiltopuun pienennys ja varastointi tehtaissa	89
Suomen tervatehtaiden hiiltokojeistot ja -tulokset 1940-luvulla	92
Tervan tuotantotilastoa	112
Tervavoiteluöljyn valmistusmenetelmän kehittyminen laboratoriomittakaavassa	
Tutkimusten suoritustapa ja laajuus	115
Kantotervan laatu tislusanalyysien valossa	116
Kantotervan kemiallinen koostumus	118
Tervavoiteluöljyn saaliin parantamismenetelmät	119
Raakaöljytisleen lipeäpesu	133
Alkaliuukaisen öljyn hyväksikäyttö	133
Tervavoiteluöljytehtaiden sivutuotteiden hyväksikäyttö	134

<i>Tervaöljykoetehtaan toiminta Hangossa</i>	136
<i>Varsinaiset tervavoiteluöljytehtaat</i>	
Kojeisto ja valmistuksen kulku	142
Tervaöljytehtaiden rakentamisvaiheet ja toiminta-aika	145
Tervaöljytehtaiden lähtöraaka-aine	149
Käyttökokemukset ja kojeiston parannukset	151
Tehtaiden käyntivauhti ja käyttötalous	158
Tervaöljytehtaiden käytön tarkkailu	160
VII Sulfaattiselluloosateollisuuden sivutuotteet voiteluöljyn raaka-aineena	
<i>Pihkatuotteiden talteenotto sulfaattiselluloosatehtaissa</i>	
Sulfaattiselluloosapuun pihka ja sen koostumus	163
Sulfaattitehtaiden sivutuotteiden saalistuksen tehostaminen	166
Raakamäntyöljyn ja mäntyöljypien koostumus	173
Sulfaattitärpätin koostumus	178
<i>Mäntyöljytuotteet voiteluöljyn raaka-aineena</i>	
Laboratoriotutkimukset	180
Raakamäntyöljyn tehdaspyrolyysi	183
Sulfaattipien jalostus voiteluöljyksi	192
<i>Sulfaattitärpätti voiteluöljyn raaka-aineena</i>	
Laboratoriotutkimukset	198
Norta-menettelyn vaiheet	202
Tehosavipolymeroinnin kehitys	206
VIII Kotimaisten voiteluöljyjen tuotantotilastoa	210
IX Kotimaisten voiteluöljyjen laatu ja käyttökelpoisuus	
<i>Tervavoiteluöljyn kemialliset ja fyysikalliset ominaisuudet</i>	212
<i>Tritykset parantaa tervavoiteluöljyn laatua</i>	217
<i>Tervavoiteluöljyn käyttökokeilut</i>	219
<i>Tärpätti- ja mäntyöljyperustaisten voiteluöljyjen laatu</i>	220
<i>Kotimaisten voiteluöljyjen varsinaiset käyttökokemukset</i>	223
<i>Voiteluaineiden säätämistoimenpiteet</i>	229
X Kotimaisen voiteluöljyteollisuuden lopettamisvaiheet	
<i>Öljynkorvikkeiden valmistuksen talous</i>	232
<i>Voiteluöljytehtaiden tuotannon lopettaminen</i>	236
<i>Tervatehdassitoimusten selvittely</i>	239
<i>Tervan muuhun käyttöön tähdätty tutkimustoiminta</i>	240
<i>Voiteluöljyjen jakelunsäännöstelyn lopettaminen</i>	242
XI Päätekatso	
<i>Männyn pihkan synteesi ja pihkakkaan puukudoksen synty</i>	245
<i>Runsaspihkaisen puun kasvatuskysymys</i>	250
<i>Männyn pihkan talteenotto</i>	251
<i>Piirteitä maaöljystä ja sen jalostuksesta</i>	255
<i>Pihkavoiteluöljyjen varsinaisen valmistus</i>	257
<i>Kotimaisten voiteluöljyjen raaka-ainekysymys tulevaisuudessa</i>	260
Summary in English	264
Liitteenä vuoden 1943 öljylaki	282
Kirjallisuusluettelo	284

I Johdanto

Maailmansotien luomat poikkeukselliset olosuhteet särkevät kestäväään tai progressiiviseen tuottoon pyrkivän metsätalouden valtakunnallisia ja kansainvälisiä puitteita. Nykyaikaisen totaalisen sodan käyntiin valmistuvan suuren kansakunnan saattaa olla pakko suorittaa metsiensä pitkäaikaistakin pääomahakkausta, kuten meneteltiin ennen viime sotaa ja sen aikana Saksassa. Siellähän jo 1930-luvun puolivälistä lähtien lisättiin kotimaisen puun käyttöä niin paljon, että hakkuumahto ylitettiin keskimäärin 50 sadanneksella (Köstler 1943). Toisaalta on myös tunnettua, miten maailmansotien välisenä aikana pyrittiin Englannin niukkoja metsävaroja kartuttamaan, jotta tarpeen tulleen voitaisiin elää muutaman vuoden kestävä omavaraisuuskausi. Tämänluonteiset kansainvälisten puumarkkinoiden muutosten tavoittelut jo sinänsä, sodan aiheuttaman kauppa- ja liikenneyhteyksien katkeamisen ohella, vaikuttavat sellaisten maiden metsätalouteen ja -teknologiaan, joiden vientikauppa olennaisesti rakentuu puutuotteiden varaan. Selväpiirteis in tyyppiesimerkki tässä mielessä maapallon maista on Suomi.

Toisen maailmansodan lamauttava vaikutus puun kauppaan, johon metsätaloustieteessä on aines- ja polttopuun ohella tapana lukea myös sahatavara ja puukuituteollisuuden tuotteet, sai aikaan sen, että nyky-Suomen piirissä olevien metsien kasvava puusto kokonaisuutena jonkin verran suureni ja teki osaltaan mahdolliseksi sodan jälkeisten vuosien suuret polttopuunhakkuut (Ilvessalo 1948; Osara 1945; Pöntynen 1945). Kansainvälisen kaupan sodan aikainen ja sen jälkeinen tyrehtyneisyys pakotti talouselämämme johdon ryhtymään erikoistoimenpiteisiin eräiden elinkeinotoiminnalle välttämättömien tuontitavaroiden korvaamiseksi kotimaisilla tuotteilla.

Sodan tuoma pakko-olotila vie luonnollisesti kansakunnan luovan voiman myös uusiin teknillisiin kehitelmiin, jotka saattavat elävöittävästi vaikuttaa teollisuuden toimintaan pysyvästikin. Kaikkinainen elämäntoiminnan kahliutuneisuus ei kuitenkaan yleensä sallinut omaperäisten mullistavien tulosten esiintulota metsä- ja puuteknologian aloilla vielä sotaa seuranneen kriisinkään aikana. Silloin sattuneista vaikeuksista selvittiin kuitenkin sitkeästi työskennellen, niin hyvin organisatorisessa mielessä kuin myös ennestään tunnettuja

teknillisiä menetelmiä sopivasti kehittämällä. Puun avulla täytyi saada aikaan ratkaisut polttoaineiden sekä voiteluöljyn saannin turvaamiseksi. Kivihiilen ja halkojen perinnäinen keskinäinen kilpa menetti merkityksensä, sillä puupolttoaineella oli nimenomaan pakko tulla toimeen. Moottorinpolttolaitteeksi tuli bensiinin tilalle aluksi puuhiili ja sittemmin puupilke. Voiteluöljyn korvikkeiden valmistus oli sikäli erikoisasemassa, että sen lähtöaineeksi valittiin mäntyisen runko- ja kantopuun pihka, siis tuote, joka normaaliaikoina on esim. halkoihin verrattuna vain metsiemme toisarvoinen sivutuote.

Jo sodan melskeissä syntynyt puutalouteollisuus merkitsi ennestään hyvin tunnetun ainespuutyyppin jatkojalostuksen voimakasta esilletuloa. Voiteluöljyrintamalla jouduttiin sen sijaan kysymyksen eteen, joiden ratkaisussa lähtöraaka-aineen vähäinen tuntemus ynnä tuotteiden jalostus- ja käyttömuotojen erikoisluonteisuus aiheuttivat vaikeuksia. Sen vuoksi on nyt jälkepäin todettu tarpeelliseksi tehdä metsiemme mäntypuun pihkan syntyä, talteenottoa ja voiteluöljyksi jalostusta koskeva tutkimus, jossa tärkeimpänä tavoitteena on selvyyden saaminen siihen, miten edellä esitetyn epänormaalien ajan tapaisissa olosuhteissa voidaan pihkan tuotanto-, talteenotto- ja jalostusvaiheet teknillisessä mielessä parhaiten järjestää. Koska pääasiallinen kokemus kyseessä olevalla alalla saavutettiin nimenomaan 1940-luvulla, on luonnollista, että tutkimus olennaisilta osiltaan kytkeytyy mainittuun aikaan.

Viime sodan jälkeisen pulamme aikana jouduttiin voiteluöljyn raaka-aineeksi soveltuvia mäntypuun pihkatuotteita hankkimaan kahta eri menetelmää käyttäen. Ensinnäkin toimeenpantiin silloisissa oloissa voimaperäinen tervaskantojen nosto siihen liittyvine tervantekoineen. Toiseksi pyrittiin mäntyisestä selluloosapuusta sulfaattitehtaissa saatavien sivutuotteiden saaliin lisäykseen, jotta mäntyöljytuotteita ja sulfaattitärpättä saatiin liikennemään voiteluöljyjen raaka-aineeksi. Näin siis nimenomaan Suomen osalta on olemassa mahdollisuus molempien menetelmien rinnastelemaan tarkasteluun, kun taas naapurimaassa Ruotsissa käytettiin kutakuinkin yksinomaan kanto-tervaa voiteluöljyn valmistukseen. Tervaskantojen kohdalla oli kysymys metsämailla piilevästä öljylähteisiin ja malmivaroihin tavallaan rinnastettavasta raaka-aine-esiintymästä, jota sen vähäisen merkityksen vuoksi ei otettu huomioon valtakunnallisia metsävarojen arviointeja suoritettaessa. Osa metsien pihka-aineista taas kulkeutuu mäntypienpuun mukana ilman lisävaivaa sulfaattiselluloosatehtaisiin.

Pihkan syntyä ja sen rikastumista tiettyihin mäntypuun osiin on Suomessa tutkittu varsin vähän (vrt. Wegelius 1939). Tämän laiminlyönnin korjaamiseksi on tutkimuksessa kiinnitetty erityistä huomiota tähän kotimaisten voiteluöljyjenkin valmistuksen kannalta tavallaan päätuotantovaiheeksi nimettävään synteettiseen »tehdastukseen».

Kysymyksen ollessa kemiallisin keinoin voiteluöljyksi jalostettavasta pihkasta on saatava selvitettyä sen ja siitä saatujen välituotteiden kemiallinen koostumus, ei vain ko. kriisiaikaa vanhempien, vaan myös uusien tutkimustulosten valossa. Edelleen on katsottu asiaankuuluvaksi käsitellä perusteellisesti eri valmistusvaiheissa sovellettua tekniikkaa ja selvittää molemmista välituotetyypeistä tehtyjen valmiiden voiteluöljyjen ominaisuudet saatuneen käyttökokemuksineen.

Tervateollisuuden Suomessa 1940-luvulla saavuttama laajuus oli suhteellisen vaatimaton verrattaessa sitä 1600—1800-lukujen tervan teon kukoistusaajan tuotantomääriin. Kun pihkatuotteiden tervaksi jalostus oli satoja vuosia maamme tärkein metsäntuotteiden valmistusmuoto, on tervateollisuuden varhaisaika saanut tutkimuksessa lyhyen selvittelynsä. Tämän on tehnyt tarpeelliseksi myös tieto siitä, että aikaisemmin oli käytössä pihkan tuotantoa lisäävä kasvavien mäntypuiden erikoiskäsittely, ns. kolomiskuorinta. Koska hiiltoalan tutkimusta ei sen vähäiseksi arvioidun merkityksen vuoksi 1940-luvullakaan vakavasti harrastettu, on tervan tekoon liittyvän hiillon kemiallisten ja teknillisten perusteiden selvittelyssä täytynyt pääasiassa nojautua tämän vuosisadan alussa tehtyyn työhön. Pihka-aineiden kemiallista muuttumista hiillossa ei ole tervan teon merkeissä juuri lainkaan tutkittu. 1940-luvun voiteluöljytutkimuksien perusteella on sen vuoksi pyritty tästäkin asiasta muodostamaan käsitystä ja näin osoittamaan, että tervavoiteluöljyn valmistuksen päävaihe itse asiassa suoritettiin juuri tervatehtaissa. Tervan valmistuksen muodostaessa tutkimuksen erään pääkohteen on pihkatuotteiden talteenoton metsäteknologisten perusteiden selvittely tullut suorastaan välttämättömäksi. Onhan näet tervan teko jo sinänsä metsä- ja puuteknologian välisissä rajankäynneissä — jos sellaisista yleensä voidaan puhua — meillä Suomessa tavallisesti sisällytetty ensin mainittuun. Tervan alan oppikirjatkin ovat maassamme enimmäkseen olleet metsäteknologioiden tekemiä.

Toistaiseksi ei Suomessa ole ilmestynyt yhtenäisiä tutkimuksia tai esityksiä jonkin itsenäiseksi kokonaisuudeksi katsottavan metsä- tai puuteknologian haaran vaiheista viime sodan jälkeisen pulakauden aikana. Nimenomaan voiteluöljyalan julkaisutoiminta on rajoittunut pääasiassa loppujalostusvaiheiden kemiallista perustetta selvittäviin osatutkimuksiin. Naapurimaamme Ruotsin osalta on tilanne melkein sama, joskin siellä pitkin matkaa on eri yksityiskohtia koskevia julkaisuja laadittu enemmän kuin meillä. Nimenomaan biologiseen ja metsäteknologiseen perusnäkökymykseen nojautuvaa, pihkatuotteiden voiteluöljyksi jalostamista koskevaa yhtenäistä tutkimusta ei kummassakaan maassa ole aikaisemmin suoritettu.

Edellä analysoitu teema on pääluonteeltaan metsä- ja puuteknologian alalla liikkuva. Samalla täytyy pitää luonnollisena taloudellisenkin näkök-

sen mukaantuloa, koska juuri talouselämän poikkeuksellinen kulku synnytti tutkittavan aiheen ajankohtaisuuden. Toisaalta on myös otettava huomioon, että ankaran tavarapulan aiheuttama hätä pakotti korvikevalmisteiden tuotantotavoitteisiin pääsemiseksi tekemään tavallista suurempia poikkeuksia normaalin talouselämän säännöistä. Tämä seikka vaikeuttaa teknillisenkin tutkimusaiheen käsittelyä, sillä yleensä tekniikan välineillä suoritettava työ katsotaan teknilliseksi vasta sen kelpatessa säännönmukaisen liiketoiminnan apuneuvoksi. Taloudellisten perusteiden esitystä on häirinnyt myös se, että valtakunnan rahayksikön arvo lyhyeksi jääneen voiteluöljyrynnytyksen aikana aleni jatkuvasti ja erittäin voimakkaasti.

Koska alalla saavutetut hallinnolliset kokemukset saattavat joskus tulevaisuudessa olla erittäin arvokkaita, on niitä käsitelty päätearviointia edeltävän esityksen alussa ja lopussa. Mainittu talouselämän poikkeuksellinen luonne on valtiovallan näkökulmasta näin pyritty tuomaan selvästi esiin.

Tutkimusta suoritettaessa on varsinaisen kirjallisuuden ohella käyty läpi eri virastojen ja yhtiöiden asiapapereita, joiden suuren lukumäärän vuoksi on osaksi osoittautunut mahdottomaksi tehdä tekstiin tarkkoja viitemainintoja.

Voiteluöljyn korvikkeiden raaka-aineiden valintaa ja saalistusta sekä tuotteiden valmistusta koskevista kohdista on suoritettu vertailuja eritoten Ruotsin vastaaviin kokemuksiin, joista monet mielenkiintoiset piirteet lienevät maassamme vieläkin tuntemattomia sekä tutkijoiden että käytännön miesten keskuudessa.

Erityisesti hartsihappojen rakenne- ja pyrolyysikemian esityksessä on mahdollisuuksien mukaan tuotu esille tuloksia Amerikan Yhdysvalloissa ja Ranskassa, siis molemmissa maapallon johtavissa pihkatuotteiden valmistajamaissa, 1940-luvulla tehdystä tutkimuksesta.

Tietoja on koottu myös vv. 1943—1947 suoritettujen laajahkojen kotimaisten ja ulkomaisten tarkastusmatkojen yhteydessä tekijän ollessa mukana ko. teollisuuden pystyttämisen ja tehtaiden valvonnassa. Tähän toimintaan sisältyi sulfaattiselluloosatehtaiden sivutuotteiden saalistukseen käytettyjen sekä terva- ja voiteluöljytehtaiden kojeistojen konstruointia, terva- ja voiteluöljytehtaiden suunnittelua ja rakentamista koetehdasvaiheineen, niiden käynnistämistä ja käytön valvontaa ja tuotannollisten kustannuslaskentojen suoritusta ynnä muita asiantuntijatehtäviä. Öljyrynnytyksen aikana tekijä toimi vv. 1943—44 Oulu Osakeyhtiön Nuottasaaren tehtaiden yli-insinöörinä, aikana 1. 10. 1944—31. 12. 1945 Oy Tervaöljy Ab:n voiteluöljyosaston johtajana ja samoihin aikoihin mm. Oy Teollisuuden Tervatuote Ab:n teknillisenä asiantuntijana.

Pääasiallisen tutkijakoulutuksensa tekijä on saanut toimiessaan Suomen puukuituteollisuuden keskustutkimuslaitoksen teknillisenä johtajana kesästä

1945 lähtien, ja päätöinä ovat nimenomaan olleet useat metsäteknologisperustaiset selluloosapuun laatuselvittelyt (Murto 1950). Tämä mäntypuun pihkaa kemiallisen teollisuuden raaka-aineena käsittelevä tutkimus on samanlaatuinen, ja metsä- ja puuteknologian rajamailla liikkuvana se kuuluu ensi sijassa metsäteknologian erään itsenäisen haaran, puunkäyttöopin piiriin.

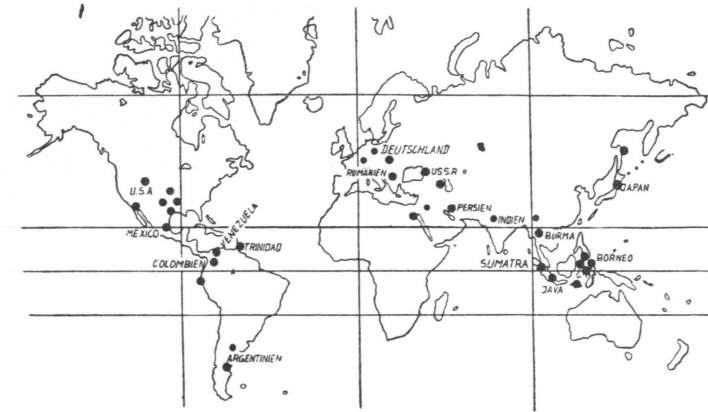
Vasta 4—5 vuotta sitten päättyneen toiminnan teknologinen arviointi edellyttäisi suorittajaltaan objektiivista ajattelutapaa, jota tehtaissa pääosan tähänastisesta työstään suorittaneelle teknikolle kehittynee vuosien varrella. Tehtävän poikkeuksellinen luonne on pakottanut suhteellisen laajaan kirjallisuuden läpikäyntiin kannanoton varmistamiseksi erityisesti pihkatuotteiden talteenottotavan valinnan suhteen. Kotimaiseen voiteluöljyteollisuuteen investoitiin Suomen markan nykyisen arvon mukaan noin miljardin suuruinen pääoma. Tätä ajatellen ei tutkimukseen käytetty työ tunne liian suureksi muotoillulta.

II Pihkatuotteiden valinta voiteluöljyn korvikkeiden raaka-aineeksi

Nykyaikaisen teollistuneen yhteiskunnan pyörät vaativat käynnissä pysyäkseen vuosittain melkoisia määriä moottorinpolttoaineita ja voiteluaineita. Maaöljyesiintymien ehtymisestä on silloin tällöin annettu hälyttäviäkin tietoja, mutta asiantuntijoiden arvioinneissa on tähdenntetty ripein etsintäporauksin esiin tulevien uusien löytöjen runsautta sekä raakaöljyn jalostustekniikan suurta edistymistä. Näin on yleensä päädytty siihen toistaiseksi turvalliselta tuntuvaan toteamukseen, että maaöljytuotteet sentään vielä riittävät ainakin yhden vuosisadan ajaksi. Maapallon tutkitut öljyvarat noussevat tällä hetkellä 10 miljardiin tonniin, ja kun nykyinen vuosikulutus on jo yli 400 miljoonaa tonnia, riittävät täysin varmat öljyvarat tätä vauhtia ajatellen vajaan 25 vuotta. Toistaiseksi tutkimattomien, ns. potentiaalisten öljyvarojen arvioidaan tunnettuihin öljyesiintymiin verrattuna olevan ainakin nelinkertaiset (M a l i n e n 1948).

Raakanafta, bensiini, petroli, kaasuöljy, voiteluöljy ja muut maaöljystä saatavat hiilivetytuotteet eivät tunnetusti kuitenkaan ole sota-aikoina kaikkien kansakuntien vapaasti saatavissa ja ostettavissa. Viimeaikaisissa sodissahan on totuttu öljyalan määrällistä ja laadullista herruutta pitämään yhtenä voiton saavuttamisen edellytyksenä. Monen sotaan johtaneen taloudellisen kilpajuoksun kohteena on väitetty olleen kiistan öljystä.

Ennen viime sotaa alettiin erityisesti Saksassa nesteyttää kivihiihtä, joka on hiiltymisen kautta syntynyt satoja miljoonia vuosia sitten kasvaneista metsistä. Kymmenen vuoden ponnistelujen jälkeen Saksan väitettiin päässeen 90-%:seen omavaraisuuteen nestemäisten polttoaineiden ja voiteluöljyjen suhteen. Eräiden tietolähteiden mukaan tämä nesteyttämisteollisuus söi juuri ennen sotaa n. 2 % maan kivihiihtien tuotannosta ruskohiihtien ja siitä tehdyn tervan kelvatessa pääasiallisesti raaka-aineeksi (Z i s c h k a 1942). Kivihiihtien nesteyttämistä harrastettiin ennen sotaa melkoisessa määrässä myös Ranskassa, Italiassa ja Englannissa.



Kuva 1. Maaöljyesiintymät Paukin mukaan (1943).

Fig. 1. Petroleum sources according to Pauk (1943).

Maaöljyteollisuudessa ja usein myös kivihiihtien nesteytykseen pohjautuvassa öljyteollisuudessa käyvät moottorinpolttoaineiden ja voiteluaineiden valmistus rinta rintaan. Ryhdyttäessä tarkastelemaan ensin läntisen naapurimaamme ja sitten oman valtakuntamme raaka-aineen valintaa nimenomaan voiteluöljyteollisuuden alalla viime pulan aikana on sen vuoksi paikallaan samalla tehdä toteamuksia myös moottorinpoltoainerintaman kehityksestä.

Mainittujen tuotteiden raaka-aineen suhteen on julkaistujen tietojen mukaan Ruotsissa harkittu jätetuun, turpeen, öljyliuskeen ja selluloosatehtaiden sivu- ja jätetuotteina saatujen keittoliemien käyttömahdollisuuksia. Jätetuuna olivat kysymyksessä metsänhakkuiden pienpuu ja teollisuuden jätteet. Täyskuivaksi laskettua turvetta on Ruotsissa arvioitu olevan käytettävissä jopa 8 miljardia tonnia, kun taas öljyliuskeessa on arvioitu esiintyvän 300—350 milj. tonnia öljyä (T h o r b j ö r n s o n 1941). Ruotsin selluloosateollisuuden keittoliemissä on orgaanista kuiva-ainetta vuosittain n. 2 milj. tonnia, mutta niiden käyttöä nestemäisen polttoaineen raaka-aineena rajoittaa tietysti niiden luontainen käyttö tehtaiden polttoaineena sekä sotien aikaiset tuotannon rajoitukset.

Ruotsissa pantiin nestepolttoaineen valmistuksen suunnittelut vireille v. 1927, ja niiden kypsyttely sekä tällä alalla myöhemmin aloitetun tutkimustoiminnan johto uskottiin sikäläiselle insinöörیتیeteelliselle akatemialle, IVA:lle, joka yhdessä Tukholman hiiltolaboratorion kanssa sai vuoteen 1932 mennessä pystytetyksi erityisen korkeapainelaboratorion hydrauskokeiden suoritusta varten (B e r g s t r ö m 1932 a). Suunnistavissa kokeiluissa todettiin

pian, että jätetuun hydraus moottorinpolttoaineeksi tuli liian kalliiksi vedyn suuren kulutuksen vuoksi. Vaihtoehtona tehtiin jo 1930-luvun alussa laskelmia runkopuun ja turpeen tehdashiillosta ajatuksena hydrata tätä tietä saadut tervat öljytuotteiksi. Näihin aikoihin alettiin Ruotsissa kiinnittää vakavaa huomiota myös mahdollisuuteen käyttää puuhiiltä turpeen tullen moottorinpolttoaineena (E n s t r ö m 1933). Puuhiilen tuotanto oli ensimmäisen maailmansodan jälkeen laskenut puoleen huippumäärästään, ja jätetuun myynti-vaikkeudet sekä silloisen maailmanpulan aiheuttamat työllisyyspulmat johtivat ajatuksia osaksi tämän luonteisiin tavoitteisiin. Hiukan ennen uuden sodan puhkeamista tehostettiin nestepolttoainetutkimuksia tähdäten lähinnä turpeen noston ja nesteyttämisen sekä puusta sulfiitti- ja sokerittamistehtaissa saatavan moottorispriin valmistuksen ja käytön selvittelyyn (E n s t r ö m 1940).

Sodan syttyminen kiihdytti tietysti Ruotsin omavaraispyrkimyksiä öljyalalla. Jo v. 1941 saatiin käyntiin ensimmäinen öljyliuskeen kuivatislauslaitos, ja toisenkin rakennussuunnitelma oli tällöin jo valmiina (T h o r b j ö r n s o n 1941). Kun liuskeen öljypitoisuus on vain 4–5 %, niin valmistus tulee suhteellisen kalliiksi. Silloiset laskelmat osoittivat kuitenkin, ettei muistakaan raaka-aineista voitu lähinnä laivaston polttoaineeksi tarkoitettua öljyä halvemmalla valmistaa. Tuotanto-ohjelmassa rajoituttiin 20 000–25 000 tonniin vuodessa. Spriin valmistusta, joka Ruotsissa oli ennen sotaa sulfiittitehtaissa paljon yleisempää kuin meillä, tehostettiin, ja optimistiset laskelmat osoittivat näin voitavan nostaa nestepolttoaineen omavaraisuusaste v. 1941 saavutetusta 5 %:sta 20 %:iin. Runkopuun ja turpeen hiiltoa tutkittiin pontevasti ja puun tehdashiiltoon siirryttäessä laskettiin saatavan yli 100 000 tonnia tervaa vuosittain öljytuotteiksi jalostettavaksi. Puun ja turpeen nesteytyksestä tehtiin rinnastelevia laskelmia synteesikaasun jalostamiseksi metanoliksi tai F i s c h e r - T r o p s c h -menetelmällä bensiiniksi ja voiteluöljyksi.

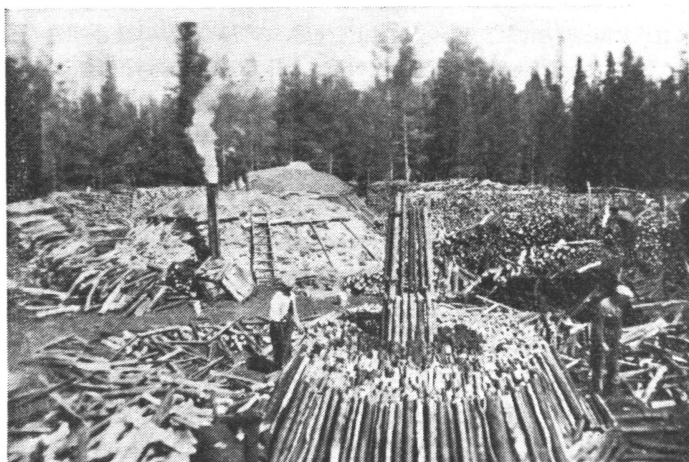
Moottorinpolttoaineen suhteen päädyttiin lopuksi puuhiilen käyttöön. Kuitenkin jatkettiin Tukholman hiiltolaboratoriossa v. 1939 aloitettuja tutkimuksia selluloosatehtaiden jäteliemien jalostamiseksi moottorinpolttoaineeksi. Lopulta saatiinkin kehitetyksi yksinkertaisessa esikäsittelyssä hapetetun sulfaattimustalipeän erikoishaihdutusmenetelmä, jolla saadusta jauhemaisesta tavarasta voitiin koetehtaassa pyrolysoida runsaasti fenolia sisältävää raakaöljyä noin 100 kg selluloosatonna kohti (B e r g s t r ö m 1941 ja 1944). Tuotteen käyttökokemuksista polttoöljynä ei ole esitetty tietoja, ja vain menetelmän alkuvaihe on sovellettu tehdasmittakaavaan eräässä sulfaattiselluloosatehtaassa. Ruotsissa tehtiin puoliteknillisiä kokeiluja myös W i n q v i s t - N y b e r g h i n menetelmän suhteen (J o h a n s s o n 1942). Tässä menetelmässä suoritetaan natriumhydroksidiläyksen sulfaattimustalipeän korkea-

painekäsittely n. 300 °C:n lämpötilassa, jolloin tapahtunee syntyneiden orgaanisten yhdisteiden eräänlaista »autohydrausta». Menetelmän pienois-mittakaavaisia kokeita tehtiin pääasiassa Suomessa, Keskuslaboratorio Oy:ssä. Lopullisina tuotteina saadaan ketoneja ja »öljyjä» sekä merkittävä määräosuus dimetyylisulfidia, joka voidaan niin ikään Suomessa, Keskuslaboratorio Oy:ssä, vv. 1946–1948 kehitetyn patentoidun menetelmän mukaan edelleen jalostaa dimetyylisulfoksidiksi (S m e d s l u n d 1951). Puuhiilen ohella käytettiin Ruotsissa melkoisia määriä runkopuutervaa moottorinpolttoaineena, joksi se mm. hiiltotäpällä sopivasti ohennettuna kelpasi avomeren kalastuslaivaston raakaöljymoottoreihin (K ä h r 1950). Tällaista kuluttajatyyppejä ei meillä Suomessa esiintynyt lainkaan, kun taas Tanskassa vastaavassa tapauksessa käytettiin turvetervaa. Muut edellä esitetyt nestemäisen polttoöljyn valmistuskokeilut — liuskeöljyä ja sulfiittisprää siis lukuun ottamatta — eivät Ruotsissa johtaneet käytännöllisiin tuloksiin.

Viime sodan aikainen vaikein voiteluöljykriisi sattui Ruotsissa noin vuotta aikaisempaan vaiheeseen kuin Suomessa. Kun sikäläisen liuskeöljyn oli todettu huonosti soveltuvan voiteluöljyn raaka-aineeksi (L i a n d e r 1943) ja kun turpeenkin nesteytyksekokeilut ennättivät vain laboratorioasteelle, ryhdyttiin siellä myöhäissyksyllä 1940 vakavasti suunnittelemaan voiteluöljyn tekoa kantotervasta. Tästä oli jo edellisen maailmansodan aikana valmistettu yli 2 000 tonnia öljyä. Pikaisella arvioinnilla todettiin kantotervan raaka-ainetta, tervaskantoja, olevan Ruotsissa riittävästi (T e r n s t e d t 1942). Tukholman hiiltolaboratoriossa oli 1930-luvulla tehty kantotervan krakkauskokeita voiteluöljyn saantia silmällä pitäen, mutta tulosten varmentamiseksi suoritettiin nopeasti uudet tutkimukset fil. G. F r e y n johdolla (E n k v i s t 1950). Tervavoiteluöljyn tuotantotavoite oli Ruotsissa aluksi 4 000 tonnia vuodessa, mikä vastasi 10–15 000:ta tonnia kantotervaa (V e l a n d e r 1941). Suhteellisen suotuisissa tuotanto-olosuhteissa ja voiteluöljyn puutteen yhä kiristyessä valmistusohjelmaa laajennettiin tästä huomattavasti, ja keväällä 1942 oli kantotervan tuotantotavoite jo 25 000 tonnia (W e g e l i u s 1942 a). V. 1942 oli Ruotsin kantotervantuotanto saatu nousemaan 1 800 tonniin. Seuraavana vuonna se oli 23 000 tonnia ja v. 1944 korkeimmillaan jopa 35 000 tonnia (B e r g s t r ö m 1950). Vv. 1941–45 tehtiin kantotervaa siellä yhteensä 82 000 tonnia, ja voiteluöljyn raaka-aineeksi siitä käytettiin noin kaksi kolmannesta.

Suomessa ei ole öljyliuske-esiintymiä, ja muillakin Ruotsissa esillä olleilla tutkimuslinjoilla oli valmistautumisemme meille yllätyksenä sattuneen pulan vastaanottoon ennen sotaa vähäistä. Sota-aikana olivat työmahdollisuutemme luonnollisesti varsin rajoittuneita. Prof. G. K o m p p a aloitti teoreettisluonteiset turpeen ja turvetervan korkeapainehydrauskokeilunsa jo v. 1927, mutta

vasta kymmenen vuotta myöhemmin saatiin valtion myöntämin varoin tutkimukset teollistamista ajatellen sinänsä vielä liian pienessä puoliteknillisessä mittakaavassa käyntiin (O. J. K o m p p a 1944). Laskelmat osoittivat kuitenkin, että alussa lupaavilta näyttäneet menetelmät olisivat teknillisessä mittakaavassa antaneet normaaliaikana aivan liian kallista bensiiniä. Taloudellisen tehdasyksikön tarvitsema turvemäärä oli 800 000 tonnia/v. Turvevarojemme arvioinnin keskeneräisyys ja niiden ilmeiseltä näyttänyt riittämättömyys saivat aikaan, että luovuttiin varsinaisen tuotantolaitoksen vakavista suunnitteluista. Moottorinpolttoainekysymystämme tutkimaan asetti valtioneuvosto v. 1934 komitean, joka ehdotti valtion polttoainetoimiston perustamista ja mm. sulfiittialkoholin pakollista sekoittamista bensiiniin. Niin ikään ehdotettiin puu- ja puuhiiligeneraattorien hankinnan helpottamista verovapauksia myöntämällä. Erityisesti sulfiittisprään tuotannon lisäämistä asettuivat mm. maamme autojärjestöt jyrkästi vastustamaan (S u o m e n a u t o j ä r j e s t ö t 1935). Pääasiallisesti moottorinpolttoaineksi otettiin sodan alkuaikoina meillä, kuten Ruotsissakin, ensiksi puuhiili. Sodan jatkuessa siirryttiin yhä enemmän puupilkkkeen käyttöön, mikä tiesi puuraaka-aineen huomattavaa säästöä. Puun kulutuksen mainittuun tarkoitukseen on laskettu maassamme viime kriisin aikana olleen yhteensä 11 milj. p-m³ eli n. 9–10 % vastaavan ajan polttopuun kulutuksesta (O s a r a 1950).



Kuva 2. Moottorinpolttoaineen valmistusta runkopuusta.

Fig.2. Manufacture of motor fuel from pine stems.

Alkoholin tuotantoa lisättiin maassamme niin ikään merkittävästi rakentamalla keittojäteliemen käymislaitoksia ja tislaamoja melkein kaikkiin sulfiittiselluloosatehtaisiin (L a s s e n i u s 1948). Niin ikään tehtiin Oulun sulfaattiselluloosatehtaan yhteyteen sijoitetussa koetehtaassa vv. 1943–50 voima-peräistä työtä puun sokerittamistehdastuksen aikaansaamiseksi A n t - V u o r i s e n kansainvälistäkin huomiota herättäneen menetelmän puitteissa (1942 a). Sota-aikana pantiin edelleen alulle suunnitelmat synteettistä metanolia valmistavan tehtaan aikaansaamiseksi Suomeen, mutta tuotantolaitos valmistui vasta v. 1949 (A l a n k o 1949; O. J. K o m p p a 1949).

Kotimaisen voiteluöljyn valmistusta ruvettiin Suomessakin uumoilemaan jo v. 1940. Vuorineuvos V. A. K o t i l a i n e n, joka vv. 1940–41 oli kansanhuoltoministerinä, antoi kannatusta maan osittaiseen öljyomavaraisuuteen pyrkivälle tutkimustyölle, ja eversti V. V a r t i a i n e n vaikutti Valtion Moottoripolttolaitoslaitoksen puheenjohtajana ratkaisevasti voiteluöljyalan kehitykseen maassamme. Merkittävän kuorman kantoi tämän alan teollisuuden organisaatiotyössä prof. N. A. O s a r a osaksi valtioneuvoston jäsenenä ja osaksi kansanhuoltoministeriön osastopäällikkönä.

Fil.tri B. N y b e r g h i n aloitteesta pantiin hänen johtamassaan Keskuslaboratorio Oy:ssä vuoden 1940 lopulla käyntiin tutkimuksia tervavoiteluöljyn valmistusmenetelmien kehittämiseksi. Puolen vuoden kuluessa päästiinkin tässä valtion kustantamassa kokeilutyössä omintakeisin ratkaisuin lupaaviin tuloksiin (E n k v i s t 1949). Ensimmäinen tervaa raaka-aineena käyttävä voiteluöljytehdas aloitti toimintansa kesällä 1944. Jo alkuvaiheessa kiinnitettiin huomiota myös raakamäntyöljyn ja erityisesti mäntyöljypien käyttömahdollisuuksiin voiteluöljyn raaka-aineena.

Ennen varsinaiseen tervaöljyn valmistukseen ryhtymistä harkittiin kuitenkin muitakin raaka-ainemahdollisuuksiamme. Viranomaisten toimesta jatkettiin tekn.tri A. S u n d g r e n i n johdolla turpeen voiteluöljyksi jalostamisen kokeiluja, joita fil.maisterit A. S o i n i n e n ja A. S a v o l a i n e n olivat aikaisemmin suorittaneet Enso Gutzeit Oy:n Kotkan tehtailla. F i s c h e r - T r o p s c h -menetelmällä saatiin turpeesta tehdystä synteetisikaasusta valmistetuksi erittäin hyvälaatuisia voiteluöljyjä (E k m a n ja S u n d g r e n 1945). Tehtaan alustavat suunnitelmat laadittiin, mutta toteuttamisen esteeksi muodostuivat lähinnä suuri pääoman tarve sekä tarkoitukseen soveltuvien turve-esiintymiemme vähäisyydestä ja nostotekniikan alkeellisuudesta johtuneet rajoitukset, vaikka raaka-aineen määrä nyt oli vain 150 000 tonnia/v eli tuntuvasti pienempi kuin korkeapainehydrauksen tapauksessa. Näin jäi turvevoiteluöljytehtaan rakentaminen epämääräiseen tulevaisuuteen. Turpeen kemiallisessa jalostuksessa, jota Valtion teknillisessä tutkimuslai-

toksessa edelleen on jatkuvasti selvitetty, onkin sen jälkeen yritetty tähdätä turvevahan valmistukseen.

Turvelinjalla suoritettujen tutkimusten perusteella ei siis päästy voiteluöljyn valmistusta toteuttamaan, vaikka tuotteiden laatu olisikin näin saatu ensiluokkaiseksi. Näin oli turvauduttava kantoterva- ja josta voiteluöljyn korviketta voitiin tehdä yksinkertaisilla menetelmillä. Itse tervan teon taitoa oli ennestään maassa olemassa, ja lisäksi tiedettiin saatavan teknillistä apua Ruotsista, jonka tervantuotannon nousu kulki edellä Suomen rynnistystä.

Sulfaattiselluloosateollisuutemme sivutuotteet, tärpätti ja mäntyöljy piki- neen, joutuivat nekin voiteluöljyyn pyrkivän jalostuskokeilun kohteeksi, vaikka näitä tuotteita tarvittiin moneen muuhun tarkoitukseen. Niinpä sulfaattitärpättistä ryhdyttiin Enso-Gutzeit Oy:n pienoistehtaassa valmistamaan voiteluöljyn korviketta jo v. 1941, lähinnä yhtymän omien tuotantolaitosten tarpeisiin. Tärpätin ensimmäisen polymerointimenetelmän kehittäjää, dipl.ins. T. N o r t a a täytyneekin pitää synteettisen voiteluöljyalan varsinaisena uranuurtajana maassamme. Tärpättiöljytehtaita oli käynnissä kaksikin ennen ensimmäisen tervavoiteluöljytehtaan valmistumista. Mäntyöljytuotteita jalostavia voiteluöljytehtaita pantiin pystyyn hieman myöhemmin, kun kannonhiiltämöjen perustamisessa ilmenneet vaikeudet estivät kotimaisen voiteluöljyn tuotantotavoitteiden saavuttamista.

Maininnan ansaitsee vielä maassamme suoritettu kokeilu käyttää sulfiitti-alkoholia voiteluöljyn raaka-aineena¹. Spriistä ensin saatu butadienin ja butyleenin seos polymeroitiin vaaleiksi eri paksuiksi voiteluöljytuotteiksi. Tutkimukset tehtiin kuitenkin niin myöhäisessä vaiheessa, ettei menetelmä ehtinyt 1940-luvun kriisin aikana tehdasmaisesti toteutettujen ideoiden joukkoon.

¹ Prof. O. Ant-Wuorisen suullinen tiedonanto.

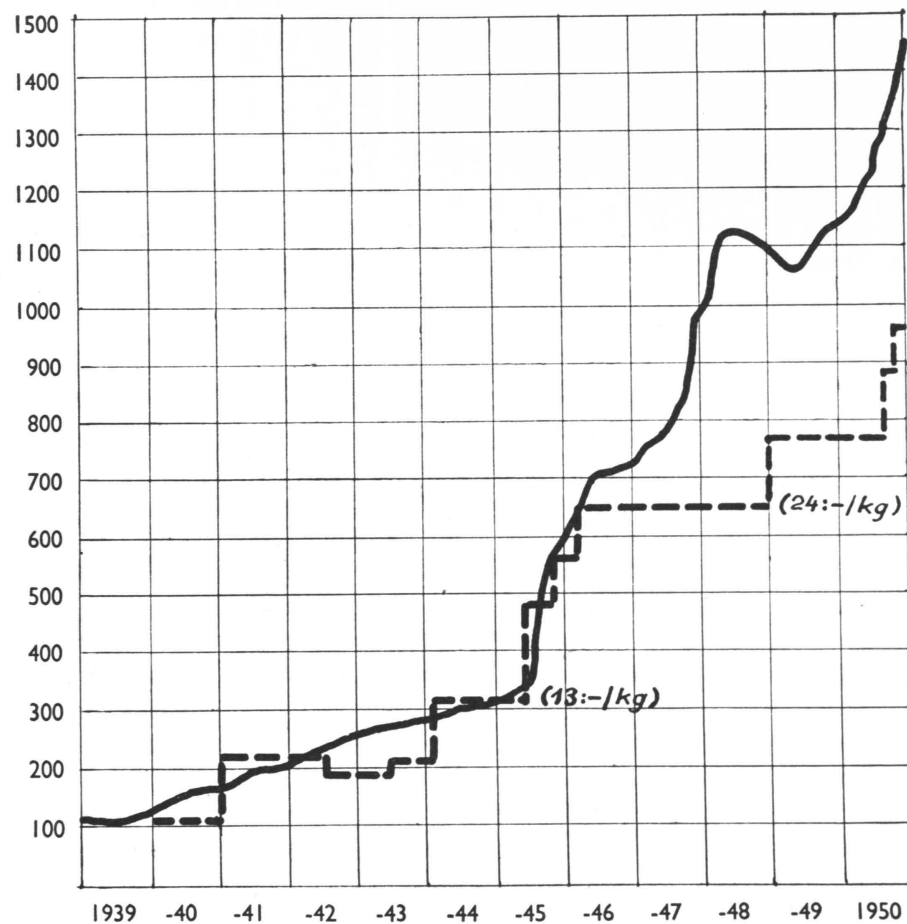
III. Valtion toimenpiteet terva- ja voiteluöljyteollisuuden aikaansaamiseksi

Vuoden 1943 öljylaki

Terva- ja öljyteollisuuden tehostamista ryhtyi maassamme hallinnollisesti johtamaan kansanhuoltoministeriön puu- ja polttoaineosasto, jonka alaan sekä moottorinpolttoaineet että voiteluöljyt säännöstelyn aikana kuuluivat. Varsinaiset järjestelytyöt aloitettiin vuoden 1942 lopulla, ja parempaan vauhtiin ne saatiin seuraavan vuoden alussa, toiseksi kansanhuoltoministeriksi juuri nimitetyn prof. N. A. O s a r a n toimesta. Hän johti tämän teollisuusalan kehittämistä myöhemminkin toimiessaan kansanhuoltoministeriön osastopäällikkönä aina kesään 1947 saakka. Hallinnolliseen tukemistoimintaan osallistuivat mainitun ministeriön puu- ja polttoaineosaston tervas-, terva- ja voiteluainetoimistot. Näistä viimeksi mainittu tosin toimi enemmän voiteluaineiden jakeluelimenä sekä korvikeöljyjen käytön ynnä laatukehityksen ja kaikkien voiteluaineiden säästön edistäjänä.

Terva-alan yrittäjien muistissa oli vielä edellisen maailmansodan jälkeinen tervatehtailun ahdinkoaika. Näin ollen oli alun perin ilmeistä, että yrittäjät saataisiin vain valtion voimakkaasti tukemina perustamaan tervateollisuutta suunnitelmien mukaisessa laajuudessa. Kaikki tukitoimenpiteet perustuivat joulukuussa 1943 vahvistettuun, eduskunnan säätämään öljylakiin eli »Lakiin kotimaisten voitelu- ja moottoripolttoaineiden sekä niiden raaka-aineiden valmistuksen ja käytön edistämiseksi».

Öljylain perusteella valtioneuvostolla oli valta säännöstellä voiteluaineiden sekä niiden raaka-aineiden valmistusta, kauppaa, käyttöä ja laatua, antaa tämän teollisuusalan yrittäjille tuotteiden hinnan- ja menekintakuuta sekä suorittaa takuusitoumuksen joutuessa irtisanotuksi tuotantolaitokseen sijoitetun pääoman jäljellä olevat kuoletuskustannukset. Niin ikään valtioneuvostolla oli tämän lain perusteella valta tukea valtion varoilla voiteluaineiden valmistuksen ja käytön edistämistä tarkoittavaa tutkimus- ja kokeilutoimintaa sekä antaa määräyksiä voiteluaineiden teknillisen kelpoisuuden tarkastuksesta. Lain soveltamista koskevat tarkemmat määräykset jäivät valtioneuvoston annettaviksi.



Kuva 3. Kotimarkkinatavaroiden tukkuhintaindeksin — 100 vuonna 1935 — ja tervan hintaindeksin vaihtelu 1940-luvulla.

— = tukkuhintaindeksi, - - - = tervan hintaindeksi

Fig. 3. Variations in wholesale index of home market goods (100 in 1935) and price index of tar, 1940—50.

Tuotteiden takuuhinnat

Helmikuussa 1944 valtioneuvosto tekikin jo päätöksen kotimaisen kantotervan hinnan-takuusta. Voiteluaineiden raaka-aineeksi tuotettavan kantotervan kilohinta korotettiin 8 markasta 13 markaksi, joten nousu oli yli 60 %. Takuuhinnalla tarkoitettiin tuotteen hintaa vapaasti rautatievaunussa lähetyksellä tai erikoistapauksessa aluksessa lähetyksellä. Takuuhintaan ei päätöksen mukaan sisällynyt liikevaihtovero eikä astian hinta. Voiteluöljyksi jalostettavana raaka-aineena terva olikin liikevaihtoverotonta. Lisäksi määriteltiin tässä tervan hintaa koskevassa ensimmäisessä valtioneuvoston päätöksessä uuden tervatehtaan perustajalle

maksettavan pääomankuoletuksen suuruudeksi valmistettua tärpättitöntä tervakiloa kohti 3 mk ja tärpättipitoista tervakiloa kohti 2 mk. Tämänluonteinen erittely, josta myöhemmin luovuttiin, johtui siitä, että eräiden tervatehdastyypien tiedettiin tuottavan melkoisesti tärpättiä sisältävää tervaa. Lisäksi haluttiin tehtailijoita kiihottaa tärpättitöntä tervan tekoon, koska tärpätti arveltiin jarruttavan tervaöljytehtaiden tuotannon vauhtia. Lisäksi tärpättiä voitiin arvioida turhan takia vaikeuttavan tervan ennakolta hankalaksi arvattua kuljetusta sekä täyttävän tervan miltei olemattoman pieniä varastotiloja.

On syytä mainita, että Ruotsissa asianlaita oli toinen, koska siellä kerättiin öljytehtaisiin hiiltämöiden tärpättikin, tervan mukana yksinkertaisesti kuljettaen, moottorinpolttoaineseikoituksiin myöhemmin pantavaksi. Tärpättistä oli sikäli hyötyäkin, että Ruotsissa tervan siirto siellä käytetyistä autokuljetussäiliöistä rautatiesäiliövaunuun oli helpompaa. Öljytehtailta suoritettu rautatiesäiliövaunujen tyhjennys oli mahdollista asentamatta näihin höyrylämmityskierukoita, ja se voitiin siten suorittaa myös nopeasti (Murto 1945 a).

Tärpättitöntä määriteltiin mainitussa valtioneuvoston päätöksessä terva, jossa oli alle 200 °C:n lämpötilassa kiehuvia aineita enintään 3 %. Hinnantakuun alaisen tervan piti olla yksinomaan männynkannoista valmistettua ja laadultaan kaikin puolin voiteluaineiden raaka-aineeksi sopivaa. Tervan vesipitoisuuden sallituksi ylärajaksi määrättiin 10 painosadanesta, mutta tervan kilohinta alkoi aletta jo vesipitoisuuden ylittyä 5 %. Kilohinnan alennus eli sakko oli 50 penniä kutakin määrärajan ylittävää vesipitoisuuden sadannesta tai tämän osaa kohti. Helströmin mukaan Ruotsissa pidettiin sopivimpana tervalaatuna sellaista, jossa kevytöljyjakeen suuruus oli 15 % (1948 a).

Ramen-hiiltämökoneistoilla ei voitu alkuaikoina valmistaa tervaa, jonka vesipitoisuus olisi ollut alle 5 %:n. Tämän vuoksi jouduttiin vesisakkoa myöhemmin lieventämään niissä valtioneuvoston vuoden 1945 aikana tekemissä uusissa päätöksissä, joiden päätarkoituksena oli korottaa tervan takuuhinta niin korkealle, että tervan teko todella kannattaisi.

Tervan hintojen nousut selviävät kuvan 2 käyriästä, jotka osoittavat korotusten tapahtuneen sitä mukaa kuin rahan arvo huononi. Aika ajoin koetettiin uusien tervatehtaiden toimintaa auttaa siten, että ne saivat runsaastikin tärpättiä sisältävästä tervastaan hieman paremman hinnan kuin vanhat tehtaat.

Tervakiloa kohti laskettu kuoletuserä nousi 10 mk:aan marraskuussa 1945, koska alkoi ilmestyä jo merkkejä tervavoiteluöljyn teon lopettamisen mahdollisuuksista. Näihin aikoihin oli rautateiden vaunuöljyn saanti hyvin kriittisessä vaiheessa. Mainittakoon, että hiiltoraaka-tärpätti hinta sovittiin loppuaikoina samaksi kuin tervan. Halvin puhdistettu hiiltotärpätti oli hinnaltaan kuitenkin kolmanneksen kalliimpaa, ja sellaiseksi soveltui alkuhiillon raaka-tärpätti sellaisenaan. Vesipitoisuuden suhteen vaatimuksia lievennettiin sikäli, että sen pysyessä 10 %:ia pienempänä ei sakkoa tarvinnut maksaa. Hinnan perustana oli kuitenkin 5 % vettä sisältävä kantoterva.

Tervavoiteluöljyn hintoja ei vahvistettu valtioneuvoston päätöksillä, koska tuotantolaitoksia oli niin vähän, että ratkaisut voitiin tehdä kansanhuoltoministeriön hintaosastolla tapaus tapaukselta. Kuoletuserät olivat eri öljytehtailta hieman erilaisia.

Voiteluöljyntuotannon suuruuden hahmottelu

Voiteluöljykriisimme odotettiin kehittyvän vaikeimmilleen sotatoimien päättymisen jälkeen. Kun syntyvän murrosajan pituutta ei etukäteen tunnettu, arveltiin olevan varmintä tehdä suunnitelmat niin, että 2—3 vuoden ajan voitaisiin välttämättömin voiteluaineiden tarve tyydyttää kotimaisten raaka-aineiden turvin. Rauhanaikainen vuotuinen voiteluöljynkulutuksemme oli ollut n. 15 000 tonnia, kun taas sota-aikainen tyypistynyt siviilikulutus nieli öljyä n. 7 000—8 000 tonnia vuodessa. Perustettavan voiteluöljyteollisuuden vähimmäistavoitteeksi asetettiin valtakunnan välttämättömmän elinkeinoelämän takaavat 4 000 tonnia voiteluöljyä, jolla määrällä laskettiin — maassa olleet kivennäisöljyjen varastot huomioon ottaen — voitavan pitää liikenne, teollisuus ja maatalous auttavassa käynnissä. Pääraaka-aineeksi oli siis tullut kantoterva, mutta raakamäntyöljy, mäntyöljypiki ja sulfaattitärpätti oli kuitenkin jo alkulaskelmissa otettu reservinä huomioon.

Kotimaisen voiteluöljyteollisuuden vuositavoitteeksi asetettu 4 000 tonnin öljytuotanto olisi arviolaskelmien mukaan edellyttänyt tervantuotannon vuositavoitteeksi 10 000 tonnia, jos kaikki öljy olisi todella voitu valmistaa tervasta. Tällainen tavoiteluku mainittiinkin öljyrynnistyksen kiivaimpana aikana silloin tällöin sanomalehti- ja radiomainonnan yhteydessä, mutta täysin vakavasti ei näin suureen tervantuotantoon aluksi pyritty terva- ja öljykamppailun painopisteeksi perustetun Oy Tervaöljy Ab:n piirissä, jossa alkusuunnitelmat mahtuivat vuosituotantona laskettuna 5 000 tervatonnin laajennusohjelman puitteisiin.

Kun vanhojen tervatehtaiden vuosituotanto oli aikana 1940—41 runsaat 1 000 tonnia eli jonkin verran pienempi kuin 1930-luvun lopulla, merkitsi mainittu laajennusohjelma tervan kokonaistuotannon tavoitteeksi siis 6 000 tonnia/v. Kun toisaalta vanhojen tehtaiden tuotantoa vastaava tervamäärä pyrki myöhemmän kokemuksen mukaan tavalla tai toisella menemään muun siviilikulutuksen tarpeisiin — maaliaineistahan muun muassa oli valtakunnassa huutava puute — niin itse asiassa tervantuotannon alkutavoite vastasi voiteluöljyksi laskettuna vain puolta minimitalvoitetta. Sulfaattiseluloosateollisuuden sivutuoterintamalla tehtyjen öljyntuotantoponnistusten vaatimattomat alkutulokset lienevät sitten saaneet aikaan sen, että keväällä 1944 kansanhuoltoministeriön tervatoimistossa laaditussa tuotanto-ohjelmassa tuli tervantuotannon tavoitteeksi valituksi 10 000 vuositonnia, mikä näin vastasi edellä mainittua koko voiteluöljyntuotannon vähimmäistavoitetta (M ä n t y s a r i 1944). Teoriassa tämä ohjelma omaksuttiin siitä lähtien myös Oy Tervaöljy Ab:n piirissä, kunnes vuoden 1945 kesällä jälleen palattiin vaatimattomam-

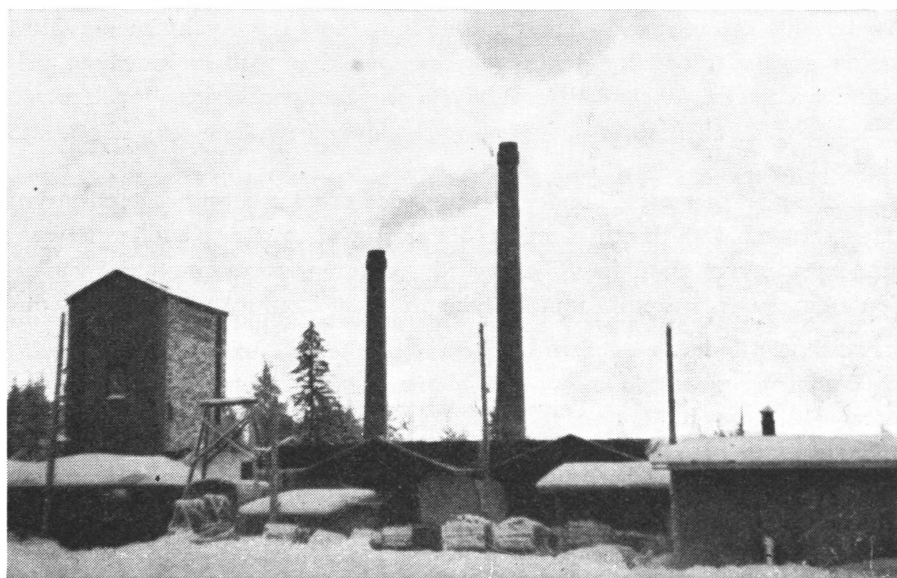
paan, tällä kertaa 7 000—8 000 vuositonnin tuotantokykyohjelmaan. Tätä vastaava valmistusvauhti alettiin saavuttaa vuoden 1946 ensimmäisen neljänneksen aikana, jonka päättyessä öljyrynnistyksen tempo sitten jo yllättävän nopeasti vaimeni. Alettiin näet saada voiteluöljyjä maahan sekä idästä että lännestä.

Sulfaattiseluloosateollisuuden sivutuotteiden saaliin korottamiseksi tarvittavia toimenpiteitä koetti Suomen Selluloosayhdistyksen teknillinen osasto tähdentää myyntitoiminnassa jatkuvasti todetun tavaran puutteen vuoksi. Sen aloitteesta perustettiin mm. erityinen insinöörikomitea näitä asioita edistämään.

Oy Tervaöljy Ab:n toiminta

Tervateollisuuden laajentaminen ja tervaöljytehtaiden rakentaminen sota-ajan vaikeuksien keskellä oli tehtävä, jonka vaivalloisuudesta edellä kerrotut tukitoimenpiteet jo antoivat selvän kuvan. Sen vuoksi kävi ennen pitkää välttämättömäksi saada käytännöllisen toiminnan johtoon valtion tarkkailema osakeyhtiö, jonka ohjelmaan ensi vaiheessa tuli kuulumaan tervatehdas-koneistojen ja niiden piirustuslisenssien hankinta ynnä myynti sekä uusien tervatehtaiden suunnittelu ja tämän alan neuvonta. Samoin oli kiireesti saatava koetehdasmittakaavassa varmistetuksi laboratoriossa jo melko pitkälle kehitetty tervavoiteluöljyn valmistusmenetelmä. Hieman myöhemmin tämän Oy Tervaöljy Ab:n nimellä työnsä aloittaneen toiminimen ohjelmaan kuului myös varsinaisten tervavoiteluöljytehtaiden suunnittelua, rakentamista ja käyntiinpanoa sekä terva- ja öljytehtaiden käytön valvontaa. Sitä paitsi tarvittiin jokin liikeperiaatteita tunteva ja noudattava elin ostamaan kannonhiiltä-möiltä tervaa ja välittämään sitä edelleen öljytehtaille. Näin yhtiöllä tuli olemaan keskeinen asema kotimaisen voiteluöljyteollisuuden kehittämistyössä, jonka onnistuminen alusta alkaen luonnollisesti edellytti joustavaa yhteistoimintaa toisaalta tämän ripeästi perustettavan uuden teollisuuden ja toisaalta jo aikaisemmin mainittujen kansanhuoltoministeriön erikoiselimien kanssa. Tärkeä oli myös Oy Tervaöljy Ab:n ja kansanhuoltoministeriön elimien yhteys jo toiminnassa oleviin tervatehtaisiin, joiden teknillistä ja taloudellista kokemusta tarvittiin niin hyvin kantojen noston, tervasten teon ja hankintojen kuin myös itse tervan teon merkeissä.

Oy Tervaöljy Ab perustettiin keväällä 1943 moottorinpolttoainerintamalla silloin jo toimintansa melkein loppuun saattaneen Oy Kaasutinhuolto Ab:n jatkoksi. Vakuutusyhtiöiden omistamat osakkeet — viidennes koko osakekannasta — siirtyivät valtioenemmistöisen Oy Pohjolan Liikenne Ab:n nimiin muun osakekannan ollessa kokonaan valtion omistuksessa.



Kuva 4. Maaveden tervatehdas v. 1940.

Fig. 4. Tar plant, Maavesi, 1940.

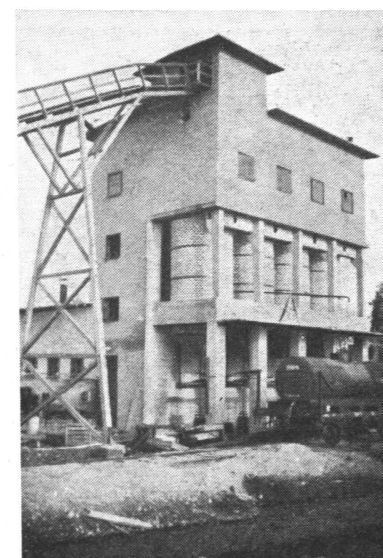
Yhtiön johtokunnan puheenjohtajana oli noin viisi vuotta kestäneen toiminnan ajan jatkuvasti eversti V. Vartiainen, varapuheenjohtajana filtri B. Nybergh ja sihteerinä johtokunnan jäsen, varatuomari L. Borenius. Yhtiön toimitusjohtajana oli vv. 1943–45 dipl.ins. E. Jauhunen ja sen jälkeen toimituspäällikkö G. Zilliacus. Johtokunta ennätti yhtiön toimintakautena pitää yli 80 kokousta. Toimisto sijaitsi koko ajan Helsingissä.

Tervateollisuuden laajentamiseksi hankittiin Ruotsista kahden tervatehdastyypin, Grudén- ja Ramén-hiiltämöjen piirustussisenssit, joita myytiin kotimaisille rakentajille. Kotimaisilta konepajoilta välitettiin koneistoja ja niin ikään hankittiin erinäisiä tarveaineita tervatehtaille. Öljyrynnistyksen loppuaikana hyväksyttiin käyttöön myös eräs kotimainen hiiltämötyyppi, jonka suunnittelija oli dipl.ins. T. Kirkkomäki. Yhtiön insinöörit avustivat useiden hiiltämöjen perustamissuunnitteluja ja käyntiin panoa.

Tervatehtaiden kanssa tehdyissä sopimuksissa sovellettiin valtioneuvoston päätösten mukaisia tervan laatuvaatimuksia, ja kuoletustakuut perustuivat yleensä 3 vuoden käyntiaikaan. Sopimusta irti sanottaessa oli valtio velvollinen suorittamaan korvauksen jäljellä olevista kuoletuskustannuksista.

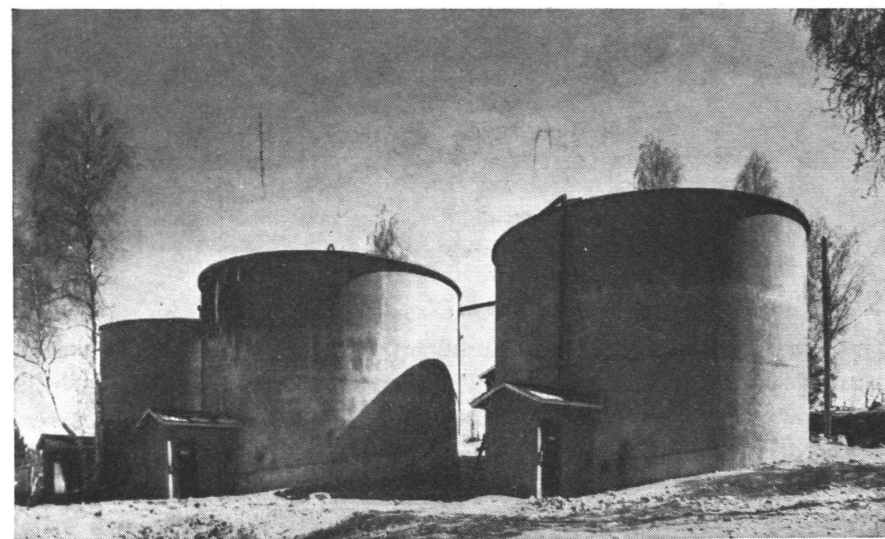
Tervan varastoinnissa ja kuljetuksissa oli alkuaikoina paljon vaikeuksia. Varastointikysymys helpottui, kun Puukemia Oy rakensi tervavoiteluöljytehtaansa yhteyteen kolme yhteensä 1050 m³:n vetoista betonisäiliötä. Kuljetuksia varten hankittiin yhteensä 340 tonnin vetoinen vankkarakenteinen rautatynnyristö. V. 1943 tehty yritys käyttää kotimaisia puutynnyreitä tervankuljetukseen epäonnistui. Tervan kuljetukseen saatiin myös seitsemän säiliövaunua, joihin asennettiin höyrykierukat.

Tervavoiteluöljyn valmistuksen suhteen oli Oy Terväöljy Ab:n ensimmäinen tehtävä koetetaan perustaminen. Voiteluöljyntuojain Yhdistys ry:n valitseman teknillisen toimikunnan annettua keväällä 1944



Kuva 5. Kajaanin 4-retorttinen Ramén-hiiltämö.

Fig. 5. Ramén stumpwood pyrolysing plant, Kajaani.



Kuva 6. Puukemia Oy:n terväsäiliöt Heinolassa.

Fig. 6. Tar storage tanks of Puukemia Oy, Heinola.



Kuva 7. Tervatynnyreitä odottamassa rautatiekuljetusta.

Fig. 7. Tar barrels ready for railroad transport.

tervaöljyn laadusta myönteisen lausunnon päätettiin valmistusmenetelmä patentoida Suomessa ja Ruotsissa¹. Tuotantoyksiköiden suuruudeksi valittiin 180 tonnia tervaa kuukausittain jalostava tehdas, joka 40 %:n saalista perustana käyttäen valmistaisi siitä 72 tonnia voiteluöljyä. 2. 5. ja 22. 9. 1944 välisenä aikana tehtiin sopimukset neljän eri yrittäjän kanssa. Näinkin monen tehtaan perustaminen katsottiin tarpeelliseksi sotatilan ja epävarmojen kuljetusolosuhteiden vuoksi ja koska sijaintipaikat samasta syystä olivat syrjässä

¹) Patenttiasioiden käsittely on asianomaisissa virastoissa vielä kesken.

liikennekeskuksista. Tervavoiteluöljytehtaiden kanssa tehdyissä sopimuksissa velvoitettiin valmistaja mm. ottamaan kaikki sivutuotteet talteen ja rakentamaan sopivan suuruiseksi katsotut tervan varastosäiliöt. Oy Tervaöljy Ab sai oikeuden periä valmistusmenetelmän käytöstä kansanhuoltoministeriön hyväksymän palkkion, joksi tuli markka kilolta. Yhtiön insinöörit suunnittelivat suurimman, 2,5:tä tuotantoyksikköä vastaavan tervavoiteluöljytehtaan Heinolaan ja antoivat apua muidenkin tehtaiden suunnittelussa ja käyntiin pannonassa. Samoin he seurasivat tehtaiden käyntiä ja kehitystä teknillisten kuukausitilastojen ja puolivuosisikertomusten avulla sekä määrävälein tehdyillä tarkastuskäynneillä, kuten tervatehtaidenkin suhteen meneteltiin.

Voiteluöljyalan tutkimustoimintaa koetettiin seurata kiinteästi Keskuslaboratorio Oy:ssä, joka annettuaan aikoinaan herätteen alkututkimukseen sai säilyttää aloiteasenteensa jatkotutkimuksien yleishahmotteluun nähden. Tutkimusaloitteita tehtiin joitakin myös Oy Tervaöljy Ab:n taholta, joka puolestaan keräsi vaikutelmia ja herätteitä öljytehtaiden insinööreiltä. Tässä mielessä järjestettiin myös muutamia öljyinsinöörin kokouksia, joihin osallistui lisäksi selluloosatehtaiden sivutuoteosastojen yhteydessä toimineiden öljytehtaiden edustajia.

Käyttövarat toimintaansa Oy Tervaöljy Ab sai kansanhuoltoministeriön hyväksyminä palkkioina, joita perittiin tervatehdaslisenssien ja -koneistojen sekä itse tervan välityksestä, kuljetusastioiden vuokrauksesta sekä voiteluöljymenetelmän käyttöoikeudesta. Palkkioiden suuruus koetettiin järjestää kohtuulliseksi, mutta kuitenkin sellaiseksi, ettei yhtiön juokseva toiminta rasitaisi valtion taloutta. Valmiin voiteluöljykilon hinnasta oli yhtiön erilaisten palkkioiden osuus 2–3 %.

IV Männyn pihka ja sen rikastuminen kannonalukseen

Männyn fysiologinen pihka ja sen synty

Pihkakanavat

Kasvavan männyn (*Pinus sylvestris*) normaalissa puukudoksessa on fysiologista pihkaa erottuneena ja varastoituneena osaksi ns. pihkasolujen sisällä ja osaksi solujen välikkoihin muodostuneissa pihkakanavissa sekä kirjallisuustietojen mukaan myös sydänkudoksen trakeidien seinämissä (Mayr 1894). Pihkasoluja ovat melkein kaikki männyn rungon parenkymisolut, joista valtaosa tunnetusti sijaitsee ydinsäteissä. Kuoren pihkaparenkymisoluihin ovat vain ydinsädejärjestelmään kuuluvat runkopuun pihkakanavien kanssa yhteydessä. Pihkatiehyitä voidaan mäntypuun sileän poikkileikkauksen myöhäissolukossa ja tämän sekä varhaissolukon välisessä kudoksessa havaita paljain silmin tai suurennuslasilla pieninä vaaleina täplinä. Näiden syiden suuntaisten pihkakanavien läpimitta on 0,08–0,15 mm ja pituus 10–80 cm. Mayrin mukaan pystykanavien pituus on rungon alaosassa suurempi kuin latvassa ja keskirungossa, ja lyhimpiä ne ovat oksien läheisyydessä. Pystysuora pihkatiehyt pysyttelee puussa aina yhden vuosiluston sisällä; sen ensiksi syntynyt keskiosa on useimmiten varhais- ja myöhäissolukon välikudoksessa, sen ylä- ja alapää taas myöhäissolukossa. Eri vuosirenkaiden saattaa pystysuorien pihkatiehyiden lukumäärä pinta-alayksikköä kohti olla hyvinkin erilainen. Yleensä on rungon tyvässä näiden pihkakanavien lukumäärä merkittävän suuri, latvaan verrattuna joskus jopa 3–4-kertainen. Eräissä suurehkoissa kuusipuissa (*Picea excelsa*) totesi Mayr keskirungon poikkileikkauksessa 44 000 pystysuoraa pihkakanavaa. Laajakokoisemmissa ydinsäteissä on myös pihkakanavia, jotka niiden läpimitan pienuuden vuoksi nähdään mäntypuun tangentiaalileikkauksessa vain mikroskooppilla. Viime sodan aikana tehtiin Amerikan Yhdysvalloissa sellainen havainto, että sikäläisessä kuusipuussa saattaa joskus olla erittäin suuria vaakasuoria pihkatiehyitä, jopa yli 3 mm:n läpimittaisia (Gerry 1942). Näiden runkopuun pinnassa kuoren poiston jälkeen näkyvien

»jättiläis»kanavien luultiin ensin olevan toukkien synnyttämiä. Sienirihmasoja ei niissä havaittu eikä muutakaan sairauten viittaavaa vauriota. Mäntypuiden suhteen ei tällaista ilmiötä liene toistaiseksi todettu. Havupuiden pysty- ja vaakasuorat pihkatiehyet ovat yhteydessä keskenään ja muodostavat puukudokseen erillisen ja suljetun, soluväliköissä olevan johtojärjestelmän. Mayr on todennut rungon latvuksessa olevan vaakasuoria pihkakanavia tiheämmässä kuin tyvässä, mikä toteamus on siis päinvastainen kuin pystykanavien tapauksessa (1894). Hän selittää ilmiön johtuvan latvuksen monilukuisten sisäänkasvaneiden oksien aiheuttamasta syiden epäsäännöllisestä kulusta. Männyn rungon eteläisessä puoliskossa saattaa joskus olla pystysuoria pihkakanavia jopa 5–6-kertainen määrä pohjoispuolikkaaseen verrattuna, mutta näin suurta eroa esiintyy useimmiten vain metsikön laitimmaisissa puissa.

Pihkakanavat eivät synny jälleen toiminnan välittömänä seurauksena, vaan ne ovat keskilamellien kohdalla tapahtuvien jälkikambiaalisten soluerkaantumisten kautta syntyneitä skitsogeenisiä intersellulaarimuodostumia. Fysiologisten pihkakanavien muodostuminen voi myöhemmässä vaiheessa olla myös lysigeenistä (mm. Tschirch ja Stock 1933). Pihkakanavan syntyessä toisistaan eronneet parenkymisolut ryhmittyvät tiehyen ympärille ns. epiteelisolukoksi. Männyn pihkakanavien ympäröivä näitä epiteelisoluja, jotka nekin ovat pihkasoluja, on tavallisesti 5, kuusessa taas 5–9 (Nylander 1951). Eräät tutkijat ovat osoittaneet, että vesi saattaa kulkea katkaistujen pihkakanavien läpi suhteellisen helposti (mm. Erickson 1938). Puun mekaaniseen lujuuteen ei fysiologisilla pihkakanavilla ole huomattu olevan merkittävää vaikutusta.

Pihkatiehyiden tilavuusosuus männyn puukudoksessa on n. 0,5–1,0 %, kuusessa sen sijaan vain 0,2–0,3 % (Trendelenburg 1939, s. 83). Kun natiivipihkan ominaispaino lähentelee veden vastaavaa arvoa (Mayr 1894), voidaan laskea, että männyn virheettömän puukudoksen pihkakanaviin mahtuu keskimäärin korkeintaan 1,2–2,5 % pihkaa puun täyskuivasta painosta laskettuna, mutta kuusen tapauksessa vain 0,5–0,8 %; tämä edellyttäen, että kanavat ovat aivan täynnä pihkaa. Tarkkoja tietoja pihkan aineosien määrästä pihkakanavissa ja pihkasoluissa ei kuitenkaan ole kirjallisuudessa esitetty yhtä vähän kuin pihkan näiden kahden pääosan kemiallisen koostumuksen mahdollisista eroista. Männyn pihkaa sisältävän parenkymisolukon tilavuusosuuden tiedetään olevan pihkakanavien yhteistilavuuteen verrattuna 10–20-kertainen. Edellä esitetyn sisäisen pihkakanavaverkon lisäksi on mäntypuussa vielä ns. ulkoinen pihkatiehytverkko, joka toimii neulasten pihkamaisten erittymien varastosäiliönä niissä ja kuoressa (mm. Mayr 1894). Koivun kuoressa pihka-aineet rikastuvat tuohikerrokseen, jonka yli 20 %:n betuliinisisäilyys antaa sijaintisolukolleen luonteenomaisen valkoisen värisävyn.

Pihkan yleisluonne

Pihkassa, jota Saksalaisessa ammattikirjallisuudessa usein nimitetään balsamiksi, on kaksi eriluonteista aineosaa: helposti haihtuva, etupäässä terpeenihilivetyjä sisältävä liuotin- ja, tärpättiöljy eli tärpätti, ja huoneen lämpötilassa puolikiinteä, hartsiksi kutsuttu liennut jae. Tämän haihtumattoman jakeen tiedetään hartsihappojen ohella sisältävän myös rasvahappoja sekä jonkin verran neutraaleja aineita, joita lehtipuissa esiintyy suhteellisen runsaasti vaha-aineiden mukanaolon vuoksi. Bergströmin määritysten mukaan on mäntypuun pihkassa tärpättiä n. 5 % ja kuusen pihkassa 2 %, kun taas Klasonin ja Köhlerin mukaan viimeksi mainitussa sitä on 7 % (H ä g g l u n d 1939, s. 233). Sulfaattiselluloosatehtaiden raakamäntyöljyn ja raakatärpätin saaliiden rinnastelu osoittaa, että mäntypuun pihkan tärpättijae on n. 20 %:n suuruusluokkaa. Mayrin sinänsä hieman epämääräisten määritysten mukaan — pihkan haihdutuskoe 100—110 °:ssa — Saksassa kasvavan männyn pihkan tärpättipitoisuus olisi 25—30 % ja kuusen 20—25 % (1894). Hän esittää myös Löwin suunnistavia tutkimustuloksia, joiden mukaan terpeenit hiljalleen hapettuivat »hartsihapoiksi» ollessaan 10 vuotta ilman vaikutuksen alaisena. Mayr olettaa tällaista tapahtuvan sydänpuun muodostumisessa ja vielä sen jälkeenkin. Sydänpuun pihkassa on näet todettu olevan vähemmän terpeenejä kuin mannon pihkassa. Sitä paitsi tiedetään sydänpuussa olevan enemmän hartsihappoja kuin rasvahappovoittoista pihkaa sisältävässä mannossa. Terpeenien muuttumista hartsihapoiksi on myös Trendelenburg olettanut tapahtuvan (1939, s. 119). Kurth ja Sherrard ovat kiinnittäneet huomiota siihen, että pihkan juoksevuuteen vaikuttaa ratkaisevasti myös rasvahappojen osittainen esiintyminen estereinä (1931). Sandermann on kiinnittänyt huomiota siihen, että natiivi kanavapihka on yleensä vedetöntä, ja etsinyt tämän ilmiön selvitystä (1941). Pihkan vedetöntyminen on sen juoksevuuden edellytys, sillä lisättäessä joskus niinkin pieni määrä kuin 0,1 % vettä saattavat hartsihapot osittain kiteytyä balsamista.

Mayrin onnistui jo v. 1885 mikroskooppisilla tutkimuksillaan osoittaa, että sydänpuun syntymisaikoihin männyn ja kuusen pihkakanavien epiteelit paisuvat »tyllimäisesti» ja näin täyttäessään tiehyet tunkevat pihkan pois tieltään (1894). Tämän jälkeen ei sydänpuuksi muuttunut kudososa enää voi mannosta käsin saada lisää pihkaeritettä eikä se voi myöskään toimia pihkavuotojen raaka-ainelähteenä. Mayr on näillä pihkakanavien tukkeutumishavainnoillaan kumonnut aikalaistensa väitteet, joiden mukaan männyn tyven sydänpuukudoksen runsaspihkaisuus johtuisi siitä, että pihka paino-

voiman vaikutuksesta valuisi rungossa alaspäin. Tämän tuloksen vahvistukseksi hän on vielä osoittanut oksien ja juurien yläpuolien olevan pihkakkaampia kuin alaosat. Kanavista poistuvan pihkan toteaa mm. Trendelenburg tunkeutuvan epiteelejä ympäröivien trakeidien misellien väliin aiheuttaen näin sydänpuulle ominaisen pienen kuivumiskutistumisen (1939, s. 137). Epävarmaa lienee, mitä tietä pihka siirtyessään käyttää. Mahdollisesti se kulkee epiteelisolujen kautta, joiden ohuet puutumattomat seinämät voinevat niin kauan läpäistä pihkaa kuin ne ovat puun elintoiminnassa mukana. Kuusen epiteelien tiedetään olevan suhteellisen paksuseinäisiä, ja näiden solujen seinämissä tapahtuu kuusessa sitä enemmän puutumista, kuin likemmäs sydänpuurajaa ne vuosi vuodelta siirtyvät. Edellä mainittujen pihkan liikehtimisilmiöiden ohella erittyy männyn sydänpuuhun ydinsäteiden pihkattomista parenkymisolusta parkkiaineita, joiden määrästä ja ehkä laadustakin riippuu sen värin voimakkuus. Männyn sydänpuussa olevan pino-sylviiin tiedetään olevan esteenä sulfatiittiselluloosakeiton onnistumiselle, koska se eräiden kuusen kuoren parkkiaineiden tavoin kondensoituu ligniinin kanssa happamissa olosuhteissa.

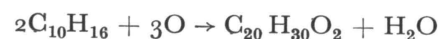
Varsin merkittävä on havainto, että aines- ja halkopuuta varastoitaessa balsamin harts- ja rasvahapot hapettuvat ilman vaikutuksesta oksihapoiksi, jotka yleensä alentavat pihkatuotteen arvoa. Selvästi tämä on ilmennyt Schwalben ja Schulzin tutkimuksessa (1918), jonka mukaan mäntypuun eetteriuute pidettäessä lastuja varastossa 42 vuorokautta aleni 6,9 %:sta 2,5 %:iin. 37 % hartsihapoista ja 87 % rasvahapoista muuttui tällöin eetteriin liukenemattomaksi. 2—3 viikon pituisen lastuvarastoinnin tiedetään tässä mielessä vastaavan parin vuoden pöllivarastointia (mm. Wegelius 1939, Harris 1946). Holmberg on voinut osoittaa, että kuusipihkan haihtumattoman jakeen neutraaliaineista muuttui noin puolet asetoniin liukenemattomaksi puuta pitempään varastoitaessa (1937).

Pihkapitoisuus on tapana määrittää tekemällä puujauheen uuttoja erilaisilla orgaanisilla liuottimilla, kuten eetterillä, alkoholilla, bentseenillä, asetonilla tai liuotinseoksilla. Eetterille on ominaista, ettei se juuri lainkaan liuota oksihappoja. Alkoholilla taas liuottaa puusta muitakin aineita kuin pihkaa. Näillä kahdella liuottimella saatujen uutemäärien suhde vaihtelee suuresti esim. puunäytteen runkosijainnin mukaan, kuten mm. Trendelenburg ja Schaile ovat osoittaneet (1937). Arvosteltaessa mäntyöljyn saantia selluloosapuusta on Ruotsissa alettu käyttää asetoniuuttoa, jolloin oksihapotkin liukenevat (Larsson 1944). Kun asetoniuutetta sitten käsitellään petroli-eetterillä eli tietyn kiehumispistevälin omaavalla bensinillä, saadaan oksihappojen osuus liukenemattomana jakeena määritetyksi. Uuttokokeilla määritetty tavallisesti vain pihkan haihtumaton jae.

Pihkan synty

Pihka-aineiden syntymäpaikasta ja itse synnystä rakentelivat fysiologit ja kemistit jo viime vuosisadan lopulla erilaisia teorioita, joista aika ajoin on käyty ankaraa kiistaa. Ma y r päätyi monivuotisten mikroskooppisten ja mikrokemiallisten tutkimustensa perusteella olettamukseen, että vain molekyyli- tai »miselli»-muotoisena plasmassa esiintyvä pihka voi erottua soluvälikköön (1894). Pihka voi hänen mukaansa läpäistä vain kasvutilassa olevan solunseinämän. Sen erittymistä kanavaan saattaa siis tapahtua vain syntyvaiheisessa vuosirenkaassa. »Valmis» solunseinä ei läpäise pihkaa niin kauan kuin se on kosteuden kyllästämä. Epiteelisolut muuttunevat sydänpuurajaa lähestyessään jälleen tyllipaisunnan ajaksi pihkaa läpäiseviksi, ja samoin tämä voi kulkea muissa pihkaparenkymeissa aina siihen asti, kun ne puukudoksen »sydäntyessä» kuolevat. T s c h i r c h koulukuntineen on taas perustanut teorian, jonka mukaan vain tiettyyn välirakennusvaiheeseen muotoutuneet pihkan kanta-aineet, mutta ei valmiit pihkan aineosat, voisivat läpäistä elintoiminnassa vielä mukana olevien solujen seinämiä (T s c h i r c h ja S t o c k 1933, ss. 20—42). Hänen mukaansa pihka-aineet syntyvät vasta pihkasolussa tai pihkakanavassa solunseinämien sisäpinnassa olevan, erityisen resinogeenisen kudoksetuksen, biokolloidisen keton erittämänä. Ko. rajapintaketju-reaktioissa tapahtuisi mm. hartsihappojen syntymisessä tarpeellista itsehabetumista.

Ma y r i n mukaan terpeenit ja hartsihapot olisivat syntyneet tärkeystään koniferiinien eli koniferyyglukosidin sivutuotteena (1894). Hän ei enää hyväksynyt aikaisempia väitteitä, että selluloosa ja ligniini voisivat muuttua pihka-aineiksi. Hartsihappojen ja terpeenien synnyn on jo kauan katsottu olevan alkuvaiheeltaan samanluonteista, mutta ei ole oltu varmoja siitä, ovatko terpeenit mahdollisesti hartsihappojen synteessin välituote vai ovatko jommatkummat toistensa sivutuotteita (N o r d e n s k j ö l d 1912). L o m b a r d on lyhyesti tarkastellut terpeenien ja hartsihappojen yhteisen alkuperän mahdollisuuksia (1946, ss. 217—25) ja tällöin mm. rinnastellut näiden aineiden rasemoitumismahdollisuuksia lämmön vaikutuksesta. Terpeenit rasemoituvat helposti kuumennettaessa, jolloin natiivipihkassa runsaasti esiintyvät optisesti aktiiviset pineenit muuttuvat inaktiiviseksi dipenteeniksi. Vaikka hartsihapoissa useimmiten on 6 raseemista hiiliatomia, niin niiden mahdollisuudet ovat tässä suhteessa rajoittuneita. Hartsihappojen ($C_{20}H_{30}O_2$) voi ajatella muodostuvan monoterpeeneistä ($C_{10}H_{16}$) seuraavasti:



Myös voidaan ajatella, että sekä monoterpeenien että hartsihappojen molekyyli-runko olisi syntynyt alifaattisesta »hemiterpeenistä», isopreenistä eli monometylibutadienista. Tämä hiilivety on konjugaatiokaksoissidoksena yhdisteenä erittäin reaktiivinen, ja se saadaan syntymään mm. halkaisemalla pineenimolekyyli kahtia katalyyttisellä krakkauksella. Useiden terpeenien ja hartsikemistien mielestä on loogillista ja pihka-aineiden kemian tutkimuksen kannalta hedelmällistä käsitellä terpeenejä ja hartsihappoja saman alkuperän omaavina yhdisteinä.

Isopreeni- eli C_5 -kanta-aineteoriat ovat lähtöisin A s c h a n i n v. 1923 esittämästä hypoteesista, että puun hartsihapot syntyisivät isopreenin ja vinyyliakryylihapon yhteispolymeraation tuloksena (mm. S a n d e r m a n n 1938; H a s s e l s t r ö m 1949). Isopreeni muuttuu tiettyissä olosuhteissa suhteellisen helposti vinyyliakryylihapoksi. Sen oman biologisen synnyn perustaksi Aschan oletti asetaldehydin ja asetonin kondensaation. Näiden lähtöaineena puolestaan ajateltiin vielä 1930-luvulla olevan, silloisen käsityskannan mukaan, kasvien assimilaatiotoiminnan ensiasteiseksi tuotteeksi kuvitellun formaldehydin (esim. C o l l a n d e r 1944), josta monosakkaridit polymeraatioväliasteena selitettiin syntyvän polysakkarideja ja rasvahapot ynnä aminohapot väliasteena valkuaisaineita. Isopreenihypoteesin on monoterpeenien suhteen ensinnä esittänyt ja näiden polymeerien suhteen ideologisessa mielessä omaksunut tunnettu sveitsiläinen hartsikemisti R u z i c k a, joka on ryhmitellyt luonnossa esiintyvät terpeenit seuraavasti (F r e y - W y s s l i n g 1935, s. 269):

	dehydraus- tuotteet	pääsarja	hydraus- tuotteet	happiderivaatat
hemiterpeeni (isopreeni) ...		C_5H_8		
monoterpeenit } (eteeriset öljyt	$C_{10}H_{14}$	$C_{10}H_{16}$	$C_{10}H_{18}$	kamferi
seskviterpeenit } ja balsamit)	$C_{15}H_{22}$	$C_{15}H_{24}$	$C_{15}H_{26}$	
diterpeenit (hartsit)	$C_{20}H_{28}$	$C_{20}H_{32}$		{ hartsihapot karotiini A-vitamiini
triterpeenit		$C_{30}H_{48}$		{ betuliini sapogeeniini ksantofylli
tetraterpeenit (karotinoidit)	$C_{40}H_{56}$			
polyterpeenit (kautsuryhmä)		$(C_5H_8)_x$		

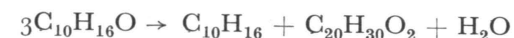
Ruzickan viitoittamaa uraa seuraten on mm. hänen tutkijatoverinsa F r e y - W y s s l i n g soveltanut isopreenihypoteesia kauttaaltaan tarkastellessaan sovelletussa botaniikassa ja tavaraopissa yleisnimityksensä

saaneiden eteeristen öljyjen, balsamien, hartsien, kamferin ja kautsujen kemiallista rakennetta, syntyä ja fysiologista merkitystä (1935, ss. 267—316). Tosin hän toteaa, ettei ole vielä voitu osoittaa, missä fysiologisessa tapahtumassa itse isopreeni syntyy. Tschirchin edellä esitettyä pihka-aineiden syntysijateoriaa Frey-Wyssling ei hyväksy, vaan omaksuu hypoteesin, että ainakin mono- ja diterpeenit syntyvät jo protoplasmassa. Yleensä terpeenien ja niiden johdannaisten vähähappisuus ja voimakkaan tyydyttämätön luonne edellyttävät melkoisten energiamäärien käyttöä, jota Tschirchin olettamissa solunseinän resinogeeniketoissa ei enää voi tapahtua. Frey-Wyssling toteaa hiilihydraattien synnyn reduktiovaiheen tapahtuvan klorofyllihiukkasten aikaansaamassa hiilidioksidin assimilatiiossa, jossa ensimmäinen solukoleikkauksen mikroskooppitarkastelussa silmin nähtävä välituote on tärkkelys. Tämän polysakkaridin synteesipajana toimivat plastidit, leukoplastit ja kloroplastit, kun sen sijaan disakkaridien synty vielä tapahtuu erilaistumattomassa protoplasmassa. Aivan samoin kuin siis polysakkaridien synnyssä synteesi seuraa välittömästi reduktiovaihetta, disakkarideihin saakka, täytynee myös isopreenikanta-aineen asemesta suoraa päätä syntyä mono-, seskvi- ja diterpeenejä. Pohdintansa lopputuloksena Frey-Wyssling on esittänyt C₆-kerrannaisten hiilihydraattien ja terpeenien syntymäpaikoista seuraavan rinnastelun:

poly- meraati- aste	hiilihydraatit	terpeenit	olotila	syntypaikka
1	monosakkaridi	hemiterpeeni	liuoksessa tai neste	protoplasma
2	disakkaridi	monoterpeeni		
3	trisakkaridi	seskviterpeeni		
4	tetrasakkaridi	diterpeeni		
6		triterpeeni	liukenematon, kiinteä, kiteinen	plastidit
8		tetraterpeeni		
n. 200	inuliini			
n. 650	tärkkelys			
n. 700	selluloosa		liukenematon, kiteinen	protoplasman rajapinta
n. 750		balata ja gutta- perkka	liukenematon, kiinteä, osaksi	
n. 1000		kautsu	kiteinen	

Varsinaiseen isopreenikanta-aineteoriaan vielä palaten mainittakoon, ettei sen avulla voida selittää tiettyjen bisyklisten hartsihappojen syntyä (Sandermann 1938).

Edellä jo mainitun monoterpeeni- eli C₁₀-kanta-ainehypoteesin esittivät Klason ja Köhler olettaessaan, että aldehydi C₁₀H₁₆O hapettuisi ja polymeroituisi hartsihapoiksi (mm. Sandermann 1938; Lombard 1946) pihkan vuotaessa puusta. Sandermann todisti hypoteesin vääräksi juoksuttamalla suoraan puukudoksesta rungon kylkeen tukevan oksan päälle asetettuun lasipulloon pihkaa, joka hiilidioksidivirtauksin pidettiin ilmalta suljettuna, ja toteamalla erilaisia reagensseja lisäten tämän olevan aldehyditonta. Dupont oli niin ikään jo 1920-luvun puolivälissä kehitellyt teoriaa, että puussa olisi C₁₀H₁₆O-kanta-aine, yksi tai useampia isomeerejä, joka diastaasin vaikutuksesta muuttuisi monoterpeeneiksi sekä hapettumalla C₁₀H₁₆O₂-hapoksi, joka vuorostaan saman kanta-ainealdehydin kanssa kondensoituen muodostaisi hartsihappoja. Tämän reaktiosarjan hän esitti yhdellä kaavalla (Lombard 1946):



Terpeenien ja hartsihappojen synty tapahtuisi näin painosuhteessa 31:69, mikä aika hyvin vastaa eräiden, joskaan ei kaikkien, balsamien kokoomusta (Sandermann 1938). Aldehydianalyysien negatiivisen tuloksen ei Lombard (1946) katso kokonaan kumoavan Dupontin hypoteesia, koska pihkasolujen sisällä olevan balsamin on todettu olevan erilaista kuin pihkanavasta Sandermannin kokeissa juoksutettu pihka. Itse monoterpeenihiilivetyjen muuttumista hartsihapoiksi Lombard sen sijaan epäilee, koska niiden helposti aikaansaataavassa hapettumispolymeraatiiossa ei ole koskaan tavattu trisyklisen hartsihappojen molekyyliarakenteelle ominaisia reteenirunkoisia yhdisteitä.

Sandermann puolestaan on ns. fytoli- eli C₂₀-kanta-aineteorian isä (1938). Hän näet olettaa, että hartsihappojen synnyssä olisi avainasema ketjusynteesin välituotteella, jonka runkorakenne vastaa yhden kaksoissidoksen omaavan, alifaattisen diterpeenialkoholin, fytolin (C₂₀H₄₀O), struktuuria. Ns. metyylioksidaatio ja veden perättäiset liittymiset ja poisloheamiset olisivat tällöin erilaisten hartsihappojen biogeneesin päätapauksia. Hasselström on hiljattain esittänyt välireaktioiden lisäolettamuksia (fytoili → karotiini → A-vitamiini → sklareoli ja monooli → bi- ja trisykliset hartsit) Sandermannin hypoteesiin, joka näin on siis saanut tunnetun suomalaisen hartsikemistin kannatusta (1949). Hän mainitsee samalla, että fytolin mahdollinen osanotto resinifikaatioon merkitsee myös pihkan pääaineiden synnyn liittymistä havupuiden muihin tärkeisiin biologisiin prosesseihin. Onhan Willstätter näet jo v. 1913 osoittanut fytolin olevan klorofyllin aineosana.

Hasselström rinnastelee puiden lehteytymistä ja pihka-aineiden syntyä ja olettaa klorofyllin synteesistä jäljelle jäävän fytofin tulevan puussa käytetyksi resinifikaatiossa, jonka tuloksena on pihkaisen sydänpuun muodostus ja haavalääkkeiden syntyminen muuten jo tarpeettomista välituotejätteistä. Julkaisun yhteydessä kiinnitetään huomiota myös mäntypuun nilasta tehtyyn pettujauhoon, jonka ravintoarvo Tigerstedtin mukaan on 45 % yhtä kuivaan ruisjauhoon verrattuna ja jonka pihka-ainetta Pajari on ansiokkaasti selvittellyt osoittaen siinä mm. olevan 63 % rasvahappoja ja 10 % steroleja (1943). Hasselström arvelee olevan syytä harkita pettujauhon käyttöä normaaliaikoinakin karjan rehuksi.

Lombard toteaa, että niin mielenkiintoisia kuin Sandermannin edellä selostetut teoriat ovatkin, ne ovat kuitenkin vain hypoteeseja (1946). Hän mainitsee kokeellisen tutkimuksen päässeen toistaiseksi vasta siihen, että Devaux ja Bargues osoittivat vv. 1927—28 julkaistuissa tutkimuksissaan puukudoksen pihkasolujen ja kuoren pihkakanavissa olevien balsami-aineiden olevan kemiallisesti neutraaleja, kun sen sijaan puukudoksen pihkakanavien balsamissa on vapaita happoja, jotka reagoivat kupariasetaatin kanssa tunnusomaisen värireaktion synnyttäen. Nämä ranskalaiset tutkijat ovat olettaneet pihkasolujen balsamissa esiintyvän »kanta-ainetta», joka kanaviin työntyessään hapettuu hartsihapoiksi. Bargues on tutkinut pinus maritiman neulasien klorofyllikudosta, jossa havaittiin päiväsaikaan tärkkelyksen lisääntymistä, kun taas yöllä todettiin tärkkelyksen katoavan tiettyistä soluista ja tilalle muodostuvan neutraaleja pihka-aineita. Ilmiö oli erityisen selvä kesäaikaan; heinäkuun jälkipuoliskolla oli täysikasvuisten neulasten kaikissa vihreissä soluissa joka ilta tärkkelyksaumia, kun taas joka aamu tietty vihreä soluryhmä oli tyhjentynyt tärkkelyksestä ja sen sijaan sisälsi runsaasti neutraalipihkaa. Neulasten tärkkelyspitoisuus näytti siis suuresti vaihtelevan, mutta tärkkelyksen kadotessa muodostui tilalle runsaasti neutraalia pihkaa. Ilman lämpötilan nousu tuntui edistävän pihka-aineiden syntyä. Neulasissa olevien neutraalipihka-aineiden ja hartsihappojen määräosuuksien suhteen voitiin kuitenkin havaita, että jälkimmäisten muodostumisen kiihtyessä olivat neutraalit pihka-aineet huhtikuussa jo kokonaan häipyneet. Elävissä soluissa oleva biologisesti hyvin aktiivinen neutraali pihka oli siis muuttunut pihkakanaviin jouduttuaan tai tiettyjä kalvoja ja kettoja läpäistessään erinäisin reaktiosarjoin biologisesti tehottomaksi hartsihapoksi, joka sitten kelpaa korkeintaan haavojen lääkitsemisaineeksi. Bargues'n tutkimukset Lombardin käsityksen mukaan näin osoittavat, ettei kanta-aineteoriointi ole ollut pelkkää ilmalinnojen rakentelua, joskin neutraaliaineen kemiallisen olemuksen selvittelyssä on vielä paljon tekemistä.

Monet tutkijat ovat koettaneet osoittaa, että skitsogeenisen muodostumisen alaisena olevissa soluissa juuri syntyneet öljypisaroiden alut, jotka ovat voimakkaasti valoa taittavia ja osmiumhapporeagenssia redusoivia, olisivat

terpeenejä (Frey-Wyssling 1935). Tschirch on tosin väittänyt rasvapisaroiden aiheuttaneen tässä suhteessa virheellisiä toteamuksia eikä sen vuoksi täysin luota edellä selostettujen Bargues'n suorittamien tutkimusten tapaisiin fysiologien selvittelyihin. Ranskalaisen Guillermondin onnistui apulaisineen kuitenkin v. 1933 julkaistussa tutkimuksessaan poistaa mikroskooppileikkeestä saippuomalla ensin rasvat, jolloin jäljelle jäi ko. terpeenipisaroi. Joka tapauksessa on siis ilmeistä, että rasvahappoestereitä syntyy protoplasmassa rinnan terpeeniyhdisteiden kanssa ja että mm. Bargues'n mielenkiintoiset pihkan synnyn selvittelytulokset pitäisi tässä mielessä tarkistaa. Yleensä kaikkien pihkafysiologien ja -kemistien tutkimukset ovat siinä mielessä yksipuolisia, ettei samanaikaisesti ole kiinnitetty huomiota sekä rasvahappojen että hartsihappojen biogeneesiin. Hasselström on kyllä edellä mainitussa tutkielmassaan maininnut, että rasvahappojen ja sterolien synty on eri kysymys, jota ei vielä ole sanottavasti teorioitu (1949).

Viime sodan jälkeen on kasvien fotosynteesin tutkimus erityisesti läntisellä pallonpuoliskolla mennyt jättiaskelin eteenpäin (Rautanen 1950). Tutkimuksessa on sovellettu mm. sopivien radioaktiivisten C-isotooppien käyttöä ja paperikromatografiaa. Formaldehydin edellä mainittu vuodelta 1870 peräisin oleva von Bayerin »kanta-aine»-hypoteesi (Collander 1944) on kokonaan hylätty (Ruben 1939, 1940 ja 1941). Toistaiseksi on suomalaisessa kemian kirjallisuudessa esitetty tietoja vain C₆-kerrannaisten polysakkaridien biogeneesin alkuvaiheista.

Patologinen pihka

Mäntypuun fysiologisen pihkan selvittelyssä tuli jo edellä esille myös piirteitä sen biologisesta merkityksestä. Fysiologit pitävät valmista, »hapanta» pihkaa aineenvaihdunnan eritteenä eli ekskreetinä, ts. puusynteesin päätuotteiden, varsinaisten assimilaattipolymeraattien sivu- ja jäteaineena, joka erityiseen kanavistoon työntyneenä joutuu jakamaan majapaikkasolukonsa kohtalon tämän syrjäytyessä elintoiminnasta sydänpuuksi. Rungon sisuksen sydäntyessä pihka kuitenkin joutuu pois kanavistaan antaakseen trakeidikudokselle viimeisen virkistävän merkin elämän jatkumisesta jällessä ja mannessa. Sydänpuusta pihka ei puun kasvun aikana enää pääse liikkumaan mihinkään. Mannossakin olevasta tiehyistöstään pihka pääsee ulkoilmaan vain jonkin vaurion sattuessa. Vahingoittumista voi ilmetä kasvavan puun sekä pinnassa että sisuksessa. Edellisessä tapauksessa haavan aiheuttajana voi olla kirves tai jokin muu teräase, salama, naapuripuun kaatuminen, tuli, tuhohyönteinen, lahosieni tms. Puukasvi lääkitsee kuorikudoksensa haavan muodostaen suojaksi korkkisolukkoa, kun taas jälleen ja mannon vikaan-

tuessa syntyy solukkoa, jota tässä tapauksessa usein kutsutaan haavaparenkyymiksi. Nimitys ei ole aivan oikeaan osunut, sillä todellisuudessa tällaisessa haavasairauden tilassa vahingoittuman laitamilla syntyvä kudosisältöä kaikkia mahdollisia trakeidien ja parenkyymien välimuotojakin. Tschirch on nimittänyt tätä patologista kudosta trakeidaaliparenkyymiksi. Kuten aina parenkyymien muodostuessa syntyy nytkin pihka-aineita, jopa tavallista enemmän, samoin kuin niiden soluvälikkökanaviakin. Normaaliin mantokudokseen verrattuna on varsinkin pystysuorien kanavien tiheys tällöin moninkertainen, kuten mm. Nylander on hiljattain tehdyissä tutkimuksissaan todennut selvitellessään karsinnan, leimauksen ja koekairausten vaikutusta pihkakanavien syntyyn (1951). Puun kasvuaikainen karsinta aiheutti näiden muodostumista välittömästi, kun taas syys—lokakuinen karsinta sai aikaan patologisten kanavien syntyä seuraavan kevään varhaissolukkoon. Tiehyttiheys oli vahingoittuman alapuolella suurempi kuin sen yläpuolella, ja eräässä tapauksessa patologisia pihkakanavia havaittiin kannon aluksessa sekä juurissakin vielä 1,2 metrin etäisyydessä kannosta. Männyn patologiset pihkakanavat osoittautuivat mittauksissa läpimitaltaan yhtä suuriksi kuin normaalit, mutta kuusessa ne olivat tavallista avarampia. Eräät tutkijat ovat havainneet havupuissa patologisia pihkakanavia myös kaukana haavan yläpuolella, latvuksien kärkeä myöten (White 1949).

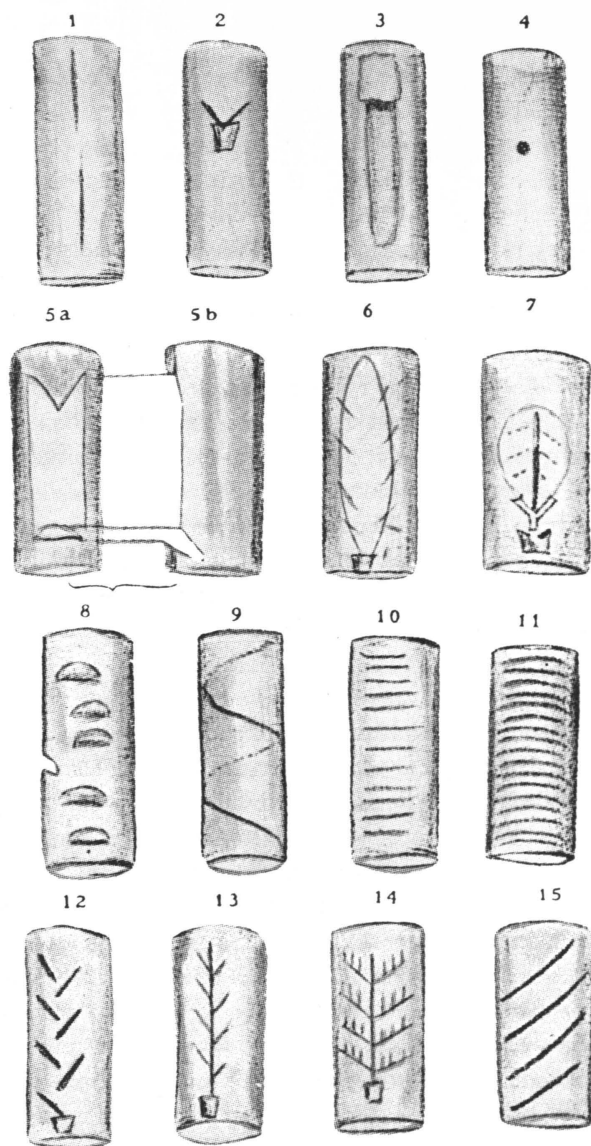
Jälleen vaurioituessa tapahtuu sekä männnyssä että kuusessa ns. pihkavuoto, jossa on sekä ensiö- että toisiovaihe. Välittömästi vahingoittumisen jälkeen alkavassa ensiövuodossa on pihka fysiologista, ts. se työntyy haavaan normaaleista pihkakanavista. Ensiövuoto tyrehtyy suhteellisen pian, mutta haavan ollessa pieni saattaa kyljestyminen tapahtua jo senkin aikana. Toisiovuoto on peräisin patologisista kanavista. Keskikesällä se alkaa 3—4 viikon kuluttua vaurion sattumisesta. Niin kauan kuin pienikin osa haavaa on auki, jatkuu tämä fysiologista paljon voimakkaampi sairaudellinen vuoto, joka saattaa pysähtyä kasvukauden lopussa, mutta alkaa uudelleen seuraavana keväänä. Toisiovuodossa haavaan tulvivaa pihkaa sanotaan patologiseksi. Usein väitetään patologisen pihkan edistävän puun haavan parantumista ja toimivan tämän antiseptika-aineena. Eräät tutkijat ovat kuitenkin kiinnittäneet huomiota siihen, että pihkavuoto näyttää suorastaan pitkittävän kyljeksien eli palven muodostumista. Voitaisiin ajatella, että pihkavuodot yleensä johtuvat puukasvin pyrkimyksestä estää ulkoilman kosteuden pääsyä pihkakanaviin, joissa vesi kiteyttää hartsihapot ja tekee pihkan liikuntakyvyttömäksi (vrt. Sandermann 1941). On myös arveltu runsasenergisten terpeenien haavaan tulon stimuloivan trakeidaaliparenkyymien syntyä, mitä ei kuitenkaan pidettäne uskottavana. Patologisen pihkan synty on siis ensi sijassa aineenvaihduntasairauden seurausilmiö (Frey-Wyssling 1935, s. 291).

Vahingoittuman jäädessä puun loppuiäksi avonaiseksi nimitetään sitä sen alkuperän ja muodon mukaan esim. palohaavaksi, huolemaksi, koroksi, tervaskoroksi jne. Havupuissa esiintyvä pakkashalkeama on tavallisesti siksi pieni, että se kyljestyy. Jälleen pieniä repeämiä voi syntyä myös tuulen vaikutuksesta, jolloin muodostuu puukudokseen »pihkataskuja», ympäristöön syntyvine patologisine balsamikanavineen. Näitä samoin kuin pintavaurioiden aiheuttamia patologisia pihkatiehyitä esiintyy sellaisissakin puulajeissa, joissa fysiologisia pihkakanavia ei lainkaan ole (mm. Frey-Wyssling 1938). Laajimmat tutkimukset on patologisen pihkan suhteen suorittanut kaiketi Tschirch. Neljän eri puulajin edustajiin tehtiin vammoja ja haavoja kymmenellä eri tavalla ja seurattiin sairautta sopivan ajan kuluessa (Tschirch ja Stock 1933, ss. 44—50). Kasvun aikana rungon sisuksessa syntyvään halkeamaan vuotaa niin ikään pihkaa, mikäli vaurio on mannossa, jolloin tavallisesti on kysymys pinnanmyötäisestä tuulen aiheuttamasta halkeamasta. Näin puuhun syntynyttä vikaa nimitetään kehkeämäksi. Sydänpuussa esiintyy sitä paitsi säteittäisiä halkeamia, joiden aiheuttajana lienee sen vesipitoisuuden pienemmyys manttoon verrattuna sekä sen erilainen lämpölaajentuminen. Näistä syistä syntyy näet syiden välisiä jännityksiä, jotka johtavat halkeamiseen. Kun halkeama ei sydänpuussa voi täyttyä pihkalla, on seurauksena usein lahosienien helppo pääsy puuhun.

Patologisena täytyy pitää myös pystyyn kuolleen ja kuoriutuneen, mm. uittopuomina ja ainespuupinon aluksena käytetyn kelohongan lisäpihkoittumista, josta ei liene tehty varsinaisia tutkimuksia. Niin ikään kuuluu samaan ilmiöluokkaan vielä tervasroson, mäntypuiden ohutkuorisien latvaosaan pesiytyvän ruostesienen, aiheuttama pihkoittuminen. Tutkimuksin ei ole toistaiseksi selvitetty esim. sitä, miten suuri osuus patologisella pihkalla keskimäärin on tavallisen sulfaattipuun uutepitoisuuksissa.

Patologisen pihkan varassa elää Amerikan Yhdysvaltojen laajaksi muodostunut gum rosin -teollisuus, jonka pihkaraaka-aine kerätään haavoitetuista männnyistä. Patologisen pihkan kehittyminen on yleensä näiden seutujen mäntylajeissa voimakasta, ja sitä voidaan tehostaa erityisillä kemikaali- ja sienikäsittelyillä. Euroopassa on patologiiseen pihkaan perustuvaa teollisuutta erityisesti Ranskassa, Espanjassa ja Portugalissa. Ennen viime sotaa oli patologiasta pihkasta tehdyn hartsin vuosituotanto Ranskassa n. 70 000 tonnia ja USA:ssa n. 350 000 tonnia (Lombard 1946; vrt. Sarrat 1951).

Myös Suomessa on varsinkin viime sodan aikana kiinnitetty huomiota männyn pihkomiseen osaksi paperiteollisuutemme hartsipulan vuoksi ja toisaalta siksi, että päästiin tutustumaan Neuvostoliiton Itä-Karjalassa 1920- ja 1930-luvuilla käynnissä olleisiin pihkomistyömaihin (Wegelius 1942 b). Kalela (1946) teki kokeitakin eräällä tällaisella entisellä työmaalla ja sai



Kuva 8. Erilaisten eritteiden saalistamisessa käytettyjä haavoitustapoja (Tschirch ja Stock 1933).

1. bentsoe, 2. tolubalsami, 3. perunbalsami, 4. lehtikuusitärpätti, 5–7 pohjoisamerikkalainen, ranskalainen ja saksalainen männynpihka, 8. dammar, 9. kumigutti, 10. manna, 11. japanilainen lakka, 12–15. kautsu.

Fig. 8. Cutting methods used in tapping different exudations (Tschirch and Stock 1933).

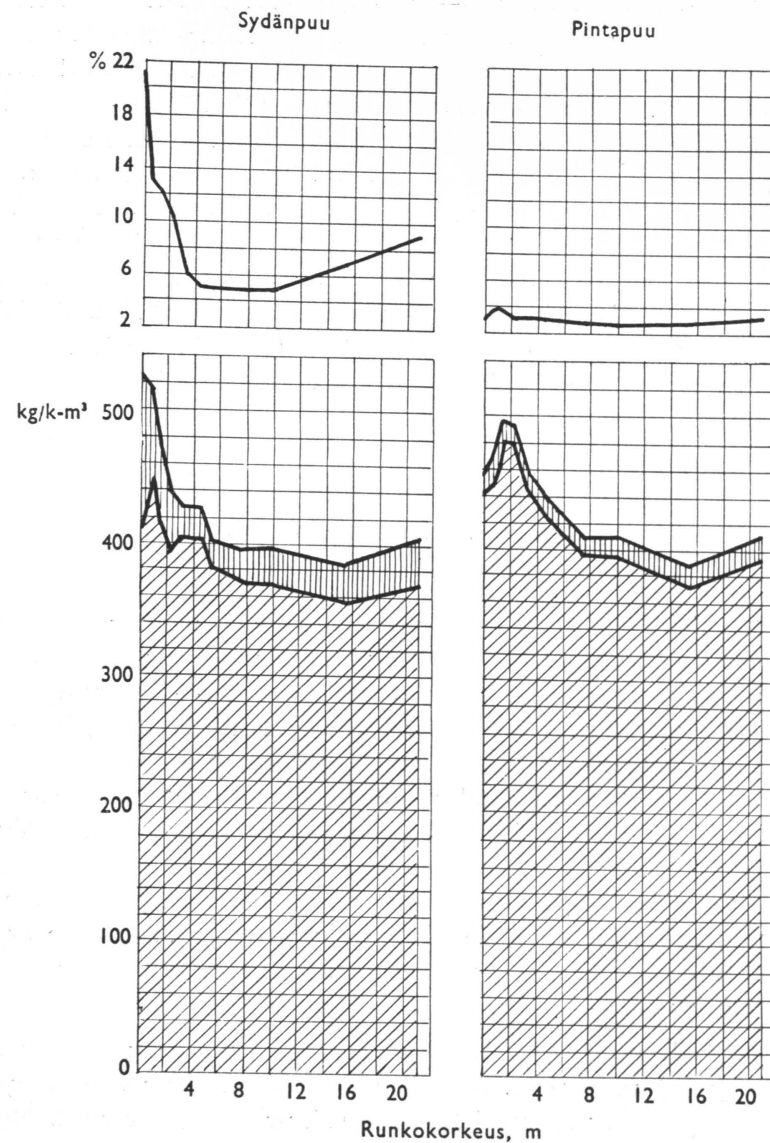
hakkuukypsissä männiköissä 500–1750 g pihkaa kesässä puuta kohti¹. Pihkottavien puiden on oltava suuriläpimittaisia, ja niitä pitäisi olla 100–150 kpl/ha, jotteivät keräyskustannukset nousisi ylen suuriksi. Viime sodan aikainen kokemus osoitti jälleen, ettei havupuiden pihkominen ole oloissamme kannattavaa. Suurempi merkitys maassamme on ollut nuorien mäntypuiden kolomisella eli pihkoittamisella, sillä olihan kolopuu vuosisatoja tervateollisuutemme pääraaka-aine. Kolomismenetelmän heikkoutena on melkoisen työvoimantarpeen ohella se, että pihkan lisätuotanto vaatii muutaman vuoden pituisen ajan, joten pula-ajan tullessa yllättäen ei tuloksia ennätetä saada riittävän nopeasti. Kolomisen suoritustapaa ovat selostaneet mm. Soldan (1862), Siintola (1917) ja Helander (1922 ja 1949). Varsinaisia tutkimuksia ei maassamme tältä alalta tiettävästi ole julkaistu.

Tervaskantojen synty

Edellä todettiin jo, että puunrungon tietyn sisuosan muuttumisella sydänpuukudokseksi näyttää olevan läheistä yhteyttä männyn pihkapitoisuuden lisääntymiseen. Havupuukudoksen pääosina olevat kuitusolut, veden kuljetuksen ja rungon tukemiseen erikoistuneet trakeidithan kuolevat, kuten tunnettua, jo syntymäkasvukautensa lopussa ydinsädetylppysolukon jäädessä eloon suorittamaan ravintoaineiden kuljetusta ja varastointia. Mantopuusta monin tavoin poikkeavan sydänpuun osuuden rungossa vuosi vuodelta hieman epätasaisesti lisääntyessä kuolee vastaavasti tylppysolujakin, kuten edellä on tullut jo mainituksi. Sydänpuun solujen seinät ovat vielä kosteuden kyllästämiä, mutta sydänsolukon vesipitoisuus on vain 1/4–1/3 mannan vesipitoisuudesta. Erityisen pihkakkaan puunosien soluseinien kyllästyskosteus on normaalia alhaisempi.

Trendelenburgin ja Schailen tutkimuksien mukaan rungon eri osissa (1937) mantopuun kuivatilavuuspaino lisääntyy mannosta sydänpuuhun siirryttäessä männyn latvaosissa vähemmän kuin tyvessä. Heidän tulostensa perusteella on laadittu kuvan 9 graafiset esitykset, jotka osoittavat, miten pihka on eräässä sahatukin kokoisessa saksalaisessa männnyssä ollut merkittävä sydänpuun painon lisääjä, johon seikkaan olisi sahauspuun tutkimuksissa syytä tähänastista enemmän kiinnittää huomiota, vaikka pihka

¹ Tropiikissa saattaa eräiden mäntylajien kasvukautinen pihkomistuotanto olla jopa 25 kg runkoa kohti (Frey-Wyssling 1935).



Kuva 9. Saksalaisen sahatukkimännyn eetteriuutteena määritetty pihkapitoisuus rungon eri osissa.

Fig. 9. Resin content in different parts of the stem of German saw log pine determined as ether extract.

- = pihkapitoisuus, % täyskuivan puun painosta
 ||||| = pihkan osuus, kg/tuore k-m³
 ||||| = puun „ „ „

tiettävästi ei sinänsä muuta puun lujuusominaisuuksia. Männyn kyseessä ollessa lieene muiden sydänpuuaineiden osuus tilavuuspainossa vähämerkityksistä. Samalla tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta, miten pihka on epätasaisesti jakaantunut männyn rungon eri osiin. Mannon pihkapitoisuus ei sanottavasti vaihtelee eri runkokorkeuksissa, mutta sydänpuun pihkapitoisuus on latvassa ja tyvessä varsin erilainen. Tutkijat mainitsevat julkaisussaan, että alimman runkopoikkileikkauksen kohdalla todettiin pihkapitoisuuden olleen sydänpuun sisuksessa huomattavasti suurempi kuin sen ulkosissa. Kun latvaosienkin sydänpuu on kauttaaltaan vähäpihkaisempaa, on siis ilmeistä, että iäkkäässä sydänkudoksessa on eniten pihkaa. Eräät K u r t h i n ja S h e r r a r d i n (1931) tutkimustulokset osoittavat, että männyn rungon sisuksiin rikastuu pihkaa jo ennen sydänpuun muodostumista. He totesivat näet, että eräissä nuorissa, vain mantopuuta sisältäneissä kasvu-tuoreissa Floridan slashmännnyissä oli eetteriuutoin määritetty pihkapitoisuus epätasainen rungon eri osissa. Tilavuudeltaan runsaan kymmeneksen suuruisessa sisusmannossa oli tyvipuun pihkapitoisuus 8–14 %, mutta latvan vain 4–6 %. Pintamannon balsamipitoisuuden vaihtelurajat olivat 2,3 ja 4,2 %, ja tyvi oli pintaosiltaan latvaa vain 20–30 % pihkakaampi. Erikoisuutena mainittakoon, että samassa yhteydessä tutkitun sahatukkimännyn latvussydänpuussa oli 33–52 % puun painosta eetteriuutetta, kun tyvisydänpuussa tätä oli vain 4,5–24 %. Julkaisussa ei mainita, oliko latvus täysin terve vai mahdollisesti tervasrosion saastuttama.

Yleensä ovat eri tutkijoiden tekemien mäntypuun pihkapitoisuuksien määritykset olleet sopusoinnussa Trendelenburgin ja Schailen tutkimustulosten kanssa, joskaan analysoinnin suoritustapa ei ole ollut niin suunnitelmallista. M a y r osoitti jo viime vuosisadan lopulla männyn sydänpuun runsaspihkaisuuden ja totesi kannon aluksen olevan pihkakkaimman osan mäntypuusta. Sen jälkeen oli eniten pihkaa männyn tyvessä, ja oksissa sekä latvassa sitä oli hänen mukaansa enemmän kuin keskirungossa (1894). Myös kuvan 9 käyriä tarkasteltaessa tuntuu todennäköiseltä, että kannonalus on erityisen pihkakas, mutta tarkkoja tutkimustuloksia ei kirjallisuudessa ole esitetty. Suhteellisen vähän lieene selvitelty tämän puunosan sydänkudoksen määräsuuksia, joskin jostakin oppikirjasta saattaa löytää kaaviokuvan, jossa sydänpuun esitetään jatkuvan maan alle. N o r d e n s k j ö l d teki Ruotsissa noin 40 vuotta sitten muutamia sahatukkikokoisten mäntyjen sydänpuupitoisuuden ja pihkapitoisuuden analysointeja (1912). Hänen tutkimissaan 15 koepuussa oli puolen metrin korkeudessa 17–54 % eli keskimäärin noin kolmannes poikkipinta-alasta sydänkudosta, jonka pihkaisuus oli 8–22 %, keskiarvona laskettuna n. 15 %.

Vanhatsikemistit ja -fysiologit ovat yleensä olleet sitä mieltä, että kantojen pihkapitoisuus voi lisääntyä vielä rungon kaadon jälkeenkin, jolloin vasta syntyy varsinainen tervas eli »läski». Tällöin on oletettu, että solunseinämät tulevat pihkaa läpäiseviksi kosteuspitoisuuden alittaessa kyllästystilan, jolloin pihka voisi siirtyä pinnasta sisukseen päin. Mauryin mukaan tapahtuu puun haavoittuman ja sienien tai hyönteisten aiheuttaman reikäytymän laitamilla helposti solunseinien kuivettumista, jolloin vaurioituman ympäriltä vuotaa pihkaa siihen. Balsami saattaa tällöin täyttää myös solujen kammiot näin »todellisen tervastumisen» aiheuttaen (1894). Tervaskantojen synnyssä on hänen mukaansa kuitenkin olennaista se, että nimenomaan pinnasta sisään etenevän lahoamisen aikana vesi tunkeutuu tieltään pihkan sisukseen päin; siis päinvastainen ilmiö kuin edellinen. Tervastuminen on voimakkainta männyssä, jossa on eniten pihkaa, notkeinta pihkaa ja avarimmat pihkakanavat. Nordenskjöldin edellä selostetussa kantoaineistossa sydänpuun keskimääräinen pihkapitoisuus olisi noussut yli 20 %:n, jos kaikki mantopuun pihka siirtyisi vuosien kuluessa sydänpuuhun. Kantojen ja elävien puiden välillä on todettu juuristoyhteyttä (mm. Laitakari 1927; vrt. sivu 247), jonka välityksellä tervaskantoon on arveltu syntyvän lisää myös pihkaa (Hohenstein 1857). Onhan sitä paitsi tehty havaintoja kuusen kannon paljaan laen kyljestymisestä.

Nordenskjöld päätyi tutkimuksissaan siihen, että kantotervaksen synnyssä ei itse asiassa tapahdu muuta kuin mantopuun poislohoaminen kannon pintaosista, jolloin siis jäljelle jää runsaspihkinen sydänpuuosa. Tuloksena on kannon keskimääräisen pihkaisuuden lisääntyminen, johon käsityskantaan mm. Bergström tuntee jatkuvasti yhtyvän (1947). Myös Ternstedt on ollut sitä mieltä, ettei kannon pihkapitoisuus enää sen kuoltua lisäännä, joskin vanhoista ja »kypsyneistä» kannoista saatu terva on laadultaan parempaa (1942). Petrini olettaa tämän johtuvan rasva- ja hartsihappojen hapettumisesta, joka estää hyvää tervaskannosta hiillossa saatavan tervan »ryyntyymisen» (1928). Ainakin maanpäällisen kannonosan mannon pihkassa on suhteellisen runsaasti rasvahappoja, joiden edellä todettiin hapettuvan helpommin kuin hartsihappojen.

Amerikkalainen Hawley on puolestaan ollut sitä mieltä, ettei fysiologisen eikä patologisen pihkan rikastumista mäntypuun tiettyihin osiin voida biologisesti perustella (1926). Hän esittää lisäksi Little'n USA:n etelävaltioissa tekemän tutkimuksen, jossa n. 0,4 ha:n suuruiselta koelalalta analysoitiin kaikkien kantojen puu läheltä maarajaa. Sekä vanhojen että tuoreiden kantojen sydänpuun pihkapitoisuudeksi saatiin 19 %, tuoreen mannon 3 % ja lahomannon 0 %. Eniten lahonneiden kantojen sisuksissa tavattiin erittäin runsaspihkaisia puukudoskerrostumia, ja niinpä Littlekin oli päättynyt ajatukseen, että pihka diffundoituisi sisukseen päin ja lopulta saisi aikaan lahoamista

vastustavan, runsaan pihkoittumisen. Amerikkalaiset puufysiologit ja hartsikemistit ovat 1940-luvullakin vaihtaneet ajatuksia kannon ja kannonaluksen jälkipihkaantumisen. Hercules Powder Companyn näkemyksiä asiassa esittäessään on Harris (1948) arvellut, että puukudoksen hemiselloosien osittain lahotessa tervaksen pihkapitoisuus paino-%:eina näennäisesti kasvaa. Trendelenburg ja Schaile arvelevat, että männyn kannon sydänpuustakin lahoaa vähäpihkaisempi ulkokerros pois, mikä tulos selittäisi hyvin vanhojen kantojen voimakkaan tervastumisen (1937). Lombard on esittänyt eräitä poiminnanluonteisia tietoja Dupontin Ranskassa suorittamista tervaskantotutkimuksista (1946). Esitetystä taulukosta saa sen käsityksen, että pihkottujen mäntypuiden (*Pinus maritima*) kannonaluksien balsamipitoisuus on suurempi kuin tavallisten.

Trendelenburg on kiinnittänyt huomiota myös siihen, että mittavan männyn alatyvässä on mantokerroksen paksuus jopa 40 vuosilustoa suurempi kuin hieman ylempänä rungossa (1939, ss. 154—55). Selitykseksi tähän ilmiöön hän esittää mm. Hartigin teorian, jonka mukaan alatyven paksu mantokerros toimisi männyn vesivarastona. Omasta puolestaan hän on esittänyt selityksen, että rungon tyven sisukseen muodostuneen sydänpuukerrostuman takia männyn syväjuurista runkoon nousevan veden kulkusuunnan muutos vaatii paksulta mantokerrosta.

Kannon mannon lahoamiseen on todettu Norrlannin mäntymetsissä kuluvan 10—50 vuotta (Petrini 1928). Lahoaminen on alueen eteläosissa nopeampaa kuin pohjoisosissa (Ternstedt 1942). Metsänheimon (1945) mukaan on tervastumisaika Etelä-Suomessa 20—40 vuotta; ajan pituus riippuu puun iästä, maaperästä ym. seikoista.

Meillä parhaina pidettyjen 60—80-vuotiaiden tervaskantojen paremmuus piilee Lassilan (1945) ja Metsänheimon (1945) mukaan siinä, että ne ovat kotoisin sahateollisuutemme nousuajalta, jolloin järeäksi ainespuuksi harsimalla kaadettiin etupäässä metsiemme mahtavimmat »aarnihongat». Näissä silloin vielä neitseellisten metsien jäteissä olivat sydäntyminen ja pihkaisuus edullisen suuret. Tällaiset kannot ovat korkeita, koska puut hakattiin kirveellä hangen päältä.

Hyviä tervaskantoja on todettu meillä esiintyvän tietynlaisilla maaperillä. Hikevät murtosorakankaat ovat tässä suhteessa otollisia, ja myös eräillä paloalueilla on tavattu hyviä tervasesiintymiä (Metsänheimon 1945). Ruotsin Norrlannissa on huomattu vanhojen kantojen tilavuuspainon ja pihkapitoisuuden lisääntyvän pieni- ja yksittäisrakeisista maalajeista suurirakeisempiin maihin siirryttäessä ja kalliomaiden kehittävän pihkakkaimmat kannot (Ternstedt 1942). Hohenstein (1857) ilmoittaa kantojen pihkoit-



Kuva 10. Kantojätti, josta saatiin kuutiometri tervaksia ja 15 kg voiteluöljyä.

Fig. 10. A gigantic stump that yielded one cubic meter of tar wood and 15 kg of lubricating oil.

tumisen tapahtuvan parhaiten hiekan ja saven sekaisessa maassa ja aurinkoisessa, harvapuustoisessa metsässä.

Nykyinen metsätaloudelliselta kannalta säästeliäs puunkaototapa jättää maahan suhteellisen matalan kannon. Käsikirjoissa pidetään nykyään kannon korkeuden teoreettisena maksimina 6 tuumaa (Putkisto 1949, s. 256). Metsäntuottoteknillisistä syistä puu sitä paitsi kaadetaan suhteellisen nuorena, jolloin läpimitta on pieni eikä sydänkudosta vielä paljon esiinny. Weberin mukaan männyllä on juuri- ja kantopuun osuus 20–25 % maanpäällisestä puuaineksesta (Trendelenburg 1939). Laitakarin (1927) tutkimuksissa 6 mäntytukkipuun juuriston kuutio oli 22 % rungon kuutiosta eli 18 % koko puusta. Pintajuuriston kuutiomäärästä oli 37 % puolen metrin etäisyydellä kannosta. Lundbergin (1916) mukaan mäntytukkipuun juuriston osuus on n. 20 % puun koko tilavuudesta. Tätä lukua voitaneenkin pitää keskikokoisen mäntytukkipuun juurien likimääräisenä tilavuusprosentina, koska Lundbergin tutkimustuloksia on käytetty perustana mm. Ruotsin

metsien arvioinnin graafisissa tulosanalysoinneissa (Härlin 1941). Koska tervasten teossa nousevien ja maahan jäävien juuriston osien keskinäisestä suuruussuhteesta samoin kuin kannon aluksen sydänpuuosuudesta ei ole tietoja saatavissa, on vaikeaa arvioida, kuinka suuren osan nykyaikaisen mäntytukkipuun koko tilavuudesta sen kannosta ja kannon aluksesta mahdollisesti saadut tervakset tekevät.

Entisaikojen tyyllisiä tervaskantoja ei siis meillä pääse enää syntymään järeän ainespuun hakkuissa, ja nykyisten pienten sahatukkikantojen käyttöä tervan raaka-aineeksi pidetään kannattamattomana. Tervaskannoissa mahdollisesti tapahtuneista »tekeytymis»ilmiöistä ei voida yllä esitetyn mukaisesti myöskään täysin varmaa tietoa saada, koska järjestelmällisiä, tarpeeksi laajoja tutkimuksia ei ole tehty. Kantojen jälkitervastumiseen on kuitenkin antanut aivan viime aikoina uskoa muuan kanadalaisen tutkimuksen ennakkotiedotus, jonka mukaan mäntyisen runkopuunkin pihkapitoisuuden olisi todettu kaadon jälkeen kasvavan jopa kaksinkertaiseksi (White 1949).

Tervaskantotutkimuksissa on ilmeisesti liian yksipuolisesti kiinnitetty huomiota maanpäällisen osan analysointiin. Suolahden tervatehtaalle keväällä 1950 tehdyn tarkastuskäynnin yhteydessä todettiin isännöitsijä, tekn. H. Vuotilan kanssa nimenomaan, että silloisessa n. 10 000 p-m³:n suuruisessa tehdasvarastossa oli kantojen maanpäällisistä osista saatujen tervasten osuus enintään kolmannes.

Ruotsissa suoritettujen pistoanalyysien mukaan tervasten alkoholiuute sisältää 9–20 % neutraaliaineita, 60–80 % hartsihappoja, 5–15 % rasvahappoja ja 10–20 % oksihappoja (Bergström ja Trobeck 1947). Neutraaliaineet ovat erilaisia terpeenejä, terpinolia ja steroleja. Tervaspihkan melkoinen rasvahappopitoisuus aiheuttaa osaltaan uuttoteitse valmistetun kantohartsin sulamispisteen alhaisuuden verrattuna pihkomisteitse talteen otettuun patologiiseen hartsiin ja eritoten mäntyöljystä kiteyttämällä eristettyyn pihkaan. Männyn sydänpuun pihkan rasvahappopitoisuus on samojen tutkijoiden pistokokeenluonteisten analyysien mukaan 3–4-kertainen kantopihkaan verrattuna.

V Tervaksien teko ja niiden hankinnat 1940-luvulla

Tervaskantojen nosto

Käsin nosto. Tervaskantoja käsin nostettaessa menetellään meillä Suomessa tavallisesti siten, että kanto särjetään rautakiiloilla pienemmäksi siitä paloja lohkaisemalla. Rautakiila ajetaan moukarilla kantaan, juuren kainaloon, mistä se yleensä helpoimmin halkeaa. Vahvimmat juuret katkaistaan kirveellä, ja vielä vastaan hangottelevat osat kammetaan maasta irti rauta- tai puukangilla. Työn sanotaan olevan sangen raskasta ja vaivalloista. Kahden miehen työryhmä nostaa *Helanderin* (1922) mukaan 4–5 p-m³ tervaksia päivässä. Kannon nosto tapahtuu luonnollisesti parhaiten maan sulana ollessa.

Kannon nosto koneiden avulla. Kannon nostoon käytetyt koneet voidaan jakaa sivusuuntaan vääntäviin, nostaviin sekä lisäksi vipu-, väkipyörä- ja ruuviperiaattein toimiviin laitteisiin. Niitä on kehitetty jo aikaisin etenkin Saksassa, mutta myös Ruotsissa sekä meillä Suomessakin. Monissa kotimaisissakin julkaisuissa onkin annettu kannonnostokoneista laajahkoja ja kuvitettuja esityksiä (esim. *Helander* 1922, *Talvitie* 1924, *Kettunen* 1942 ja *Lassila* 1945). Nostokoneiden käyttömahdollisuuksia rajoittaa huomattavasti kivinen maaperä, johon kannot tarttuvat lujasti kiinni. Tervaskantojen suhteellisen harva sijainti saa aikaan sen, että koneiden siirtämiseen paikasta toiseen sekä työkuuntoon asettamiseen kuluu suhteettoman paljon aikaa. Kun lisäksi otetaan huomioon koneiden hankinta- ja korjauskustannukset, ei ole lainkaan ihme, että niihin on meillä suhtauduttu pidättyvästi. Tietyt oloihimme soveltuvat kevyenpuoleiset kivennostokoneet lienevät saaneet muiden nostomuotojen apuna suosiota myös tervasten nostossa.

Oman mainintansa ansaitsevat raivaustraktorit, joiden käyttö tervaskannokoissakin voi tulla jossakin tapauksessa kysymykseen. USA:n männynkantoteollisuudessa ne ovat melkein yksinomaisessa käytössä. Ruotsissa voitiin 1940-luvun alkupuolen tervaskampanjassa irrottaa kantojen nostoon huo-

mattava määrä 30 hv:n Bolinder-pyörätraktoreita. *Ternstedtin* mukaan nostotyö tuli niillä huomattavasti halvemmaksi kuin räjähdysaineita käytettäessä (1942). Työryhmään kuului traktorin ajaja, kantojen esiinkaivaja ja niiden »hirttäjä». Työsaavutus oli keskimäärin 160 kantoa eli 23 p-m³ 8 tunnissa. Kustannuksista teki moottorin polttoaineena käytetty tärpätti ja voiteluaineet vajaan neljänneksen. Hieman pienempi erä oli traktorin kuole- tus ja korjaus, kun taas työkuuntojen osuus oli runsaat 50 %. Kantojen halkaisu ja pinous kuului eri urakkaan, jonka suuruus oli noin puolet traktori- noston kustannuksista. (vrt. *Anon.* 1949 a).

Kannon nosto räjähdysaineita käyttäen. Jo *Hohenstein* (1857) mainitsee tervasten käsittelyn yhteydessä ruudin. Sitä ei tosin vielä tällöin käytetty kannon nostoon, vaan halkaisuun. Ensimmäisen maailmansodan aikana alettiin Ruotsissa ja Saksassa käyttää erilaisia herkästi syttyviä räjähdysaineita myös kantojen maasta irrottamiseen. Sen jälkeen kun oli keksitty ns. varmuusräjähdysaineet, tuli kantopommien ja kloraattirakeiden käyttö meillä yleiseksi kannon nostossa (*Helander* 1922). Viimeisessä suuressa tervakampanjassamme kannot nostettiin miltei yksinomaan räjäyttämällä (*Metsänheimon* 1945). Ampumisen edullisuus perustuu osittain siihen, että kannot noustessaan usein myös särkyvät kivien, maan ja osittain pintalahonkin samalla irrotessa. Yleisimmin käytettyjä räjähdysaineita ovat triniitti ja kloraattirakeet. Riippuen kannon koosta, juuriston laadusta ja maaperästä tarvitaan yhden männyn kannon nostoon *Harnon* mukaan 130–900 g räjähdysainetta (1944). *Metsänheimon* (1945) mukaan kokenut panostaja ja yksi apumies räjäyttävät päivässä 60–100 kantoa, kun nallit on valmiiksi kiinnitetty sytytyslankoihin. Tällöin kantojen pieneminen ja pinoaminen suoritetaan eri urakkana. *Kettusen* mukaan (1942) tarvitaan yhtä pinottua juurikkapuukuutiota kohden 0,75 kg räjähdysainetta, nalleja 3–6 kpl ja sytytyslankaa 2–4 metriä. Neljän miehen työryhmän saavutukseksi — räjäyttäminen, halkominen ja pinoaminen yhteensä — hän ilmoittaa 3–5 p-m³ miestä kohden päivässä. Itse räjäyttämiseen kuluu työajasta vain kolmannes halkomisen ja pinoamisen vaatiessa siis suuremman osan.

Kankilaitteilla ja koneilla valmistaa Kettusen mukaan 2–3 miehen työryhmä päivässä kantoalkoja 1–3 p-m³, ja nostoaika käsittää tällöin yli puolet koko työajasta. Ruotsissa ei räjähdysaineiden käyttö traktorinoston yleisyyden vuoksi tullut niin suosituksi kuin Suomessa. *Ternstedt* mainitsee traktorimiehistöä aina olleen mukana räjähdysaineita. Näitä käytettiin suurien kantojen halkaisuun sekä nostoonkin tapauksissa, joissa traktorin käyttö ei ollut soveliaista (1942).

Tervasten halkominen ja pinoaminen. Juurikkapuiden kuivumisen, käsittelyn ja työmittauksen helpottamiseksi täytyy kankit hal-

kaista ainakin neljään osaan sekä katkaista pahimpien mutkien kohdilta. Samalla juurista poistetaan maa, laho manto sekä haarakkeet. Juurikkahalkojen pituus saa vaihdella välillä 0,5—1 m (Harno 1944). Ne ladotaan metsäpinoihin aluspuiden päälle käyttäen myös pääpuita. Harno kehottaa tekemään tervaspinoja »mahdollisimman suuriksi, vähintään 0,5 m³ sisältäviksi» todeten tervaspinojen keskimääräisen korkeuden olevan silloisten 15—20 %:n ylimittamääräysten johdosta 115—120 cm. Ruotsalainen Löfgren suosittelee läntisen naapurimaan kokemuksia esittäessään (1942) riittävän pinoitiheyden aikaansaamiseksi 0,80 m leveitä ja 1,25 m korkeita pinoja. Varsin hyvän kuivumistuloksen hän toteaa saatavan käyttämällä 3 jalkaa leveitä ja 6 jalkaa korkeita sekä pitkiä metsäpinoja. Puujuurikoiden säilytystä halkaisemattomina ja suurissa kasoissa hän ei hyväksy lainkaan. Juuri nostettujen kantojen vesipitoisuus on Löfgrenin mukaan 45—50 % kokonaispainosta, mutta metsäkuivan tervaspuiden vain 25 %. Kuinka suuri merkitys metsäkuivatuksella on, nähdään siitä, että on todettu kantojen kasavarastoinnissa tavaran kosteuspitoisuuden jääneen vastaavassa tapauksessa 40—42 %:n suuruisiksi. Tulokset ovat samansuuntaisia kuin kokemukset selluloosapuiden metsä- ja tehdasvarastointitavoista.

Tervaspinojen mittaaminen ja kantojen nostopalkat. Tervaspinojen työmittaus tapahtui 1940-luvulla Suomessa samojen sääntöjen mukaan kuin muunkin pinotavaran mittaaminen, mutta vaatii kuitenkin jo edellä mainitun 15—20 %:n ylityksen. Tervaspino-kuutiometrin lasketaan meillä olleen keskimäärin 0,35 k-m³ retorttiterävästä, jonka keskipituus on noin 40—50 cm ja suurin paksuus 20 cm. Tervatehtaiden käyttöä laskelmissa tervaspinoita oletettiin vastaavan 0,75—0,80 retorttimittaa. Vanha kokemus niin hyvin meillä kuin Ruotsissakin muuten osoittaa, että tervaspino helposti hupenee puoleenkin uudelleen ladottaessa. Tervasten mittaaminen painon mukaan olisi ilmeisesti asiallisinta, ja tämä menetelmä onkin yleisesti käytännössä USA:n suurimittakaavaisessa männynkannon jalostuksessa. Samoin menetellään esimerkiksi sokerijuurikkaiden kaupassa, jossa kehittyneemmissä teollisuusmaissa multaosuuden lisäksi myös sokeripitoisuus on hinnanmuodostusta määrävänä tekijänä. Tervastentekourakoiden perustaksi on Suomessa kokeiltu tavaran mittaamista painoyksikköinä (Helander 1922, s. 190). USA:n etelävaltioissa on muuan sulfaattiselluloosatehdas siirtynyt autoitse kuljetettavan puuraaka-aineensa painomittaukseen hankintahinnan perustana.

Palkkaneuvosto vahvisti öljyrynnistyksen ajaksi tervaskantojen nostopalkat, joissa otettiin huomioon kantojen lukuisuus (10—20 kpl/ha), niiden suuruus (2—10 kantoa/p-m³), maaston vaikeus ja tekeytymisastekin, jos kysymyksessä oli hyvin huono kannokko (Metsänheimo 1945). Olisi kaikeksi ollut viisasta jättää huonot kannot nostamatta.

Lassilan (1945) mukaan tienvarsipinoihin siirrettyjen tervasten hankintakustannukset jakaantuivat 1940-luvun alkupuolella seuraavasti:

kannon nosto, räjähdysaineet ja nostovälineet	35—45 %
työnjohto	n. 10 »
kantohinta	n. 20 »
ajokustannukset	13—18 »
muut kustannukset	12—17 »

Kannon noston metsänhoidollinen merkitys

Kantojen käyttö on normaaleissa oloissa ollut maassamme tunnetuista syistä vähäistä. Miljoonia tonneja juurikoita jää vuosittain metsiin maatuun. Harvennushakkausalojen kantojen keruu on kannattamatonta. Päähakkausalojenkin kannokoiden noston voi taimistojen tuhoutumisvaara tehdä kyseenalaiseksi. Toisaalta kantojen nosto edistää tehokkaasti metsän luontaista uudistumista ja vähentää hyönteisvaaraa nuorissa taimikoissa. Välillisesti se myöhentämällä maata sekä rikkomalla tiivistä kangashumusta vaikuttaa hyödyllisesti kasvavien puiden juurihengitykseen aineenvaihduntaa vilkastuttaen. Välitöntä vauriota kannon nostosta voi olla kiinteillä hiesu- ja savi- mailla, jos maahan onkaloita tekevät juurihaarat kovin tarkoin poistetaan. Karuilla mailla voi kantojen ja juurien poisto hidastaa tarpeellisen multakerroksen syntyä. Ilmeistä vahinkoa kannon nostosta voi olla myös siinä tapauksessa, ettei työmaalla noudateta tarpeellista varovaisuutta, vaan hävitetään turhan takia taimistoa, haavoitetaan eläviä puita tai päästetään kulo metsään (Metsänheimo 1945). Näitä haittoja on kuitenkin pidetty vähäisinä saatuaan hyötyyn verrattuna (Kettunen 1942). Samantapaiseen kannon nostolle myönteiseen pohdintatulokseen tultiin myös Ruotsissa monien kirjallisuustietojen mukaan (esim. Anon. 1941 a). Ternstedt korostaa kuitenkin erityisesti traktorinostossa tarpeellista varovaisuutta, ettei nuorien puiden kuori pääsisi vaurioitumaan (1942). Hän toteaa myös suurien tervaskantojen ottavan metsäalasta melkoisen osan, joten jo sen vuoksi metsänhoitaja mielellään näkee ne poistettavan. Enemmän haittaa pitkistä tervaskannoista voi mahdollisesti olla metsäajoissa. Laitakari on esittänyt vanhempien ulkomaisten tutkijoiden käsityksiä kannon raivauksen vaikutuksesta (1927, ss. 25—27). Toisaalta väitetään metsäperän ilma- ja vesikanavien tuhoutuvan 40—60 sm:n syvyyteen ja toisaalta todetaan, ettei hiekkamailla ole vaurion vaaraa.

Tervasvarojen arviointi ja tervasten laadun selvittely

Tervateollisuutta 1940-luvulla laajennettaessa muodostuivat tervasvarojemme riittävyys ja laadun selvittely sekä tervaksien hankintasuunnitelmien teko ja itse hankinnat niin laajoiksi ja tärkeiksi tehtäviksi, että tähän tarvittiin kansanhuoltoministeriön puu- ja polttoaineosastoon oma toimistonsa. Alkuaikoina tämä toimi tervatoimiston yhtenä alajaoksena toisen jaoksen puolestaan keskittyessä tervatehdassuunnitelmien hahmotteluun. Virallisesti ei tervastoimiston nimistä elintä myöhemminkään muodostettu, mutta käytännössä tällainen toimiston nimen ansaitseva elin toimi varsinaisesta tervatoimistosta erillisenä vilkkaasti ja aloiterikkautta osoittaen koko olemassaolonsa ajan vv. 1943–1946.

Oy Tervaöljy Ab:n saatua toimintansa vuoden 1943 lopulla varsinaisesti vauhtiin hiljensi kansanhuoltoministeriön tervatoimiston työ luonnollisestikin vähäiseksi, mutta sitä suuremmin ponnistuksin jouduttiin tervastoimistossa toimimaan. Kehitys vei hyvin pian siihen, että uusien perustettavien tervatehtaiden toimiluvan saantiin vaadittiin tärkeänä liiteasiakirjana tervastoimiston lausunto raaka-ainekysymyksestä. Yleispiirteinä voidaan lisäksi mainita, että tervastoimisto hoiti hyvin pontevasti terva-alan mainontaa. Tämä johtui kaiketi osittain siitäkin, että tervastoimiston majapaikka oli upeassa Metsätalossa, joka oli kansanhuoltoministeriön puu- ja polttoaineosaston samoin kuin sen monien muidenkin osastojen sijoituspaikkana. Tervastoimisto sen sijaan toimi myöhemmin voiteluainetoimiston kanssa samoissa suojissa.

Tervateollisuuden laajentamisen perusedellytyksenä oli tietysti, että maassamme yleensä oli riittävästi raaka-ainetta, tervaskantoja. Jo vähän ennen Oy Tervaöljy Ab:n perustamista, vuoden 1943 keväällä, pantiin kansanhuoltoministeriön puu- ja polttoaineosaston toimesta maassamme toimeen ensimmäinen tervasvaroja koskeva laajempi tiedustelu. Tiedot koskivat valtion, yhtiöiden ja yksityisten alueita, ja kiireellisyyden vuoksi ne piti lähettää vajaassa kuukaudessa, huhtikuun aikana. Tällöin oli lumi vielä maassa, joten silmävaraisia arviointeja luonnossa ei voitu suorittaa. Tuloksia täytyy näin ollen pitää etupäässä ohjetta antavina. Myöhemmin jälleen menetetty Karjala mukaan luettuna tilastoitiin 1 175 huomattavaa tervasesiintymää, joista yksityisten mailla oli 600, yhtiöiden mailla 225 ja valtion mailla 350. Viimeksi mainittu ryhmä käsitti yleensä muita suurempia esiintymiä, ja sen osuus oli kaksi kolmannesta koko arviosta, joka päättyi 1,35 milj.p-m³:n kokonaismäärään. Tilastoyhteenvedon mukaan oli eri hankintapiirien tervasesiintymien laatu hehtaaria kohti lasketun kantopuumäärän suhteen varsin vaihteleva. Yksityisten omistamilla mailla saalisarvio oli 0,5–20, yhtiöiden 0,5–8,5 ja

valtion mailla 1,5–11,5 p-m³ tervaksia/ha. Kantoalueiden yhteispinta-ala oli 410 000 ha. Nythän on tiedossa, että tervaksia tehtiin vuosina 1943–47 melkein 1 milj. p-m³, ja toisaalta tiedetään tervaskantoja olevan vielä melkoiisia esiintymiä jäljelläkin. Joka tapauksessa oli tästä kiireisestäkin arviosta se hyöty, että voitiin jo olla varmoja tervasten riittävydestä suunnitellun kolmen vuoden öljykamppailun edellyttämään tervantuotannon lisäykseen.

Tämän arvioinnin täydentämiseksi ja virheiden korjaamiseksi oli tervasten hankintojen ohjaamista ja tervatehtaiden sijoituksen suunnittelua silmällä pitäen tarpeen myöhemmin suorittaa kenttäarviointeja. Suunnistavassa mielessä näitä suoritti kansanhuoltoministeriössä metsänhoitaja K. Kettunen vuoden 1943 kahden keskimmäisen neljänneksen aikana apunaan yksi kiertävä metsätekniikko. Laajempaan mittaan saatiin tämä työ ja yleensä koko tervasarintaman operointi metsänhoitaja, maat.- ja metsät. kand. U. Metsänheimon tultua valtakunnan tervaspäälliköksi. Tämä tapahtui myöhäissyksyllä 1943, jolloin aputyövoimaksi saatiin irrotetuksi metsähallinnon suonkuivausosaston seitsemän työnjohtajaa. He olivat räjähdysaineiden ja nostokoneiden käyttöön perehtyneinä henkilöinä suurena apuna muidenkin tervasten hankintaan liittyneiden tehtävien suorituksessa.

Tervateollisuuden laajentumisen vaatiessa mahdollisimman ripeätä toimintaa suoritettiin arviointityötä myös seuraavana talvena ja sen jälkeen jatkuvasti vuoden 1945 loppuun saakka. Luonnossa suoritettujen tarkistusarviointien perusteella päädyttiin siihen, että maassamme olisi vuoden 1944 lopussa ollut 2,5 milj. p-m³ kantotervaksia, mistä määrästä yli puolet valtion mailla. Tässäkään arvioinnissa ei käyty läpi yksityiskohtaisesti kaikkia esiintymiä, vaan työ kohdistettiin seuduille, joissa oli olemassa myös muut tervateollisuuden perustamiselle välttämättömät edellytykset. Tällaisia tekijöitä olivat hyvät kuljetusolosuhteet sekä mahdollisuus saada perustettavaan tehtaaseen vettä ja sähköä. Pienehkön tervatehtaan kolmivuotinen käynti edellytti vähintään 8–10 000 tervaskuution saantia omalta hankinta-alueelta. Yrittäjän hakiessa tervatehtaan perustamislupaa jollekin seudulle otettiin tavaksi suorittaa paikalla ennen anomuksen hyväksymistä tutkimus tervasvaroista.

Pohjois-Suomessakin suoritettiin verrattain laajoja tervasselvityksiä. Sieltä saatiinkin esiin paikat yli kymmentä hiiltämöä varten, joista kolmessa tapauksessa olisi voitu hiiltää 10 000 p-m³ vuodessa. Saksalaisten sotavoimien suorittamat tunnetut hävitystyöt estivät tervateollisuuden sinne perustamisen.

Mainittu laajempi tervasvarojen inventointi oli sekin tuloksiltaan vielä niin epämääräinen, ettei sen perusteella voida esittää karttaa tervasesiintymistä. Metsänhoitolautakunnittain ryhmitetyt tervaskantomäärät pino-kuutiometreinä on esitetty seuraavalla sivulla:

Lounais-Suomi	80 000
Satakunta	80 000
Uusimaa-Häme	110 000
Pohjois-Häme	160 000
Itä-Häme	80 000
Etelä-Savo	30 000
Itä-Savo	40 000
Pohjois-Savo	150 000
Etelä-Karjala	40 000
Laatokan-Karjala	170 000
Pohjois-Karjala	180 000
Keski-Suomi	350 000
Etelä-Pohjanmaa	60 000
Keski-Pohjanmaa	120 000
Pohjois-Pohjanmaa	200 000
Kainuu	120 000
Lappi	500 000
Helsinki	20 000
Vaasa	10 000

Yhteensä 2 500 000 p-m³

Tervaskantojen arvioinnissa kiinnitettiin mahdollisuuksien mukaan huomiota myös tervasten laatuun. Metsähallituksen perustamassa hiiltolaboratoriossa tehtiin useita satoja uuttomäärityksiä tervasnäytteistä. Tulokset eivät kuitenkaan olleet erityisen luotettavia, koska pienen, tervasten todellista keskimääräistä laatua osoittavan kantonäytteen otto osoittautui vaikeaksi ja suuritöiseksi. Ruotsissa kehitettiin sodan aikana tervasten arvostelua varten erityinen pienoisretortti, jossa tehtiin näytteestä koehiilto (kts. kuva 18 sivulla 75).

Tämäkin kojeisto oli keskiarvotuloksen saantia ajatellen liian pieni, mutta soveltunee tieteellisiin pyrolyysitutkimuksiin hyvinkin.

Aika luotettavan kuvan tuntui tervasten hiiltoarvosta antavan sopivan suuren ilmakehän tervaspainon p-m³-painon määrittäminen, jonka kanssa rinnan tehtiin tervastoimiston toimesta tehdasmittakaavaisia koehiiltoja useassa eri tapauksessa. Paras tapa olisi luultavasti ollut suorittaa vertailuhiiltoja esim. Rajamäen koehiiltämässä, jota aika ajoin dipl.ins. T. K i r k k o m ä e n johdolla hoidettiin melkein tieteellisen tarkasti.

Ruotsin tervasesiintymistä kirjallisuudessa olevat tiedot ovat suhteellisen vähäisiä. T e r n s t e d t on kuitenkin esittänyt kartan Norrlannin suurehkoista tervaskantoalueista kesällä 1941 tehtyjen arviointien perusteella (1942). Lyckselen lähellä olleella 125 000 ha:n tervasalueella hän mainitsee tehdyn tarkempia linjamittauksia, jotka osoittivat noin viidenneksen alasta sisältäneen keskimäärin 10 p-m³ tervaskantoja/ha. Hän toteaa näin pienen kantotiheyden

tekevän noston kuitenkin liian kalliiksi. Käyttökelpoisena pidettiin Ruotsissa esiintymää, jossa oli 25 p-m³ tervaskantoja/ha. Tällaista kantotiheyttä oli tutkitulla alalla vain 2 000 ha:lla, mikä vastasi n. 4 %:ia alueen mäntymetseistä. Yleisarvion perusteella on karttaan merkittynä 2,2 milj.ha, josta mäntyvoittoista metsäaluetta Ternstedtin mukaan on 55 %. Arvellen mäntymetsestä 10 % olevan sellaista metsäpinta-alaa, jossa kantotiheys on 25 p-m³/ha, hän päättyy 3 milj.p-m³:n eli 1 milj.k-m³:n kokonaistervasmäärään. Karttaan merkitsemättömillä pienillä alueilla hän arvioi tervaskantoesiintymiä olleen Ruotsissa saman määrän, joten kaiken kaikkiaan tervaskantoja olisi ollut 6 milj.p-m³. Osan kannoista Ternstedt mainitsee kuitenkin olleen kuljetuksellisesti kannattamattomissa paikoissa. Ruotsin tervaskantoesiintymien hyvyttä osoittaa siellä käytetty kantoesiintymien luokittelu (A n o n 1941 a):

≥ 45 p-m ³ /ha	— runsaskantoinen,
30—45 »	— kohtalainen,
< 25 »	— huono

Ilmeisesti siis läntisessä naapurimaassakin tervaskantojen arvioinnit olivat luonteeltaan summittaisia. Tulokset osoittivat kuitenkin esiintymiä olleen Suomeen verrattuna runsaasti kaksinkertaiset määrät. Tämä viittaa siihen, että Ruotsissa on tervaskantojen synnylle otollista maaperää enemmän kuin Suomessa. Lisäksihän kantojen nostosaalet hehtaaria kohden voitiin siellä pysyttää huomattavasti suurempana kuin meillä. Kokemus osoitti 1940-luvulla Suomessa, ettei tervatehtailijoiden toimesta suoritettu kantojen nosto oikein kannattanut, ellei kantotiheys ollut n. 100 kantoa eli 20 p-m³/ha (T o i v i l a 1947). Vv. 1941—45 kulutti Ruotsin tervateollisuus yli 2 milj. p-m³ tervaksia (vrt. sivu 15).

Tervasten hankintatavoitteet ja tilastoinnit

Sota-aikana pääsi meilläkin valtiojohtoinen suunnitelmatalous vallalle, ja näin tuli tavaksi asettaa tärkeille siviilielämän taloushaaroille määräaikaistavoitteita.

Tervaskantojen hankinnan ensimmäinen tavoitesuunnitelma tehtiin kansanhuoltoministeriön tervastoimiston asiakirjojen mukaan 17. 5. 1943. Vuodet 1943—44 käsittävä tavoitelaskelma päättyi vielä melko vaatimattomaan 185 000 p-m³:n yhteismäärään, mikä vastasi siis vuotta kohti noin 90 000 p-m³:iä. Suunnitelmaa arvosteltaessa on otettava huomioon, että kun tervan hinta oli heinäkuun alussa 1942 määrätty hieman alhaiseksi, oli tervateollisuutta kohtaan tunnettu mielenkiinto vähentynyt siinä määrin, että tervan-

tuotanto mainittuna vuonna oli ainoastaan 760 tonnia. Varastoissa olevan valmiin tervaksen määrä — kuljetusteiden varressa ja tehtailla — oli vuoden 1942 lopussa 30 000 p-m³. Tähän nähden vuotuinen tervasurakka suunniteltiin aluksi siis kolminkertaistettavaksi, joka sekin tiesi merkittävää lisäystä.

Sota-ajan vaikeuksien vuoksi tervan vuosituotanto saatiin aikana 1943—44 lisääntymään vain n. 1 000 tonnia, mikä määrä vastasi n. 15 000 tervasp-m³:n lisäkulutusta kumpanakin vuonna. Tässä valossa tuntuu 1943-vuoden tervastavoite — vuoden 1944 tervantuotantoa varten — oikeaan osuneelta. Tämä tavoite sitä paitsi toteutettiin. Oy Tervaöljy Ab:n taholla tehtiin vuoden 1944 tervantuotantoa silmällä pitäen hieman rohkeampiakin 1943-vuoden tervaksennoston arvioita, joiden perusteella laaditusta ensimmäisestä tervateollisuuden laajentamissuunnitelmasta — 5 000 tonnia tervaa vuodessa — saavutettiin vuoden 1944 loppuun mennessä vain 20 %. Näin ollen ei tervastilanne itse asiassa jarruttanut tervateollisuuden lisääntymisvauhtia, kuten yleensä tarpeettoman kauan pelättiin.

Jo v. 1943 saatiin metsänomistajat tukemaan tervaksenhankintoja siten, että yleisiin hakkuuohjelmiin sisällytettiin tervakset metsänomistajan saadessa poltto-, hiihto- ja pilkepuun asemesta täyttää luovutusvelvollisuuttaan tervaksella. Kannot laskettiin polttopuunhankinnoissa kaksinkertaisena halkomääränä.

Vuotta 1944 varten laadittiin jo laajakantoisempi tervastavoitelaskelma, kun tämän alan työskentely oli ennätetty saada järjestelmälliseksi. Alun perin tavoite oli 375 000 p-m³ tervaksia, mutta Karjalan ja Perä-Pohjolan jäätyä sotatoimien vuoksi mahdollisuuksien ulkopuolelle se todellisuudessa rajoittui 250 000 p-m³:ksi. Metsähallituksen osuus oli kaksi kolmannesta eli siis huomattavan suuri. Tämän voidaan ymmärtää johtuneen tervasesiintymien runsaudesta valtion mailla. Aikaisemmin olivat tervatehtaat omin voimin huolehtineet raaka-aineen hankinnoistaan. Nyt ei kuitenkaan suurelta osalta vielä tiedettykään, kenen tehtailijan osuudeksi jokin tietty tervaserä joutuisi. Juuri mainittu vähentämätön tervasmäärä vastasi aikaisemmin mainittua rohkeanlaista 10 000 tervatonnin tavoitetta, ja vähennettynäkin se huomattavasti ylitti v. 1945 todella käytetyn tervasmäärän.

Maamme aikaisemmin hyvin suppealle alalle paikallistunut tervasten teko jouduttiin vuoden 1944 tervaksenhankintaa toteuttaessa levittämään 10 pitäjän alueelta 200 pitäjään eli pinta-alaltaan runsaasti 30-kertaiselle alueelle (Metsänheimo 1944). Tervateollisuuden keskittymistä Sisä-Suomeen kuvastaa silti tämänkin nousukauden ajan toteamuksena se, että Petäjäveden aeman seutu keskipisteenä 100 km:n säteellä piirretyksi ajateltu ympyrä sulki yhteen aikaan sisäänsä 26 käynnissä tai rakenteilla olevaa tervatehdasta. Tämä johtui tietysti siitä, että siellä on maan suurimmat ja parhaat tervaskannot.

Vuoden 1945 tervastavoite oli seuraavanlainen:

	hankittava tervasmäärä	metsähallituksen osuus
Länsi-Suomi	160 000 p-m ³	100 000 p-m ³
Itä-Suomi	100 000 »	70 000 »
Pohjanmaa	100 000 »	70 000 »
Perä-Pohjola	40 000 »	30 000 »
yhteensä	400 000 p-m ³	270 000 p-m ³

Tämä ennakoarvio jopa huomattavasti ylitettiin. Puunjalostusteollisuuden osuus, joka pääasiallisesti oli ylimääräinen varmistuserä, oli 50 000 p-m³.

Tervasten noston, käytön ja varaston kehitystä vuosien 1943—47 aikana osoittaa taas seuraava asetelma:

	nosto, p-m³	käyttö, p-m³	varasto vuoden lopussa, p-m³
1943	90 000	40 000	85 000
1944	250 000	60 000	275 000
1945	465 000	160 000	580 000
1946	10 000	210 000	360 000
1947	10 000	100 000	270 000

Vuodelle 1946 ei enää asetettu tervastavoitetta, vaan tervaksen hankinnat lopetettiin metsähallituksen ja puunjalostusteollisuuden osalta. Metsänomistajillakaan ei enää ollut mahdollisuutta täyttää hakkuuvelvoitettaan tervaksilla.

Vuoden 1944 alusta tervatehtaat lähettivät tervastilanteestaan kuukausi-ilmoituksen sekä siihen liittyvän työvoimatiedotuksen. Seuraavan vuoden puolivälissä saatiin ilmoituslomakkeet yhdistetyiksi sellaisiksi, että samat tiedot ja lomakkeensarakkeet soveltuivat kansanhuoltoministeriön tervastoimistolle, Suomen Tervayhdistys ry:lle ja Oy Tervaöljy Ab:lle. Retorttikuutiometri (r-m³) otettiin tehtaan tervasten käytön perustaksi. R-m³:n ja p-m³:n kiintosisällyksen suhteeksi valittiin 1:0,8. Halkovarastot ja -kulutukset tilastoitiin niin ikään, koska halkojen saanti monta kertaa edellytti erikoislaatuista järjestelyä viranomaisten taholta. Samasta syystä Oy Tervaöljy Ab:n tervaosasto sai erääseen aikaan tehtailta vuosineljänneksittäin etukäteisarvioita tervas- ja halkotilanteesta. Kuukausilukujen suhteen täytyy kerättyjä tervatehdastilastoja pitää olosuhteiden alituisen muuttumisen ja tervasten laadun vaihtelujen vuoksi epävarmoina, jollaisia vastaavanlaiset tilastot pyrkivät olemaan vielä maamme suurteollisuudessaakin. Puolivuosi- ja kokovuositilastoja sen sijaan voitaneen tervateollisuudessaakin pitää luotettavan kuvan antajina.

Tervasten hankintojen muu tehostamistoiminta

Tervaskantojen noston järjestelyissä annettiin etusija räjäyttämismenetelmälle, koska käytettävissä oleva työvoima usein oli laadultaan tottumatonta. Tämä menetelmä näet soveltui hyvin vähäisillekin ruumiinvoimille. Lisäksi nostokoneiden ja traktoreiden saanti tuotti ylivoimaisia vaikeuksia.

Kansanhuoltoministeriön tervaskansalliset laativat ja levittivät ympäri maakuntia tervasten hankintaa ja räjähdysainekäyttöistä nostoa koskevia ohjekirjasia. Tervasten teon neuvontaa harjoitettiin eri puolilla maata pidentyillä kursseilla, joilla metsäteknikot ja tervasten tekijät perehdytettiin tervaskantojen erilaisiin nostomenetelmiin. Metsähallituksen puolesta järjestettiin kuhunkin piirikuntaan tervastöiden tarkastajia, joiden huolena oli neuvonnan ja tarkastuksen ohella räjähdysaineiden käytön opastus.

Tervastöiden laajentuessa tapahtunut räjähdysaineiden käytön yleistyminen teki välttämättömäksi perehdyttää tähän tehtävään työvoimaa, jolla ei entuudestaan ollut ns. laturin papereita. Kansanhuoltoministeriön puolesta järjestettiin laturin kurssia kesäkausien kuluessa kymmenittäin ympäri maata kiinnittämällä samalla huomiota tapaturmantorjuntaan, joka osoittautuikin sitten yllättävän tehokkaaksi.

Tilastoja tervasten teossa eri vuosina olleen työvoiman määrästä ei pidetty tarpeellisenä laatia. Vuoden 1944 tervastavoitetta suunniteltaessa arvioitiin 375 000 tervask-p-m³:n tekoon tarvittavan 250 000 miestyöpäivää eli runsas 1 % silloisen hankintakauden metsätyöpäivien kokonaismäärästä. Tarvittiin n. 2 000 miestä 5 kuukautta eli 125 päivää kestäneen nostokauden aikana. Tervan valmistukseen tarvittun halkomäärän teossa oli v. 1944 keskimäärin 300 miestä ympäri vuoden ja seuraavana vuonna 550 miestä.

Räjähdysaineena käytettiin mieluiten kloraattia, joka oli halpaa ja joka voitiin valuttaa irrallisena ampumareikiin. Niin ikään käytettiin kotimaisia, triniittityypisiä ja termiitti-nimisiä tervaspommeja, joiden saanti kuitenkin vaikeutui myöhemmin aiheuttaen kloraatinkin käytön uudelleen yleistymisen. Aikana 1944–45 oli triniitin ja kloraatinkin yhteiskäyttö Suomessa melkein 1 500 tonnia/v, mutta tervaskäytön päätyttyä v. 1946 enää vain vajaat 600 tonnia¹. Kloraatinkin kasteluun osoittautui terväöljytehtaiden polttoöljy sopivaksi. Sytytysnalleja, joita vuosittain tarvittiin 2,5–3 milj.kpl, ryhdyttiin tekemään kotimaassa, ja välirauhan jälkeen niitä saatiin myös Englannista. Ajan säästämiseksi luovuttiin räjähdysaineiden ostolupien hankalasta hankintajärjestelmästä, ja näiden aineiden jakelu siirrettiin väliaikaisesti tapahtumaan Metsätyö- ja kuljetustarviketoimiston kautta valtakunnan tervask-

¹ Teollisuusneuvos O. Ollilan suullisen tiedonannon mukaan.

päällikön vastuulla. Räjähdysainehuollon lisäksi avustettiin tervastehtaita jalkine- ja rukkashuoltojärjestelyillä. Kuljetusten helpottamiseksi hankittiin tervastehtaille yli 20 kuorma-autoa sekä avustettiin autojen käyttölupien hankintaa. Henkilöautoissa tervastehtaat käyttivät tärpätin esitistettä menestyksellisesti moottorinpolttoaineena.

Eri tervastehtaiden tervaskansuuksien määrittämisen voitiin olettaa olevan hieman arkaluonteinen tehtävä, koska tervasten laatu saattoi suorastaan ratkaista tervastehtaan kannattavuuden ja näin sen elämisen mahdollisuuden. Metsähallituksen hankkimien tervaksien jakelun ja eräiden muiden tähän liittyvien kysymysten ratkaisemiseksi kansanhuoltoministeriö asetti myöhäisyksyllä 1944 tervastoimikunnan, jonka jäseniksi kutsuttiin metsähallituksen ja kansanhuoltoministeriön edustajien lisäksi kolme tervatehdasyhtiöiden edustajaa. Tämä toimikunta laati ehdotuksensa tervasten jaosta, joka sellaisenaan sitten toteutettiin täytäntöönpanon jäädessä toimikunnan esityksen mukaan kansanhuoltoministeriön puu- ja polttoaineosaston huoleksi. Jakelu ei liene sanottavasti antanut aiheita moitteisiin, ja sen onnistumisesta on merkinä sekin, että tervateollisuus saattoi suurelta osalta nimenomaan metsähallituksen alaisten tervashankintojen turvin olla pysäyttämättä käyntiään sitä mukaa kuin tehtaita saatiin valmiiksi. Kansanhuoltoministeriön puu- ja polttoaineosasto osoitti ostajat myös puunjalostusteollisuuden tervaksille, jopa eräissä tapauksissa yksityisten metsänomistajienkin hankkimille tervaksille. Suurissa tervä-alan yhtiöissä oli omat metsäosastonsa, jotka huolehtivat sekä tervasten että halkojen hankinnoista.

Tervasten hinnat hoidettiin koko öljyrynnistyksen ajan kansanhuoltoministeriön ohjeistojen perusteella, joiden mukaan myös tervan ja sen sivutuotteiden hintoja järjestettiin. Varsinaisia kiinteitä rajahintoja ei siis ollut, vaan hinnat määritettiin kulloistenkin hankintakustannusten pohjalla. Hinnoittelu yksinkertaistui kuitenkin sen johdosta, että tervan hinnan yhtenäistämisen vuoksi oli käytettävä samaa vakiohintaa kautta koko maan.

Ensimmäiset ohjehinnat olivat 260–280 mk/p-m³ vapaasti kuljetusneuvossa tehtaalla. Alun perin tämä oli vain kansanhuoltoministeriön ja metsähallituksen kesken suullisesti sovittu asia, mutta se vahvistettiin ministeriön kirjeellä 21. 11. 1944 eli siis huomattavasti myöhemmin kuin tervan ensimmäinen, valtioneuvoston päättämä hinnan nosto tapahtui. Tervan kilohintaa korotettiin kesäkuussa 1945 n. 50 %, nimittäin 13 mk:sta 18–20 mk:aan (ilman tehtaankuoletuksia). Heinäkuun alussa tervasten hintaa nostettiin n. 40 %, minkä jälkeen 75-senttisten tervasten hinta oli 390–420 mk ja 1-metrinen 340–370 mk/p-m³. Vajaan viiden kuukauden kuluttua tervasten hinta jälleen nousi, tällä kertaa n. 55 %, mikä aiheutti pari viikkoa myöhemmin, nyt siis oikeassa järjestyksessä, tervan hinnassa runsaasti 20 %:n nousun.

Näiden hinta-asioiden hoitamista vaikeutti hieman se, ettei tervasten ja tervan hinta-asioita ratkaistu toistensa yhteydessä, vaan erillisinä. Metsähallitus saattoi tervasten hinnan yhtenäistämisperiaatteen perusteella hankkia suhteellisen kalliita tervaksia syrjäpaikoista, jolloin edullisten paikkojen tervasten hintoihin siis tuli lisätyksi edellisten tapausten kustannuksia. Paikka paikoin tervasten hinnat kiihottivat näin myös oma-aloitteisiin hankintoihin erityisesti eteläisissä osissa maata. Näin saatiin tervaksia v. 1945 nostetuksi jo yli välttämättömän tarpeen, kuten edellä olleista tavoite-, nosto- ja käyttötilastoista jo huomattiin.

Hiiltämöjen sijaintiratkaisuihin nähden todettakoon vielä, että tervaksien jakelusuunnitelmiin vaikuttivat ratkaisevasti suurhiiltämöjen perustamisaikeet, jotka loppujen lopuksi toteutuivat vain pieneltä osalta. Lähinnä tästä syystä ennätettiin Oulun pohjoispuolelle rakentaa valmiiksi vain yksi ainoa tervatehdas, joka sekään ei ehtinyt toimittaa tervaa voiteluöljytehtaille.

Edellä on jo mainittu, että kansanhuoltoministeriön tervastoimiston harjoilla oli aika ajoin koko tervas- ja terva-alan tavoitteiden saavuttamiseksi tärkeä mainontatoiminta. Mainonnan välineenä käytettiin muun muassa Metsälehteä, jossa esiteltiin neuvonta-asioiden ohella myös uutis- ja propagandanluonteista aineistoa. Mainittakoon, että varsinaisia tämän alan kirjoitelmia oli Metsälehdessä aikana 1934–39 vuotta kohti pari kappaletta, aikana 1940–42 jo 4 ja vuonna 1943 ennätysmäärä 16 kirjoitusta merkinä tervas- ja tervakamppailun alkamisesta öljyn merkeissä. Seuraavana vuonna into jo laimeni kolmannekseen, ja sen jälkeen Metsälehti on pitänyt aihetta yhtä kulu-neena kuin millainen sen oli katsottu olleen 1930-luvun lopulla. Myös maan muu sanomalehdistö ansaitsee maininnan paperipulan rajoittamien palstojensa uhraamisalttiudesta tähän valtakunnalle välttämättömäksi katsottuun yritykseen. Aikakauslehdissäkin esiintyi tervas- ja terva-asioita käsitteleviä kirjoituksia.

Metsähallituksen hiilitoimisto järjesti neuvottelupäivät helmikuun alussa 1944 tervasten hankintojen vireille saannin merkeissä. Neuvottelupäivien yhteydessä käytiin hakemassa uskoa tervaöljyn tulevaisuuteen Hangon koe-tehtaalta, minkä lisäksi Suomen Forsiitti-Dynamiitti Osakeyhtiön räjähdys-ainetehtaalla esiteltiin retken osanottajille erästä juuri valmiiksi kokeiltua tervaspommia.

Kansanhuoltoministeriön puu- ja polttoaineosasto järjesti tervas- ja tervamiesten esitelmä- ja neuvottelutilaisuudet metsäpäivien yhteydessä huhtikuussa 1945. Myös Oy Tervaöljy Ab:n terva- ja öljyinsinöörit esitelmöivät alojensa saavutuksista jo lähitavoitteista tässä tilaisuudessa. Ruotsissa järjestettiin toukokuussa 1944 jo kolmas mittava ”pyrolyysikokous”, johon myös liuskeöljyalan teknikot osallistuivat. Tervasasioista ei näissä tilaisuuksissa neuvoteltu.

VI Tervakset ja kantoterva voiteluöljyn raaka-aineena

Kantotervateollisuus

Tervan valmistuksen aikaisempi kehitys

Suomen kansa on käyttänyt hyväkseen puuta vuosituhansien ajan. Puun käyttö polttoaineena lieene sen vanhin kemiallinen käyttötapa, mutta apulannan teko kaskea polttamalla, hiilen valmistus metallien teon avuksi ja tervan valmistus lääke-, lahonesto-, saumaus- ja voiteluaineeksi ovat myös ikivanhoja puun kemiallisen jalostuksen muotoja, (vrt. Vilku 1935).

Taloushistoriasta tiedetään, että tervan »poltto» on aikoinaan tavoitellut metsäteollisuuden nykyistä valta-asemaa maamme ulkomaankaupan vientipuolella. Kun tervalle ilmeni erityistä käyttöä, nousi sen hinta sellaiseen luokkaan, että sillä todella oli merkittävä asema kansainvälisessä puutuotteiden kaupassa. Hautatervan valmistukselle muodostui näin eräissä maissa luontaiset mahdollisuudet, koska toisaalta kuljetusyhteyksien kehittymättömyys teki mahdottomaksi sen raaka-aineen, kolo- ja kelopuun, kuljetuksen kulutusmaihin. Tervan paino-osuus raaka-aineesta oli vähäinen, vain noin kymmenes. Purje- ja puulaivakautena tuotti Suomi eniten tervaa, jota on sanottu maailmankaupan ensimmäiseksi halvaksi massatavaraksi.

Tietoja tervan valmistuksesta ja viennistä on olemassa yli 300 vuoden ajalta. 1650-luvun paikkeilla puutervaa vietiin Ruotsi-Suomesta vuosittain n. 10 000 tonnia, ja pääosan tiedetään olleen valmistettu Suomen metsistä (Kaila 1931), vaikka suurin osa markkinoitiin Tukholman kautta. Tervan osuus vientimme arvosta oli näihin aikoihin n. 50 %. Savo ja Karjala olivat Pohjanmaan ohella tervanteon pesäpaikkoja (Itkonen 1934, Vilku 1935), ja niinpä onkin mm. Lappeenrannan lähetyillä mäntypuun kolonta ja hautahiilto säilynyt perimätaitona nykypäiviin saakka. Mainitun kaupungin Savon ja Karjalan kaupalle tärkeät markkinat olivat 1600-luvulla 400 000 asukkaan maassamme suurimmat, ja terva esiintyi niilläkin tärkeänä kauppatarvarana. Viipuri välitti v. 1665 yli puolet Suomen 7 000 tonnin suuruisesta tervanviennistä. Vuosisadan lopulla tervan vienti oli Kailan mukaan jo noin 12 000 tonnia/v ja sen

valmistus Ruotsin tuotantoon verrattuna nelinkertainen. Ruotsi-Suomen 1600-luvun tervan kaupalle oli ominaista valtiojohtaisuus, ja vienti oli pitkiä aikoja monopolisoitu tervakomppanioiden oikeudeksi (mm. Palmén 1908; Helander 1949). Tervakomppaniat, joiden toimintakausi kesti 64 vuotta (1648—1712), valtasivat myös Suomen suolakaupan. Tervakauppa vaurastutti komppanioiden kotipaikkaa, Tukholmaa (Vilkuna 1935).

1700-luvulle siirryttäessä alettiin jo havaita hautatervan polton rupeavan arveluttavasti autioittamaan metsämaisemia. Eräät korkeat virkamiehet alkoivat harrastaa metsän suojelupolitiikkaa niin pontevasti, että ison vihan aiheuttaman yleisen lamakauden jälkeisessä vuoden 1734 metsäasetuksessa kiellettiin kasvavan pystypuun kolonta ja sen hülto tervaksi. Maaherrojenkin mainittua kirjeissään tervan polton vievän eräillä seuduilla liiaksi maamiehen aikaa ja haittaavan viljelystöitä lieneekin tervan poltto saatu vähämetsäisiksi muuttuneissa Pohjanmaan rannikkopitäjissä tällä viisi vuotta myöhemmin jo lievennetyllä asetuksella lakkautetuksi (Helander 1949).

Euroopan mantereen kauppa- ja teollisuuspolitiikka sotineen vaikuttivat tervan kysyntään ja kauppaan mainitulla vuosisadalla, jolloin sotalaivatkin rakennettiin vielä puusta. Tervaa tarvittiin näet lähinnä puulaivojen rakennuksessa ja hammppuköystön suojelemisessa laholta. Viipurin joutuminen Venäjän valtakuntaan tyrehtytti Savon ja Karjalan tervanpolton ja vähensi Saimaan ja Päijänteen reittejä pitkin tapahtuneen halvan vesikuljetuksen merkitystä. Kailan tutkimuksien mukaan (1931) kaskenpoltto muodostui Itä- ja Sisä-Suomen puun pääkäyttömuodoksi — kotitarvekäytön ohella — 1700-luvun puolivälissä, jolloin 100—200 km:n levyisen tervanpolttovyöhykkeen länsiraja myös oli vetäytynyt Pohjanlahden rantaviivasta jo muutama peninkulman verran sisämaahan päin. Yleistä kiinnostusta tervateollisuuteen Suomessa näinä aikoina osoittaa mm. E. Juveliuksen Turun yliopistossa julkaisema »luonnontieteellinen» ja latinankielinen väitöskirja »Tervanpoltto Pohjanmaalla» (1747). G. Kompan mukaan (1908) tehtiin mäntypuun kolomismenetelmässä 1700-luvun puolivälin maissa merkittävä parannus. Lappajärveläinen Matti Försti huomasi, että pihkaisuus suuresti eneni, kun kuorinta eli kolonta tehtiin asteittain kolmena vuonna peräkkäin. Siihen saakka oli männyn runko kuorittu, pientä pohjoispuolelle jätettyä kaistaletta lukuun ottamatta, heti ensimmäisenä kesänä tavalliseen kolmen metrin korkeuteensa. Pohjanmaa ynnä Kainuu muodostuivat vähitellen tervanpolton luvatuksi maaksi. Oulu tervahoveineen yritti anastaa pahaksi kilpailijaksi nousseen Venäjän tervakaupan keskukselta, Arkangelilta, maailman suurimman tervanvientisataman mainetta. Soturi Napoleon tunnettiin kansan parissa »suuren tervanostajan» nimellä 1700- ja 1800-lukujen vaihteen tienoilla huolimatta mannermaan sulun aikaansaannoksistaan. Näihin aikoi-



Kuva 11. Tervavene Oulujoen Merikoskessa.

Fig. 11. Tar boat in rapids of Oulu river.

hin alkoivat Pohjanmaan rannikkokaupunkien tervaporvarit äveriöityä. 1810—20-luvuilla oli tervan vuosivienti 15 000—18 000 tonnia, ja v. 1822 tervan osuus oli yli 30 % maan koko viennistä (Korpisaari 1911). Kokkola, joka kuten Oulu oli saanut tapulikaupungin oikeudet v. 1765, kilpaili hovinsa suuruudessa viimeksi mainitun kanssa, ja muista tervanvientikaupungeista olivat Kristiina ja Pietarsaari näihin aikoihin merkittävimmät. Tervanpolttajan työ vastasi metsätyömiehen kunniakasta ammattia, ja vanhempikin ikäpolvi hakeutui mielellään »nokiotsan» tehtäviin saaden näin rahaa kruununverojen maksuun ja karjan, suolan ynnä tupakan ostoon.

Hieman myöhemmin, 1840—1860-luvuilla, oli tervan ja pien valmistus vielä suurempi ja nousi v. 1863 ennätysmäärään, jopa 30 000:tä tonnia hipoen (Kovero 1926). Vuotta aikaisemmin oli hallituksen toimesta ilmestynyt Aug. F. Soldanin kirjoittama 96-sivuinen kirjanen »Suomen tervanpoltosta ja kuinka se olisi parannettava». Tervan osuus oli näinä aikoina 12—16 % viennistä, sotavuonna 1855 se vielä kerran ylitti 30 %. Sahatavaran vienti oli jo noussut n. 60 000 standartiin ja ajanut näin kemiallisen »metsäkeinollisuuden» tuotteiden ohitse. Huonolaatuinen terva tislattiin hinnaltaan arvokkaammaksi laivapiekiksi, jonka osuus näihin aikoihin oli 2—3 % tervatuotteiden yhteismäärästä.

Soldan oli laajahkoilla ympäri maata ulottuneilla matkoillaan kiinnittänyt huomiota siihen, että tervan poltto oli todella hävittänyt paljon metsiä. Las-

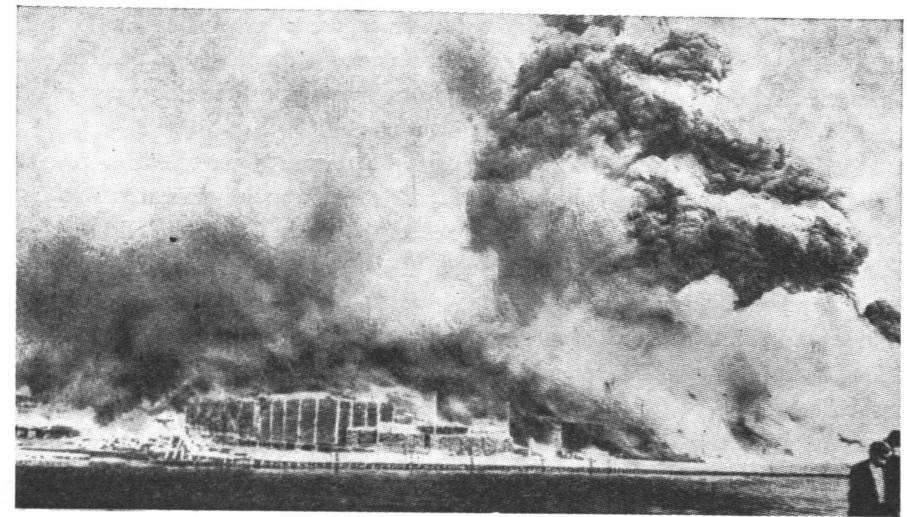
kelmillaan hän saattoi osoittaa tervanpolttaajan päiväpalkan suhteellisen alhaiseksi ja metsien tervantekoteitse tuottaman kansantaloudellisen hyödyn vähäiseksi, joskin hän metsänhoidon kannalta oivalsi mäntypienpuun käytön tarpeellisuuden. Soldan ehdotti, että kolopuun hautapoltosta vähitellen luovuttaisiin ja tervan raaka-aineeksi yleisesti valittaisiin tervaskannot, joita hänen aikoihinsa haudoissa hiillettiin meillä vain Lapissa.

Soldanin kirjaan sisältyvä kartta eli »silmailö tervapaikoista Suomessa» (Helander 1949) osoittaa, että Pohjanmaan tervanpolttopitäjät olivat melkoisen matkan päässä meren rannalta. Jokikuljetus oli tietysti huomattavasti halvempi kuin hevoskuljetus maanteitse.

Valmistettaessa n. 150 000 tynnyriä eli 18 000 tonnia hautatervaa vuosittain oli kolotun hiiltpuun kulutus Soldanin mukaan 7,5 miljoonaa runkoa eli n. 600 000 p-m³. Tervan saalis oli tämän mukaan 30 kg/p-m³. Erityisesti nykyisen tervaksenhiillon tervansaalistat ajatellen on syytä muistaa, että täyskuivaksi lasketun kolopuun p-m³-paino oli ainakin 50 % suurempi kuin kantotervasten. Soldan mainitsee usein paikoin saadun myös merkittävän vähäisiä tervansaaliita. Niinpä 10 000 vuotuistynnyrin pitäjässä, Pudasjärvellä, josta tervatynnyrit kuljetettiin Iijokea myöten hirsilautoilla meren rantaan, oli tervatulos usein puolta pienempi. Näin myös kolopuun vuosikulutus lieenee todellisuudessa ollut huomattavasti edellä olevaa arviota suurempi. Tervatynnyrissä oli asetusten mukaan 8 vannetta, joiden tekoon kului 1,2 miljoonaa närettä joka vuosi. Soldanin laskelmien mukaan tervan teko nieli 2 % metsien vuotuis kasvusta. Sivumennen hän mainitsee puuta käytetyn ulkomaille viedyn potaskatuhkan valmistukseen 100 000 p-m³ vuodessa, ja kasken polton aiheuttaman vuosittaisen »vahingon» hän arvioi 1 200 000 p-m³:ksi. Tervahautojen pohjen lukumäärän mainitaan olleen 5–7 000, mutta niitä ei kaikkia käytetty joka vuosi, koska kerrallaan poltettiin 100–500 p-m³ tervaspuuta. Haudan pohjista joutui vuosittain osa hylätyksi, koska samaa pohjaa voitiin käyttää keskimäärin 4–5 peräkkäisenä kesänä. Uuteen paikkaan siirtyminen tiesi ensi hiillossa aina hieman huonompaa tervatulosta. Isoista tervahautoista väitetään saadun parhaat tulokset (vrt. Siintola 1917; Vilkuna 1935).

Sotien vaikutuksesta tervakaupan vaiheisiin voidaan myös mainita, että keväällä 1857 englantilainen sotalaivaosasto poltti sekä Raahen että Oulun tervahovit, jolloin viimeksi mainitussa paloi lähes 1 800 tonnia puutynnyreihin pantua tervaa. Muistakin tässä yhteydessä tapahtuneista suurista omaisuuden menetyksistä huolimatta Oulun tervakauppa elpyi nopeasti, ja 1860-luvulla sen kautta kulki noin kolmannes maan koko tervanviennistä. Ennätys siellä saavutettiin v. 1865, jolloin laivattiin n. 84 000 tynnyriä eli yli 10 000 tonnia tervaa ja tervapikeä (Snelman 1939, s. 237 ja s. 256). Suomen tervapien vienti oli v. 1893 suunnilleen 600 tonnia, ja sen hinta oli noin kolmanneksen suurempi kuin tervan. Näihin aikoihin vietiin ulkomaille myös tervavettä, v. 1899 runsaat 500 tonnia. Puuhapon hinta oli tervaan verrattuna kolmanneksen korvilla (Hakane 1926).

Oulun tervahovi paloi uudelleen v. 1901, ja tämä veturin kipinästä syttynyt tulipalo alkoi ennustaa tervan viennin suurta vähenemistä sen kysynnän



Kuva 12. Oulun tervahovin ja Toppilan höyrysahan palo v. 1901.

Fig. 12. Fire at Oulu tar storage and a nearby saw mill, 1901.

näet peräti heikennettyä. Aikana 1902–04 vietiin Oulusta vielä n. 3 500 tonnia hautatervaa vuosittain, mutta sitten sen määrä väheni siitäkin (Snelman 1939, s. 387). V. 1910 lopetti Oulun kauppaseuran hallussa ollut tervahovi 130-vuotisen toimintansa. Sen jälkeen ei Oulussa enää ole tarvittu myöskään tervahovin pehtoria eikä tervan räkkäreitä. Ensimmäisen maailmansodan alkaessa sulkeutuivat läntiset vientimarkkinat, ja tervantuotannon pieni ylijäämä samoin kuin melkoisia puuhiilieriä suunnattiin Venäjälle (Hakane 1926; vrt. Seppänen 1941).

Tervan käytön väheneminen johtui luonnollisesti siitä, että rauta syrjäytti puun laivanrakennuksessa. Amerikan sota, jonka syttyminen v. 1861 nopeasti oli nelinkertaistanut puutervan hinnan, oli lopullisesti osoittanut puisten sotalaivojen kelpaamattomuuden. Kivihiilen suurteollisuusmaisen kuivatuslauksen tervatuotteet olivat puutervaa halvempia ja lahonestoaineina eräissä tapauksissa tehokkaampia. Lisäksi oli sahateollisuus päässyt esim. Oulun seuduilla 1800-luvun lopulla melkoiseen vauhtiin ja tarjosi raakapuun vilkastuneen viennin ohella lisääntyviä työtilaisuuksia, samalla kun raakapuun hinta liikenneyhteyksien lähettyvillä huomattavasti kohosi. Moniin miljooniin nousi joka tapauksessa niiden tervatynnyrien lukumäärä, jotka 1600–1800-luvuilla vieritettiin Pohjanlahden rannikkokaupunkien tervahoveista laivoihin, jotka nekin olivat suurelta osalta tervaporvarien omaisuutta. 1850–60-luvuilla riitti terva rahoittamaan Perämeren rannikkokaupunkien tuonti-

kaupan, josta myös Savon asujaimisto tuli jossain määrin osalliseksi. Tervan viennin loppuminen merkitsi näiden kaupunkien osalta joksikin aikaa taloudellisen elämän hiljentyä, mutta tervaporvarien yrityshenki kytenee siellä vielä kaupankäynnin piilosytykkeenä.

Edellä esitetystä on selvinnyt, että tervaspuun valmistus pihkoittamalla kasvavia runkoja kuorimisen eli kolonnan avulla on aikoinaan edistänyt mänty-pienpuun käytön ratkaisua, vaikka tässä toiminnassa on metsänhoidolliset näkökohdat jätetty huomioon ottamatta, kuten tapahtui myös hirrenharsinassa. Kun metsillämme ei 1600—1800-luvuilla vielä ollut riittävästi käyttöä, voidaan kolopuun valmistusta tervan raaka-aineeksi kuitenkin pitää metsätaloudellisesti oikeana. Niinpä *Cajander* on nimenomaan asettunut tälle kannalle (1916, s. 714) esittäessään mm. seuraavan päätelmän: »Aikaisempina aikoina kolominen samoin kuin kaskan polttokin oli aivan paikallaan, eivätkä kolohakkuiden seurauksetkaan ole olleet pahoja; päinvastoin on niiden jälkeen syntynyt joukko kauneimpia nuoria metsiämme. Eräillä etäisillä kruununmailla (esim. Kuhmoniemi) on viime aikoina kolottu apuharvennuspuita, joille ei muulla tavalla ole saatu menekkiä.» *Helander* on metsätaloushistoriansa maalauksellisessa tervanpolton kuvauksessa huomattavasti arvostelevampi (1949), joskin päätetoteamuksessa sanotaan mm. näin: »Terva oli metsän antimista vain hiellä ja vaivalla saatua tuotetta, mutta terveellistä, miellyttävää ainetta, joka aina on säilynyt arvossa pidettynä. Mitä tervanpolto metsällemme merkitsi, siitä on enää nykyisin vaikeata saada käsitystä, sillä sen arvet ovat ihmeellisesti kasvaneet umpeen.»

1800-luvun puolivälissä meidänkin maassamme voimistunut tuotannon teollistuminen tuntui ennen pitkää myös terva-alalla, jolla se merkitsi miilunien ja retortihiillon käytäntöön ottoa hautapolton asemesta. Varsinaisesti tämä kehitys, joka samalla tiesi raaka-aineen valinnassa ratkaisevaa siirtymistä kantotervalinjalle, pääsi maassamme vauhtiin vasta 1890-luvulla (*G. Komppa* 1908). Mainittu valmistustekniikan muutos ja raaka-aineen vaihto tiesivät tervan saannin kaksinkertaistumista sekä sivutuotteiden — ennen kaikkea tärpätin — talteensaamista. Hiiltotärpätti sai näihin aikoihin lisääntyntä menekkiä varsinkin Englannissa, mutta tervan osuus oli tehdashiillonkin tuotteiden myynnissä merkittävin. Siten ei hiiltotekniikan edistymisenkään jaksanut korvata tervamarkkinoiden heikentymisen aiheuttamaa takaiskua. Vasta 1940-luvun puolella ovat eräät tehdastervan laadut kehittyneet hautatervan veroisiksi.

Ensimmäisen maailmansodan loppuaikoina ja sen jälkeen — maamme jo itsenäistyttyä — oli tervateollisuudessa jälleen pieni virkistyskausi. Tilastojen mukaan se oli kukkeimmillaan vv. 1920—21, jolloin toiminnassa oli n. 50 tervatehdasta. Tehdastervan vuosituotanto hipoi suurimmillaan 2000:ta tonnia.

Hautatervaakin tehtiin näinä vuosina taas runsaammin, eräiden tietojen mukaan jopa enemmän kuin tehdastervaa (*Kemiallisen Teollisuuden Komitea* 1944). Osaksi tämä tervan tarve johtui kaiketi sodan jälkeisille ajoille ominaisesta sivelyaineiden pulasta, ja ehkäpä sitä voidaan pitää myös yhtenä kansamme täysin vapaan yritteliäisyyden ensi innostuksen ilmauksena. Kuten toisessa yhteydessä esitetään, koetettiin tervateitse lieventää myös sodan jälkeistä voiteluaineiden puutetta öljyn tuotannon jäädessä kuitenkin varsin vähäiseksi. V. 1921 nousi tervan vienti niinkin suureen määrään kuin 3 700 tonniin. Kun samaan aikaan sahatavaran vienti oli jo n. 800 000 standarttia ja paperiteollisuuden ryhmään kuuluvien tuotteiden vienti 450 000 tonnia, on ilman muuta selvää, että tervalla oli vientikaupassa vähäinen merkitys jo suurteollisuudeksi kehittyneen muun puunjalostuksen rinnalla. Tervan osuus viennissä olikin 1920-luvun alussa enää vain 0,1—0,2 % (*Hakaniemi* 1926).

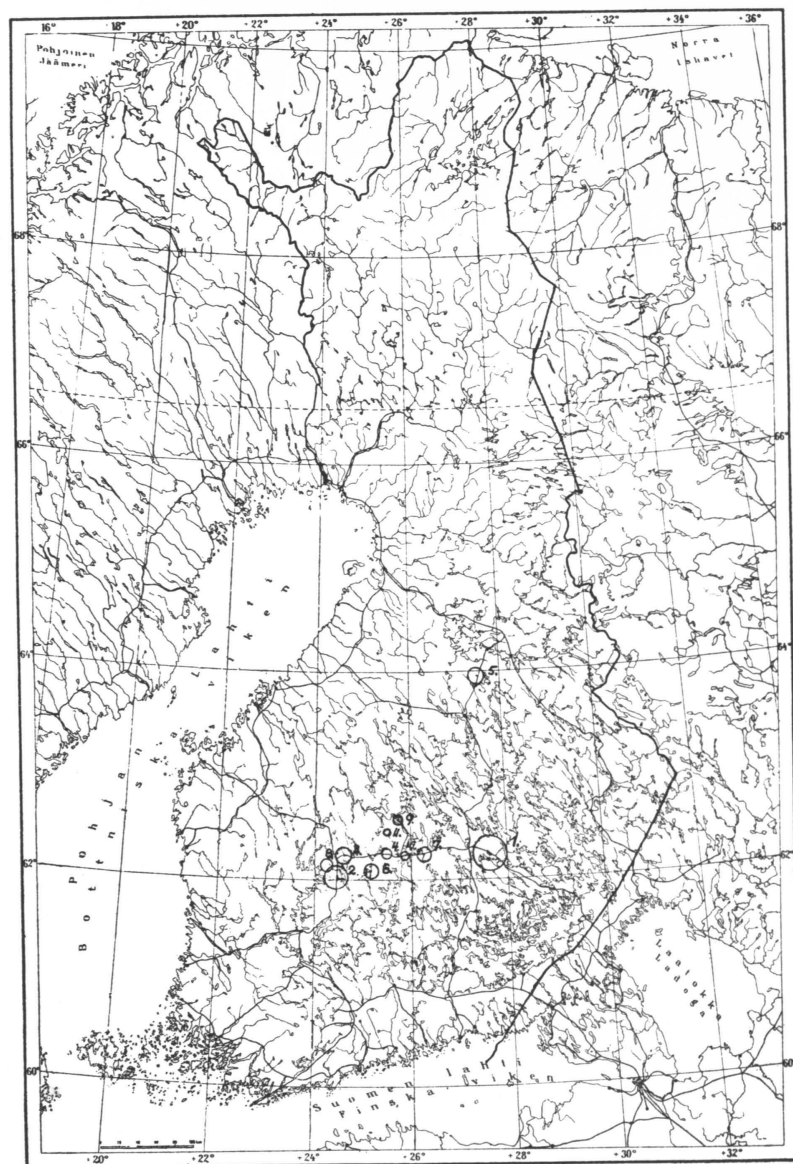
Edellisenkin maailmansodan jälkeen kiinnitettiin tervateollisuuden laajentamiseen myös viranomaisten taholla huomiota. Kauppa- ja Teollisuuskomissionin Pihka- ja Tervakonttorin toimeksiannosta julkaisivat *A. B. Helander* ja *E. Vesterinen* v. 1918 kirjasen, jossa esitettiin arviotietoja maan eräistä tervaesiintymistä ja tervan valmistuksen kannattavuudesta (1918). Vanhempien hiiltomenetelmien ohella mainitaan uutuutena prof. *H. Kyrklundin* kehittämä jatkuvasti toimiva ja helposti paikasta toiseen siirrettävä vaunuputkiuuni, jonka patentoitua rakennetta ei kuitenkaan ole alan kirjallisuudessa tarkoin selvitetty. Kirjoittajat esittävät käsityksensä, että myös havupuun pihkan keräily ja sen edelleenjalostus voisi muodostua Suomessa kannattavaksi teollisuusajatuksiksi. Mainion yleisteknillisen selostuksen kuvituksineen tervasta ja tervanpoltoista on filmaist. *S. Siintola* laatinut Tietosanakirjaan (1917).

Suomalaisen Kirjallisuuden edistämisrahaston avustamana julkaisi tekn. tri *Y. Talvite* v. 1924 547-sivuisen teoksensa »Puun hiilto ja hartsin valmistus». Kirjallisuudesta ja patenttiselosteista kerättyjen mitä erilaisimpien menetelmä- ja kojeistokuvausten lisäksi sisältyi tähän kirjaan ansiokas esitys tervatehdaskojeistojen laskemisesta.

Hioke-, selluloosa-, paperi- ja vaneriteollisuuksien yhä voimistuttua on tervan osuus jatkuvasti niin kotimaan kuin vientikaupassakin vähentynyt (*Murto* 1950). Yli 80 sadanneksen koko valtakunnan metsien puustosta osallistuessa valtateollisuuksiemme tuotantolaitosten syöttöön rajoittuivat tervasten hankinnat 1930-luvulla pääpiirteissään n. 3500 km²:n alueelle Sisä-Suomessa (*Metsänheimo* 1944).

10-vuotiskautena 1930—39 oli Suomen virallisen tehdastilaston mukaan tervasten kulutus 458 000 p-m³ ja vastaava tehdastervan tuotanto 13 800 tonnia eli 30,2 kg/tervas-p-m³. Tervatehtaita oli tuona aikana käynnissä 13—18.

Hiiltotärpätin tuotannosta ei ole tarkkoja tilastoja olemassa, mutta sen saanti lienee vastaavana aikana ollut n. 6 500 tonnia eli 14 kg/p-m³ (*Ke-*



Kuva 13. V. 1940 toiminnassa olleet tervatehtaat.

1. Maaveden tervatehdas; 2. E. Math. Bonn, Kolho; 3. Keuruun Terva Oy; 4. Toras Oy, Uurainen; 5. Sukevan tervatehdas; 6. Koskenpään tervatehdas; 7. Oy Pönttövuori, Metsolahti; 8. Suomen Terva Oy, Kotala; 9. Viitasaaren Terva Oy; 10. Leppälahden tervatehdas; 11. Konginkankaan tervatehdas.

Fig. 13. Finnish tar plants, 1940.

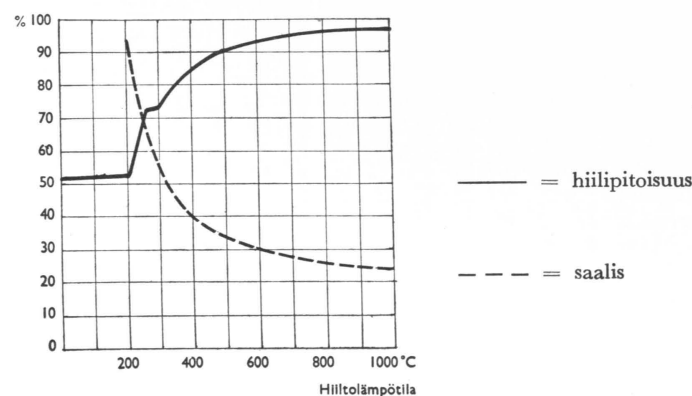
miallisen Teollisuuden Komitea 1944). Hiiltä on tervatehtaissa saatu n. 3,5 hl/p-m³, jonka mukaan hiilen tuotanto olisi mainittuna kymmenvuotiskautena ollut 1,6 milj. hl. Tervan vienti oli vastaavana aikana Suomen virallisen ulkomaankauppatilaston mukaan 10 034 tonnia, mihin määrään sisältyi myös hautatervaa. Merkittävä osuus on kantotervateollisuuden viimeisen 20 vuoden kehityksessä ollut sen lähinnä aatteellisella keskusjärjestöllä Suomen Tervayhdistys ry:llä, joka v. 1932 perustettiin mm. Puolasta alihintaan Suomeen myydyin kantotervan kilpailun torjumiseksi. Yhdistyksen ensimmäisenä ja pitkäaikaisena puheenjohtajana toimi johtaja W. Östman ja asiamiehenä ins. N. Vuolle-Apiala. Myös öljyrynnytyksen aikana 1940-luvulla oli yhdistyksen antama panos merkittävä tervaraaka-aineen hankinnan kannalta, ja "siviilikulutukseen" menevien terverien säännöstelyn hoito vaati usein suurta harkintaa. Yhdistyksen puheenjohtajana on vuodesta 1948 lähtien toiminut dipl. ins. V. V. Juvonen ja asiamiehenä vuodesta 1945 lähtien hallitusneuvos K. Häkkinen.

V. 1939 paloi kolme tervatehdasta, ja jälleen ennustivat tulipalot tervateollisuuden voiman heikentymistä. Nokkelina miehinä ovat tervatehtailijat tosin oppineet nopeasti uudelleen kunnostamaan tehtaansa tulipalonkin jälkeen, mutta samana vuonna alkanut maailmanpalo, sota, vaikutti tervan tekoon heikentävästi.

Hautatervan teko vähentyi peräti pieneksi sen jälkeen, kun 1930-luvun lopulla toimintansa alkaneen Oulu Osakeyhtiön sulfaattiselluloosatehtaan mäntypöllin hankinnat tarjosivat riittävästi työmahdollisuuksia myös Kainuun asujaimistolle. Näin tämän tehtaan sivutuotteet ovat tavallaan saaneet periä hautatervan kunniakkaan aseman mäntypöllipuun saadessa samalla kansantaloudellisesti tuottoisamman käyttömuodon. 1920–30-lukujen tervan tuotannosta ja kaupasta on laajahko kuvaus hintatietoineen ja vientimaineen prof. N. J. Toivosen johdolla toimineen kemiallisen teollisuuden komitean v. 1944 laaditussa mietinnössä (ss. 74–87).

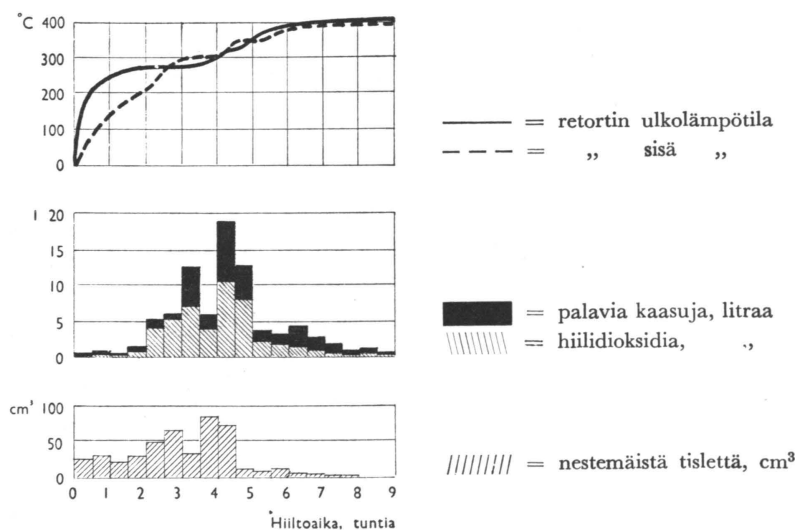
Hiillon ja tervan teon periaate

Kun puuta kuumennetaan ilmalta suljetussa tilassa riittävän korkeaan lämpötilaan, niin se hiiltä. Tällaista menetelmää, jonka päätuotteina voidaan pitää retorttiin jäävää kiinteää hiiltä ja pääasiassa nesteinä pysyvää tervaa, sanotaan puun hiilloksi, kuivatislaukseksi tai pyrolyysiksi. Retortin kuumennuksen alussa poistuu siitä ensin ilmaa ja vesihöyryä. Jälkimmäisen seuran liittyy havupuuta hiilletessä tärpättä, joka erityisessä jäädyttimessä vesim. höyryjen ohella lauhdutetaan nesteeksi ja otetaan sivutuotteena talteen. Lämpötilan noustua 270–290°:n tienoille alkaa varsinainen puun hiiltyminen (Klason 1923 a). Reaktio on lämpötila-alueella 180–350° luonteeltaan eksotermien eli lämpöä kehittävä. Kuiva puumassa, jossa hiilto on jossakin kohdassa alkanut, voidaan siis täydellisesti kuiva-



Kuva 14. Loppulämpötilan vaikutus puuhiilen saaliiseen ja koostumukseen.

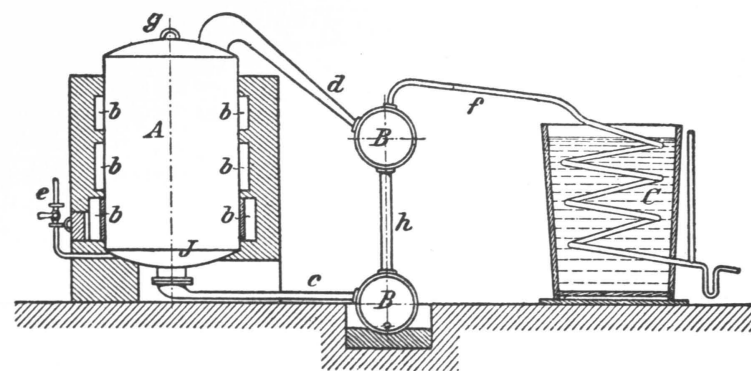
Fig. 14. Effect of final temperature on yield and composition of charcoal (Klason 1923 b).



Kuva 15. Klasonin pienoishiillon kulku ja sen tuotteet.

Fig. 15. Relation between temperature, time, and products, in the decomposition of pine wood by heat.

tsilata tuomatta lämpöä reaktiotilan ulkopuolelta. Kun hiillettävä puu on tavallisesti kauttaaltaan kosteata ja kun puun hiilto nykyisin suoritetaan suhteellisen nopeasti, on hiiltoretortin eri osien ja hiillettävien puukappaleidenkin eri osien lämpötila ja hiiltymisaste pyrolyysin määrävaiheessa erilainen. Alkulämmitysvaihe ja varsinainen kuivatusvaihe esiintyvät näin teknillisessä hiillossa rinnakkain. Osaksi tämän hiillon epätasaisuuden takia on hiilen laadun parantamiseksi lämpötila joskus korotettava jopa 500 °:seen, vaikka tervan laadun kannalta olisi edullista lopettaa hiilto jo lämpötilan noustua 300–350 °:seen. Käytettäessä hiiltokaasujen



Kuva 16. Eräs vanha tervaksenhiiltämötyyppi.

Fig. 16. An old type of pyrolyzing plant for tar wood.

tehokasta kiertoa tai hiillettävän puun erillistä esikuivausta saadaan pyrolyysi retortin eri osissa tasaisemmaksi ja hiillon vaiheet myös selvemmin toisistaan erottuneina esiintymään. Bergströmin ja Trobeckin tutkimuksen mukaan 100-asteisen vesihöyryn tervaspilkkeistä mukaansa saama tärpättimäärä on suhteellisen vähäinen, joten esikuivausta käytettäessä ei yleensä ole tarpeen järjestää erikoislauhduttimia tässä vaiheessa poistuvan tärpätin talteenottoon (1947). Hawley on kiinnittänyt myös huomiota tähän seikkaan (1926). Koska puu on huono lämmönjohtaja, syntyy hiillossa puukappaleen pinnan ja sisuksen välillä suuria lämpötilaeroja (vrt. sivu 90), joten tärpätti ei tislautu vesihöyryn mukana alle 100 °:n lämpötilassa, kuten pitäisi. Hartsin täytyy sulaa puussa ennen kuin tärpätti poistuu.

Kuvassa 14 esitetään Klasonin mukaan (1923 b, s. 17) hiiltoloppulämpötilan vaikutus sysien saaliiseen ja niiden hiilipitoisuuteen. Hiilen saalis on sitä paitsi riippuvainen hiiltoajasta, retortin suuruudesta ja hiiltokaasujen ulosoton sijainnista siinä. Runkopuun miiluhiillossa on loppulämpötila n. 550 °, ja siitä syystä on miilusysien hiilipitoisuus yleensä korkeampi kuin retorttisysien.

Alkulämmityksessä enemmän tai vähemmän tasaisesti täyskuivaksi muuttuneen puun pyrolyysissa syntyy 22–28 % sen painosta vettä (Klason 1923 a), jota siis poistuu höyrynä retortista kuivausvaiheen jälkeenkin hiillon kuluessa. Pääasiassa tärpätinlauhduksessa vesihöyry muuttuu jälleen nestemäiseen olotilaan. Lisäksi muodostuu joukko hiiliyhdisteitä, joista etikkahappo, muurahashappo, metanoli ja pienemmässä määrin esiintyvä asetonin kulkeutuvat vesihöyryn mukana ja kerääntyvät havupuunhiiltämön tärpätistä erottuvaan vesilauhteeseen, ns. puuhappoon eli tervaveteen, jolla egyptiläiset muinoin balsamoivat ruumiita. Lauhtumattomia kaasuja, joista runsaimpina esiintyvät hiilidioksidi, hiilimonoksidi ja metaani, syntyy pitkin hiiltoa. Vilkkain on kaasun kehitys eksotermisen vaiheen aikana, kun taas hiiltokaasujen polttoarvo on suurimmillaan sen jälkeen.

Kaasujen metaani- ja myös vetyosuus kasvaa mitä pitemmälle retortin kuumennusta jatketaan. Näitä lauhtumattomia kaasuja, joiden Klason laskee polttoarvoltaan tavallisessa runkopuun hiillossa vastaavan n. 4 %:ia hiillettävästä täyskuivaksi ajatellusta puusta, käytetään retortin lämmitysuunissa tai itse retortissa polttoaineena.

Kuvassa 16 esitetystä viime vuosikymmenen lopulla ulkomailla paljon käytetyn pienehkön tervaksenhiiltämön kaaviosta (Hesselin termokattila) selviää tervaksenhiillon yksinkertainen periaate (Talvitie 1924, s. 296). Ulkopuolisesti savukaasuilla lämmitetystä rautaretortista

poistuu terva hiillon aikana jatkuvasti osaksi alapoistoputkesta alempaan makaavaan tynnyriin valuen, osaksi pieninä kolloidisina hiukkasina ja kevyemmiltä aineosiltaan höyrynäkin vesi- ja tärpätihöyryjen mukana yläpoistoputkeen työntyen ja ylempään ilmajäähdytteeseen astiaan kulkeutuen. Tärpätti ja puuhappo lauhtuvat puisen vesisaavin kuparisessa putkierukassa kerääntyen viereiseen erotteluastiaan. Tällaisen hiiltojärjestelmän lauhdutusella saadaan tuotteet pääpiirteissään eritellyksi ulkonäöltään jo varsin erilaisiin jakeisiin, toiselta puolen terva-aineksien ja toiselta puolen tärpätin ja puuhapon suhteellisen suuren kiehumispiste-eron perusteella. Kokemuksesta tiedetään, että kuvan mukaisessa kojeistossa saatujen tervajakeiden joukkoon lauhtuu osaksi jo retortissa ja osaksi väliastioissa sekä tärpättiä että puuhappoa. Tätä viimeksi mainittuakin on tavallaan tervaan liuonneena ja se suostuu eroamaan tästä vasta pitkäaikaisessa seisotuksessa tai lyhyehkössä keitossa. Samoin on hiiltoraaka-tärpätin joukossa sekä tervan sukuisia aineksia että puuhappoa. Siintola (1917) on maininnut lauhutumattomista kaasuisista, että »ne johdetaan pestäväksi etikkahaposta ja puuspriistä pesulaitokseen ja siitä joko poltettavaksi tulisijaan tai käytännöllisemmin voimatarkeituksiin käytettäväksi». Voimakkaasun käyttöä esittäessään hän lieene ajatellut suhteellisen suuria tervatehtaita. Siintolan mukaan »imurissa saadaan tiivistymättömiä puukaasuja 15–20 painoprosenttia puun kuiva-ainetta kohti laskettuna». Tämän mukaan teknillinen hiilto on paljon enemmän krakkauksenluonteinen kuin Klasonin laboriohiilto (vrt. sivu 73). Tarkkoja kaasumäärien mittauksia ei tehdasmittakaavaisista kokeista ole julkaistu (vrt. asetelma sivulla 76; Stenberg 1944).

Hiilto- ja tervatekniikan perustavat tutkimukset

Puun kuiva-aineen elementaarianalyysi on osoittanut siinä olevan hiiltä n. 50 %, vetyä runsaat 6 %, happea n. 43,5 % sekä tuhkaa muodostavia aineita 0,2–0,5 %. Typeä sisältäviä valkuaisaineita on puussa varsin vähän. Kantotervaksen suuri pihkapitoisuus tekee sen tavallista runkopuuta runsashiilisemmäksi ja -vetyisemmäksi.

Puun lämpöhajaantumisen reaktiokulkua ei hiillon laajan lämpötila-alueen eri kohdissa ole monestakaan syystä saatu tarkoin eritellyksi. Ensinnäkin on luonnon rakentaman puukudoksen kemiallinen olemus varsin monimutkainen. Puukemiassa käytetyn klassillisen luokittelun mukaan sen pääaineiksi ovat selluloosa, hemiselluloosa ja ligniini. Selluloosan hiilipitoisuus (n. 44 %) on alhaisempi kuin ligniinin (n. 64 %), joksi on ryhdytty nimittämään eräitä puusta selluloosan valmistuksessa poistettavia, kokoomukseltaan vielä epätäydellisesti tunnettuja aineosia. Näitä puun kemiallisia rakenneosia ei tunnetusti voida erottaa toisistaan niiden luonnetta muuttamatta. Selluloosa- ja ligniinivalmisteilla suoritettut pienoishiillot eivät näin ollen tarkoin osoita, miten kemialliselta olemukseltaan eriluonteisiksi tiedetyt alkuperäiset aineosat puun hiillossa suhtautuvat. Lisäksi tapahtuu hiillon aikana joukko sivu- ja jatkoreaktioita, kuten veden aiheuttamaa ja orgaanisten happojen voimistuttamaa polysakkaridien hydrolyysia sekä ensiasteisesti muodostuneiden hiiltotuotteiden edelleen hajaantumista. Lämpötilan lisäksi on hiillossa toinen tärkeä tekijä aika (Klason 1923 a). Hitaassa hiillossa on reaktion luonne erilainen kuin nopeassa, vaikka pyrolyysi suoritettaisiin pienessä laborioreretortissa, jossa hiiltolämpötila saadaan kauttaaltaan samaksi ja johon puuaines on helppo pienentää tasakokoiseksi.

Tuloksiltaan vielä nytkin kumoamattomat hiiltokemian perustavat tutkimukset suoritti Tukholman teknillisen korkeakoulun kemian teknologian professori P. Klason apulaisineen jo 35–40 vuotta sitten. Hän vertaili, samaa puuainetta käyttäen, muun muassa nopeata tyhjössä suoritettua hiiltoa erilaisiin ulkoilmapaineisiin hiiltoihin, joista nopeimmat olivat 3 tunnin ja hitaimmat 14 vuorokauden pituisia (Klason, v. Heidenstam ja Norlin 1912).

Tyhjöpyrolyysissa ei eksotermista vaihetta esiintynyt lainkaan. Tervansaalis oli tällöin huomattavan suuri, mutta hiili- ja kaasutulokset taas vähäisiä. Ulkoilmapaineisessa hitaassa hiillossa tervansaalis oli normaalia pienempi. Tyhjöhiillon terva oli vaaleata, ja 280 °C:ssa se ulkoilman paineessa hajosi eksotermisesti tavalliseksi tervaksi, kaasuksi ja koksiksi. Tavallisen runkopuun ensiövaiheinen hiiltyminen ei siis ole eksoterminen, mutta retorttihiillossa tapahtuva melkein samanaikainen toisasteinen hajaantumisreaktio tekee pyrolyysin sellaiseksi. Klasonin mukaan on reaktiolämpö, puulajista ja hiiltoajasta hieman riippuen, n. 5–7 % puun polttoarvosta.

Sekä terva että hiili ovat näin hiillon alkureaktion jälkeen erilaisia kuin lopulliset tuotteet. Jälkihajaantumissa syntyvä koksi ja eräät hiilivedyt jäävät teknilliseen puuhiileen¹, jonka absorptiokyky tulee näin hyvin huonoksi. Aktiivista hiiltä valmistettaessa ne on poistettava puuhiilestä. Varsinaisen pyrolyysireaktion päätyttyä lakkaa Klasonin mukaan hiilidioksidin ja veden syntyminen. Hänen tutkimustuloksistaan voidaan ottaa osviittaa erityisesti 7–10 tunnin hiiltoaikaa soveltavissa tapauksissa, koska tällainen pyrolyysi on hänen kokeissaan varsin yleinen.

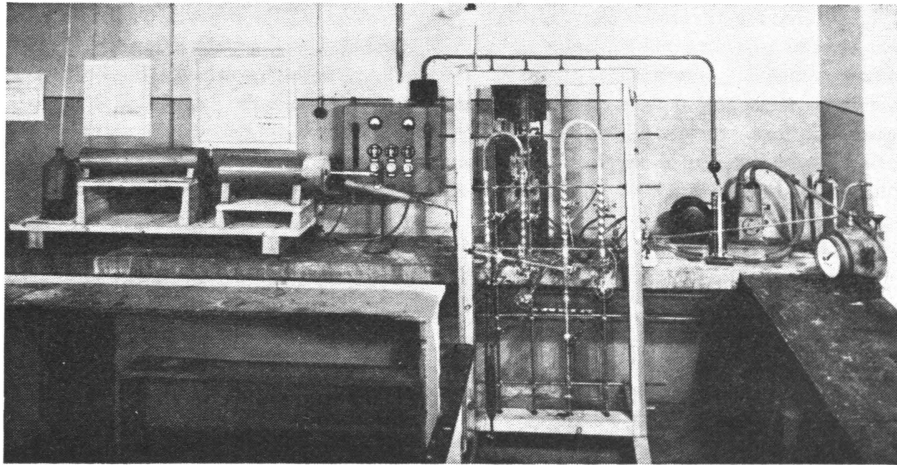
Edellä on jo mainittu tärkeimmät puun hiillon tuotteet. Saksalainen Bugge on esittänyt puun pyrolyysia koskevassa teoksessaan luettelon hartsittoman puun kuivatislaustuotteista eristetyistä kemiallisista yhdisteistä, joita parikymmentä vuotta sitten tunnettiin hyvän matkaa toista sataa (1927). Havupuun ja mäntyisen kantotervaksen hiiltotuotteissa on vielä monilukuisempia kemiallisia yhdisteitä, koska myös pihkasta syntyy niitä koko joukko.

Lehtipuun ja havupuun hiillossa saatu erilainen metanolin- ja etikkahaponsaalis viittaa siihen suuntaan, että puun pääainekset, selluloosa, hemiselluloosa ja ligniini, osallistuisivat jollakin tietyllä tavalla hiillon tuloksiin. Kuten yleensä puukemian alalla, ovat eräät hiiltotutkijoidenkin vanhemmat koetulokset epämääräisiä ja vähäarvoisia muun muassa sen vuoksi, että suoritettaessa selluloosan kuivatislausta ei ole mainittu, mistä puulajista työssä on kysymys käytetyn teknillisen puuselluloosan lähemmästä kemiallisesta kokoomusselvittelystä puhumattakaan.

Klason teki aikoinaan mielenkiintoisia eri puulajien ja niiden runkopuusta tehtyjen, hiiltoa varten briketoitujen sulfiittiselluloosien vertailupyrolyyseja (Klason, v. Heidenstam ja Norlin 1912). Hänen apulaistensa kanssa saamistaan tavallisessa paineessa suoritettujen kokeiden tuloksista esitettäköön seuraava asetelma:

hiiltosaalis, % lähtöaineen kuivapainosta	puuvilla- selluloosa	mänty puu	selluloosa	koivu puu	selluloosa
puuhiiltä	38,8	37,8	36,9	31,8	33,4
tervaa	4,2	11,2	4,9	7,9	9,6
etikkahappoa, puhdasta ...	1,4	3,5	2,2	7,1	3,9
asetonia	0,07	0,18	0,08	0,19	0,15
metanolia	—	0,88	jälkiä	1,6	—
vesiliukoista tervaa, epä- puhd. etikk. ym.	5,1	8,0	4,2	8,1	7,7
metaania	0,27	0,59	0,27	0,54	0,47
hiilidioksidia	10,4	10,1	12,8	10,0	11,1
hiilimonoksidia	4,2	3,7	3,4	3,3	3,5
vettä	34,5	22,3	34,2	27,8	29,4

¹ Retorttihiilen koostumus vastaa Klasonin mukaan ”yhdistettä” C₁₆H₄₀O₂.



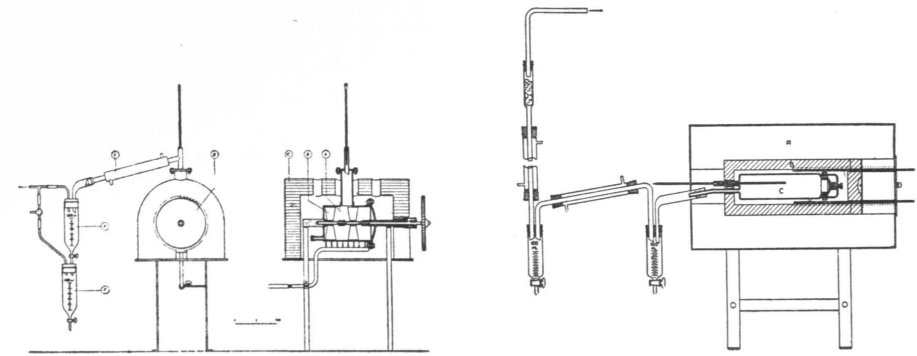
Kuva 17. Jensenin tutkimuksissaan käyttämä pyrolyysikojeisto.

Fig. 17. Pyrolyzing apparatus used by Jensen.

Tulosluvuista on jokainen laskettu 6—7 rinnakkaishiillon keskiarvona. Näin perusteellisesti lienee harvoin suoritettu koehiiltoja teknillisessä mittakaavassa, jossa ne ovat kalliita ja hankalia tehdä. Jensen on sodan jälkeen Åbo Akademiassa suorittamassaan väitöskirjatutkimuksessa (1948) saanut koivupuusta hieman pienemmät hiilen- ja tervansaaliit kuin Klason. Pieniä eroja voi luonnollisesti aina esiintyä eri paikoissa suoritetuissa hiilloissa aparaaturin erilaisuudesta johtuen. Jensen käytti kojeistonsa (kuva 17) pienoisetortissa sähkölämmitystä, Klason sen sijaan poltti kaasua retortin alla. Pääkohteena Jensenin työssä oli koivun tuohen pyrolyysin selvittely. Mielenkiintoisten ulkoilmapaineisten ja tyhjopyrolyysien rinnastelevan selvittelyn ohella kiintyy huomio vesihöyryllisen pyrolyysin kokeiluun. Vesihöyryn käyttö on aiheuttanut tervan ja puuhapon voimakkaan emulsion synnyn, joten tämän hiiltotavan kokeilu on laboratoriossakin suoritettuna tuottanut vaikeuksia. Hawleyn tutkimusten mukaan amerikkalaisista lehtipuista pienoisetorttahiillossa saatu metanolinsaalis on 1,3—2,0 % ja orgaanisten happojen saalis 100-%:sena etikkahappona laskien 4,5—5,0 % puun painosta (1926).

Selluloosista saadut vastaaviin puulajeihin verrattuna alemmat hiilensaaliit ovat ymmärrettävissä niiden alhaisemman hiilipitoisuuden perusteella, kun taas runsashiillisen ligniinin on todettu antavan korkeamman hiilituloksen pyrolyysissa. Amerikkalaiset Meritt ja White ovat uudemmissa tutkimuksissa (1943) osoittaneet, että hemiselluloosa hajoaa jo 240°:ssa, sen jälkeen selluloosa 260°:ssa ja lopuksi ligniini, joka kylläkin 150—170°:n lämpötilassa muuttuu jo plastiseksi, kuten kuidutus- ja muovialan tutkimuksissakin on todettu.

Männyn pihkapitoisuuden takia oli koivusta saatu tervatulos edellä esitetyissä ruotsalaisissa kokeissa selvästi pienempi. Määritysten mukaan mäntytervan polttoarvo oli n. 5 % suurempi kuin koivutervan (7 405 ja 7 080 kal.). USA:ssa enimmäkseen valmistetusta lehtipuutervasta on aivan viime aikoina teollisuusmittakaavassa valmistettu monia uusia kemiallisia tuotteita. Eräistä pentosaanivalmisteista hiillossa saatu huomattavan korkea etikkahapon saalis (Hawley 1946, s. 691) tekee ymmärrettäväksi koivun suuren etikkatuloksen, koska koivupuussa on pentosaaneja runsaat 25 % ja männnyssä vain vajaat 10 %. Katzen, Muller



Kuva 18. Ruotsalaisia pienoismittakaavaisia pyrolyysikojeistoja.

Fig. 18. Swedish small scale pyrolyzing apparatus.

ja Othmer ovat v. 1943 tutkimuksillaan Klasonin tuloksien kanssa yhtä pitävästi osoittaneet, että metanolia syntyy yksinomaan ligniinin metoksyyliryhmistä (Hawley 1946, s. 694), joita lehtipuuligniinissa tunnetusti on enemmän kuin havupuuligniinissa. Metaanin pääosa on hiiltotutkijoiden mukaan peräisin hemiselluloosista.

Ruotsin vieläkin huomattavan suuressa hiiltoteollisuudessa käytetään raaka-aineena lähinnä männyn runkopuuta, koska sikäläinen rautateollisuus ymmärrettävistä syistä suosii havupuusta saadun vähäfosforisen puuhiilen käyttöä. Klasonin selkeiden, itse hiillon olemusta koskeneiden tutkimusten jälkeen on Tukholman hiiltolaboratorion johtaja, siv.ins. H. Bergström keskittänyt tutkimustyönsä enemmän hiiltotuotteiden analysointimenetelmien kehittämiseen ja niiden ominaisuuksien selvittelyyn sekä itse hiiltotekniikan parantamiseen. Havupuunhiillon sivutuotteiden jalostuksessa saatuja kokemuksia on sovellettu myös sulfaattiselluloosateollisuuteen. Jo 200 vuotta toiminnassa olleen Ruotsin rautakonttorin tiedotuksissa ja insinööriakatemian (IVA:n) julkaisuissa on ilmestynyt hänen tuotteliaan työnsä tuloksena yli 250 tutkimuslausesta menetelmäpatenttien lukumäärän ollessa myös suuri. Bergströmin laatimasta hiiltäjän käsikirjasta ilmestyi v. 1947 neljäs uusittu painos, joka käsittää myös joukon kiintoisia hiiltoteollisuuden tilastotietoja. V. 1907 perustetussa Tukholman hiiltolaboratoriossa toimi sota-aikana 20 henkilöä, joista 3—5 oli korkeakoulukemistejä. Tämän tutkimuslaitoksen vuosibudjetti oli n. 120 000 kruunua. Laboratorion kiinteätä yhteyttä teollisuuteen osoittavat »Produkter ur trä»-kirjasarjassa julkaistuihin vuosikertomuksiin liittyvät lukuisat puoliteknillisten ja teknillisten hiilto-ym. laitteiden kuvat. Tervaskantojen hiilto on kuitenkin tutkimuksessa ollut enemmän taka-alalla, koska sen voiteluöljyrynnistykseen merkeissä tapahtunut elpyminen jäi Ruotsissakin 1940-luvulla lyhytaikaiseksi. Vv. 1939—42 suoritetuissa kokeissa todettiin mm. hiiltokaasujen kierrätyksen lyhentävän pyrolyysiajan puoleen kiinteissä tervasetortteissa, ja niin ikään kehitettiin tervashiiltämöille soveltuvia tärpätinlauhduttimia, joissa kuparin asemesta oli materiaalina valurauta. Vv. 1943—46 jatkettiin eri hiiltämötyyppien kehitystyötä ja parannettiin tervatehtaiden käyttötaloutta. Aivan pienen laboratoriohiiltimen lisäksi oli tutkimuslaitoksessa ainakin neljä puoliteknillistä, 100—300 hl:n vetoista koehiiltokojeistoa (Anon. 1941.) Ruotsin hiillonkehitystyöstä suoritettiin osa IVA:n polttoteknillisessä laboratoriossa (kts. esim. Nauckler 1943; Stenberg 1941, 1943 ja 1944; Troye 1943; Widell 1943).

Bergströmin mukaan saadaan erilaisten puiden hiillossa täyskuivasta painosta laskien likipitien seuraavat tulokset (1947; vrt. Siintola 1917):

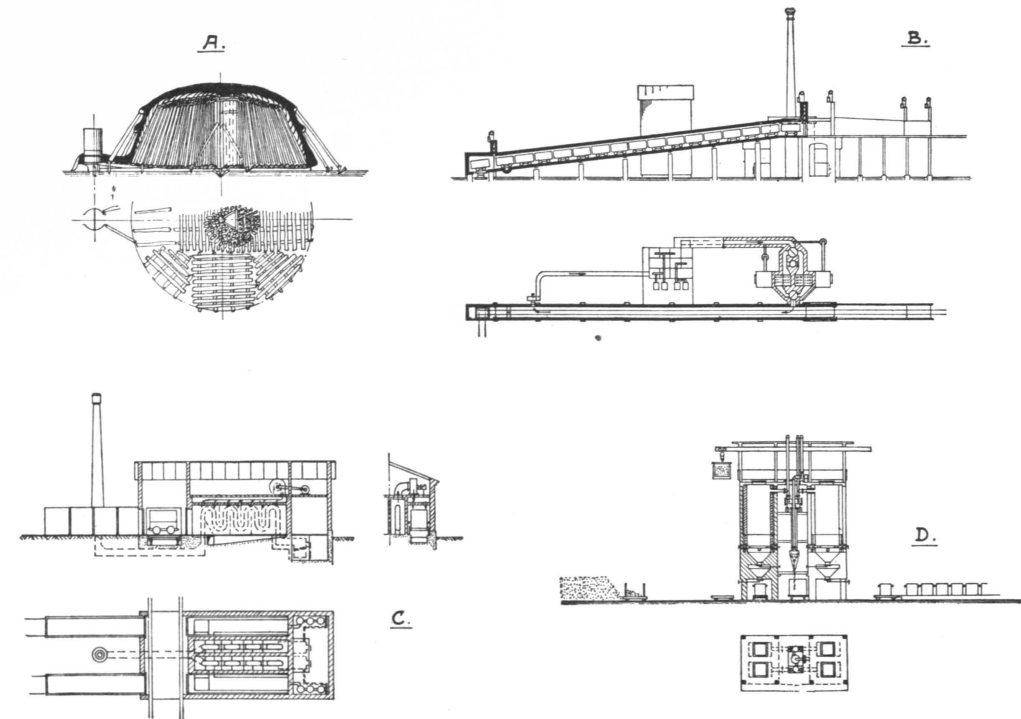
	havupuu- runko	kelo- honka	koivu	kanto- tervas
k-m ³ -kuivapaino	420	460	550	500
p-m ³ - »	210	235	335	240
hiiltotulos, %				
puuhiiltä	33	32	30	25
A-tervaa ja öljyä	7	10	8	24
B-tervaa	3	3,5	3	2
raakametanolia, 100-%:sena	1	1	1,4	0,7
raakaetikkahappoa, 100-%:sena	1	2	4,5	1,5
pyrolyysivettä noin	26	26	28	22
lauhtumatt. kaasuja noin	20	20	20	18
yhteensä, %	92	94,5	95	92

Ensimmäisen pystysarakkeen luvut tarkoittavat sekalaista mänty- ja kuusihaarvennuspuuta, jonka pinokuutiometrin alhaisen kuivapainon lieenee ymmärrettävä johtuvan puun runsaasta lahovikaisuudesta ja epämääräisestä runkomuodosta. Tervaksien kuutiometripaino tuntuu kiintomittaisena alhaiselta ja irtomittaisena hieman korkealta. Esitetyt luvut osoittavat selvästi, että männyn kantopuun hiillossa on veteen liukenemattoman tervan saalis huomattavan suuri. Vesiliukoisen B-tervan, etikan ja metanolin saaliit ovat taas niin vähäisiä, ettei suhteellisen pienissä kannonhiiltämöissä kannata ryhtyä niiden melko vaivalloiseen talteenottoon. Kun asetelmalukujen edellyttämän hyvän tervaksen pihkapitoisuus on 20–25 %, havaitaan runkopuunhiillon tervatuloksiin vertailtaessa, että pihkan aineosistakin vain osa on jäljellä kantotervassa. Hawleyn mukaan kantopihkan haihtumattomasta jakeesta saadaan tervana talteen n. 80 % (1926).

Tervaksien pihkapitoisuuden ja p-m³-painon vaihdellessa varsin suuresti ovat hiiltosaaliit myös eri tehtaissa toisistaan poikkeavia. Bergströmin mukaan tervasten retorttahiillossa saatiin Ruotsissa 1940-luvulla p-m³:stä likimain seuraavat tulokset: 30–55 kg tervaa, 6–12 kg raakatärpättä ja 0,30–0,45 m³ puuhiiliä (1947; vrt. A. Hellström 1943). Luvussa VI esitetään mm. kotimaassa tehtyjen terva-analyyysien valossa kantotervan kokoomuksesta tietoja, jotka osoittavat, miten tervaksen pihkan voiteluöljyn valmistuksen kannalta tärkeimmät aineosat hiillossa muuttuvat.

Hiiltotekniikan kehitys meillä ja muualla

Vähäpihkaisen puuaineksen pyrolyysissa on hiili päätuote. Alkuperäisimmässä muodossaan on hiiltoa tässä mielessä suoritettu pienissä maakuopissa. Hiilen tultua rautateollisuuden tärkeäksi raaka-aineeksi alettiin käyttää miiluja, jotka ovat Ruotsissa pystyneet näihin päiviin saakka kilpailemaan tehdashiiltämöjen kanssa. Tämä johtuu siitä, että saadun puuhiilen osuus on vain noin seitsemännes itse hiiltopuun painosta. Kuljetuskustannukset ovat näet metsä- ja tienvarsimiiluja käytettäessä tietyissä tapauksissa kohtuullisia. V. 1939 oli miilujen osuus Ruotsin runkopuuhiilen tuotannosta vielä vajaat



* Kuva 19. Erilaisia runkopuunhiiltämöjä.

A. savupiippumiilu, B. Aminoffin tunneliuuni, C. Magnussonin putkilämmitteinen vaunuhiiltämö, D. Kirkkomäen hiiltämö.

Fig. 19. Sketch of different pyrolyzing plants for stem wood.

80 %, mutta viime sodan aikana rakennetut suuret tehdashiiltämöt alensivat v. 1944 miiluhiilen osuuden alle 40 %:n (Bergström 1950). Rakennettaessa miilun sivuun savutorvi saadaan poistokaasujen lämpö paremmin hyväksi käytetyksi hiiltopuun kuivaukseen, veto ja hiilto tasaisemmaksi kautta koko miilun sekä hiiltotulos suuremmaksi. Tämä miilutyyppeä saatiin Ruotsissa kehitetyksi valmiiksi v. 1933. (Lindman 1941).

Kertapeitteisten miilujen asemesta alettiin varsinkin sahajätteiden hyltöön 1800-luvulla käyttää tiili- ja rautarakenteisia hiiltotiloja, miilu-uuneja, joissa miilujen tapaan lämpö kehitettiin palamisen avulla itse hiiltotilassa. Pitkän hiiltoajan ja hiillon vaatiman tarkan valvonnan vuoksi rakennettiin miiluuunit suhteellisen suurina, 100–300 m³:n vetoisia. Sitten siirryttiin pienempiin miilu-uuneihin, jollaisia ennen viime sotaa vielä käytettiin Suomessakin eräissä Pohjanlahden jokisuusahoissa.

1900-luvun alussa levisivät Amerikasta Eurooppaan erilaiset vaunuhiiltämötyypit. Näitä muovattiin ja kehitettiin hieman Ruotsissa, jossa runkopuun

vaunuhiiltämöjä sitten esiintyikin milloin minkin nimisiä. Kuvassa 19 (B ja C) esitetään näistä hiiltämöistä pari edustajaa (vrt. Lindgren 1943).

Ennen viime sotaa oli suurin runkopuunhiiltoa harjoittava yhtymä Ruotsissa Skogens Kol Ab, jonka Kilaforsissa ja Orrnäissä sijaitsevilla tehtaissa hiilletään $270\,000\text{ p-m}^3$ havupuuta vuodessa (Murto 1945 a). Näissä hiiltämissä on yhteensä 9 ins. G. Magnussonin suunnittelemaa vaunuuniyksikköä. Hiiltokammion keskellä on putkiparisto, jota kammion alla olevasta tulipesästä tulevat polttoaasut kuumentavat. Pariston molemmin puolin on 4–5 vaunusiirtoista 10 m^3 :n vetoista hiiltokoria. Hiiltokammion päädyt ovat ovilla suljettavat. Pyrolyysin päätyttyä työnnetään hiilivaunut ulkopuolisiin vesivalutuksin jäähdytettynä rautaseinäiseen jälkikammioon. Polttopuun säästämiseksi rakennettiin sota-aikana hiiltovaiheen eteen esikuivauskammio, jonka ansiosta saavutettiin melkein 50 %:n polttoaineen säästö. Itse hiiltokammioiden kattoon on asennettu hiiltokaasujen kierrätyspuhallin, jonka avulla kaasutilan ja hiilletävän puun välinen lämpötilaero saadaan pienemmäksi ja hiilto nopeammaksi lämmönsiirtymiskertoimen paranemisen kautta. Samalla myös lämpötila kammion eri osissa tulee tasaisemmaksi. Runkopuuterva poistuu kammioista putkea myöten vesihöyryn ja hiiltokaasujen mukana, ja se lauhdutetaan useassa sarjaan kytketyssä putki-jäähdyttimessä.

Tämä hiiltoperiaate oli meillä käytännössä Rahkeen tehtaassa, joka josta-kin syystä jäi teknillisiltä tuloksiltaan alemmalle tasolle kuin vastaavat ruotsalaiset hiiltämöt.

Amioffin hiiltämötyypeissä lienee ensimmäisen kerran käytetty kierto-kaasujen ulkopuolista lämmitystä. 1940-luvun alussa rakennettiin Ruotsiin tämän periaatteen mukaan toimivia suurhiiltämöjä, joissa hiiltotilan muodostavat kiinteät rautaiset pystyretortit (Bergström 1947). Suomessa on tämän tyyppin edustajana ollut hieman pienemmäksi mitoitettu Savonlinnan hiiltämö, jonka periaate selostetaan tuonnempana. Sinänsä merkittävää ja hiiltoalan hitaanlaista kehitystä kuvaavaa on, että maahamme samanaikaisesti rakennettiin kaksi ins. G. Magnussonin 30 vuoden väliajoin kehittämää hiiltämötyyppiä, vanhempi Rahkeen (kuva 19 c) ja uudempi Savonlinnan tehtaaseen (kuva 31 sivulla 109). Molempia näitä laitoksia käytettiin öljyrynnistyksen aikana kantotervasten hiiltoon, ja jäljempänä esitettävät tulokset osoittavat uudemman laitoksen etevämmyyden.

Sodan aikana tuli autohiilen teko Suomessakin hyvin ajankohtaiseksi, ja tehdashiiltämöjen puutteessa jouduttiin suurelta osalta turvautumaan myös miiluhiiltoon, kunnes sitten huomattiin puupilkkeen käytön moottorinpolttoaineena olevan edullisempaa. Eräänä vuonna hiillettiin mm. Oulu Osakeyhtiön selluloosatehtaan puukentän liepeillä useita kymmeniä tuhansia kuu-

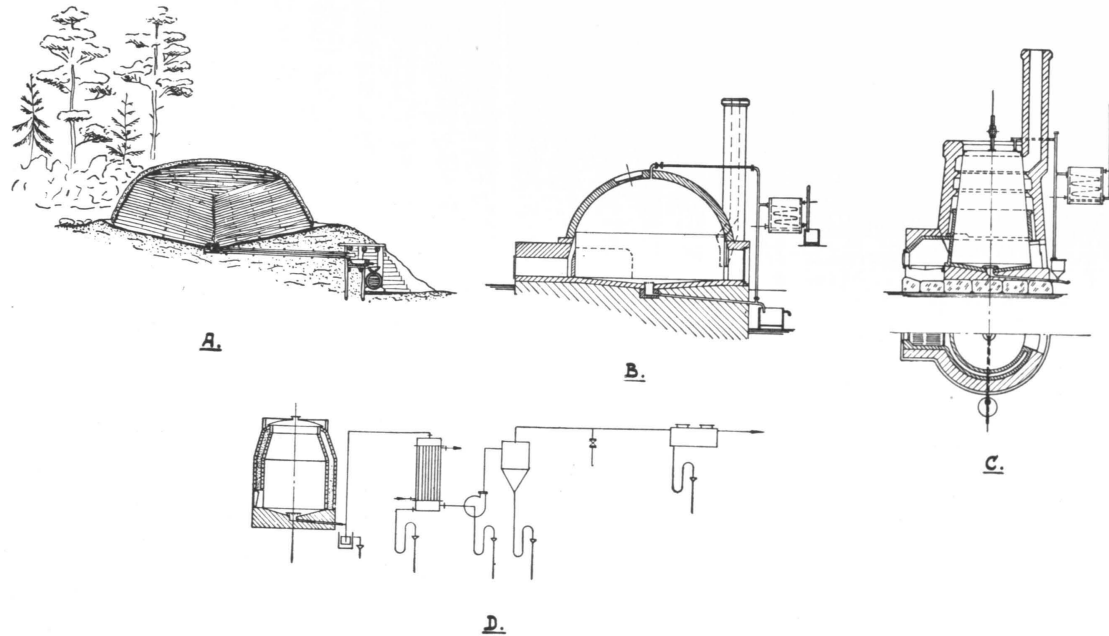
tiometrejä mäntypöllejä autohiileksi. Vv. 1940–42 rakennettiin maahamme joukko pienempiä runkopuunhiiltämöjä. Dipl.ins. T. Kirkkomäki suunnitteli miiluperiaatteisen jatkuvasti toimivan kuilu-uunin, jota pystytettiin 80 erikokoista yksikköä. Tällainen kuvassa 19 D näkyvä hiiltämötyyppi on edelleen käytännössä Säteri Oy:n viskoosikuitutehtaalla Valkeakoskella (vrt. Cederquist 1943). Edellä mainitut Rahkeen ja Savonlinnan hiiltämöt saatiin käyntiin vasta vuoden 1944 puolella.

Runsaspihkaisesta puusta valmistettiin tervaa hautahiil- lolla jo Rooman muinaisessa maailmanvaltiossa, jonka puisessa sotalaivastossa tervapiki oli tuiki tärkeä tarveaine. Ruotsi-Suomessa ja Venäjällä tiedetään tervan hautapolton olleen yleisesti tunnettu jo ainakin keskiajalla. Niinpä Olaus Magnuksen vuonna 1539 laatimassa Pohjolan kartassa on Haaparanta-Tornion ja Oulun satamia luonnehdittu tervatynnyrikasalla.

Raaka-aineena käytettiin aikaisemmin männyn kelo- ja kolopuuta, joista hautatervaa tehdään Suomen salomailla kotitarpeiksi vielä tänäkin päivänä. Ennen pitkää alettiin sitten raaka-aineeksi käyttää myös runsaasti sydänpuuta sisältävien mäntypuiden kantojättejä, joiden vähäinen kulutus pirttien valaistuslähteenä (vrt. amerikkalainen »lightwood») ei enää riittänytään peittämään tarjontaa.

Soldan kuvailee jo aikaisemmin mainitussa kirjasessaan melko seikkaperäisesti hautatervan teon tekniikkaa sekä esittää laskelmia tervan valmistuksen työmääristä ja kustannuksista (1862). Kuvassa 20, jossa esitetään eräitä esimerkkejä tervaksenhiillon kehityksestä, nähdään myös hänen esittämänsä kaaviokuva tervahaudasta. Pohja tehtiin savesta ja tallattiin kovaksi, mutta vasta toisessa hiillossa saatiin kunnollinen tervatulospohjan kyllästyttyä tervalla. Kolotervakset, joiden tavallinen pituus oli 3,3 m, halottiin suhteellisen ohuiksi säliöiksi ja aseteltiin tiiviisti päällekkäin kymmenisen jalkaa korkeiksi latomuksiksi. Peitteenä käytettiin tiivistettyä sammalta, jonka päälle pantiin multaa ja hiekkaa. Miiluja poltettiin yleensä alkukesällä tervaspuiden ensin kuivuttua kevätuulessa. Ensimmäisenä polttopäivänä tarvittiin tervahaudan hoitoon kymmenen henkilöä, mutta myöhemmin sen pystyi huoltamaan 1–3 miestä. Vasta kolmantena päivänä sanotaan isosta haudasta alkaneen vuotaa tervaa ulos pohjatorvea myöten, jonka suulla ollut tappi aukaistiin siitä lähtien noin joka neljäs tunti. Miilun suuruudesta riippuen poltto kesti 6–12 vuorokautta. Soldan mainitsee tervatuloksen olleen keskimäärin 1,2 tynnyriä eli 150 kg yhtä kapusyltä eli 10 p-m³:iä kohti. too m³:n vetoisen tervahaudan käytössä Soldan laskee 100 tervatynnyrin tekoon tarvittun työtä seuraavat määrät (vrt. Juvelius 1747, ss. 26–27):

tervaspuun kolonta, kaato ja karsinta	230	miestyöpäivää
» kuljetus polttopaikalle, 2 km	230	»
» pilkonta ja kuivauspinonta	75	»
haudan teko, ladonta ja poltto	115	»
tynnyrit kruunauksineen ja tervaveden poisto	130	»
Yhteensä		780 miestyöpäivää



Kuva 20. Tervaksenhiillon teknillinen alkukehitys.

A. tervahauta, B. Raskin kehittämä tervahytistä, C. Löfhjelmin kiintoretortti, D. Lingbohiiltämö.

Fig. 20. The earliest technical development of tar wood pyrolyzing in Scandinavia.

Tervatonnia kohti oli miestyöpäivien luku 6,3. Laskelmassa on hevostyöpäivän katsottu vastaavan kahta miestyöpäivää, sen sijaan että metsätoissa ajomiehen palkka nykyisin on tekemiehen palkkaan verrattuna 2,5-kertainen. 100 km:n pituinen valmiin tervan hevoskuljetus lisäsi työtä arvion mukaan noin puolella, kun taas venekuljetus Oulujoessa matkalla Sotkamo—Oulu lisäsi työkustannuksia vain runsaasti neljänneksen. Tervaveneen kuljettajat ansaitsivat n. 80 kopeekan päiväpalkan, kun polttaja sai keskimäärin vain 29 kopeekkaa päivässä. Reijärveläisen tervan tekoon meni kaikkine kuljetuksineen tervatynnyriä eli 120 tervakiloa kohti 12 miestyöpäivää, mutta sotkamolaisen tervan valmistukseen riitti 10,6 työpäivää. Vilkan mukaan (1935) on eräissä Pohjanmaan joissa kuljetettu tervatynnyreitä uittamalla, jota tapaa USA:ssa 1860-70-luvuilla käytettiin joskus maaöljytynnyreille. Pohjanmaan tasaisessa maastossa oli hevoskuljetus paljon halvempaa kuin Savon ja Karjalan mäkisillä seuduilla. Varsin erikoiset kesäaikaiset kuljetusneuvot olivat palkkuut, joissa itse tervatynnyri oli rattaana.

Kivihillen kuivatislauksen päästyä Keski-Euroopassa jonkinlaiseen alkuun ryhdyttiin myös puun ja tervasten hiillossa kokeilemaan tehdastekniikan hyväksi käyttöä, kuten edellä jo todettiin runkopuunhiillon historiikin yhteydessä. Soldan (1862) nimittää tehdashiiltoa puun varsinaiseksi »härmitykseksi» ja toteaa sen pääeduksi kaikkien sivutuotteiden talteen saannin.

Tervatehtaan kojeistoon kuului jo näihin aikoihin retortti eli »härmitysastia» ja lauhdutin, joka jälkimmäinen oli vesijäähdytteinen kuparista, teräslevystä, puusta tai tiilestä tehty torvi. Parhaana lauhduttimena pidettiin vastavirtaperiaatteisesti jäähdytettyä kierukkakojetta. Soldan suosittelee sitä paitsi ranskalaisen P o w e l s i n kivihillen kuivatislauksessa käytäntöön ottaa »sukkela» ja hämmästyttävistä» tapaa polttaa lauhtumattomat kaasut ja näin säästää polttoainetta.

Miilupolttoisista tehdashiiltämöistä harkittiin jo 1860-luvulla S c h w a r t z i n uunin hyväksikäyttöä, mutta hautapolttoa pidettiin yksinkertaisuutensa vuoksi etevämpänä. Välillistä lämmitystä käyttävistä tervashiiltämöistä Soldan mainitsee muuratun vaippauunin, joka mehiläiskeon muotoisena tervahytinä oli Suomessa vielä 1920-luvun alussa käytännössä (mm. L a s s i l a 1945). Rautaretorteista taas olivat tunnettuja Keski-Euroopassa ja Venäjällä suosittu pieni makaava, valurautainen ja »kiinni muurattu rautakirstu» samoin kuin kiinteät ja taljanostoiset teräslevystä tehdyt pystyretortit. Taljaretorttien sopivimpana kokona pidettiin 3,3 m³:iä, ja hiiltoajan tiedettiin tällaista retorttia käytettäessä olevan 18—24 tuntia. Jäljempänä selostettavalla Grudénhiiltämöllä on täten ollut jo melkein satavuotiset perinteet.



Kuva 21. Suomalainen hyttitervatehdas (Tschirch ja Stock 1933).

Fig. 21. Finnish beehive kiln for tar-distilling (Tschirch and Stock 1933).

Hytti- ja retorttihillossa Soldan laski saatavan n. 40 % paremman tervansaaliin kuin hautapoltossa. 4 200 p-m³ vuosittain hiiltävän 3-uunisen hyttitervatehtaan käyttökustannuslaskelma oli seuraavanlainen:

pilkotut tervaspuut, 420 kapusyltä à 3:50	1 470	ruplaa	44,4 %
polttohalot, 420 kapusyltä à 1:50	630	»	19,0 »
4 × 300 miestyöpäivää à 0:30	360	»	10,8 »
tynnarit ja muut astiat	250	»	7,5 »
korko, kuoletus ja korjaukset	250	»	7,5 »
600 tervatynnyrin kuljetus satamaan	360	»	10,8 »
Yhteensä	3 320	ruplaa	100,0 %

Kannattavuusennakkolaskelma muodostui puolestaan seuraavaksi:

5 250 kannua kamfiiniöljyä à 0:60	3 150	ruplaa	64,1 %
341 tynnyriä paksua tervaa à 4:—	1 364	»	27,8 »
70 » ohutta » à 3:—	210	»	4,3 »
3 780 » sysiä à 0:05	189	»	3,8 »
bruttomyynti	4 913	ruplaa	
valmistuskustannukset	3 320	»	
arvioitu voitto	1 593	ruplaa	

Kun tehtaan perustamiskustannukset arvioitiin 1 000 ruplaksi, olisi voitto näin muodostunut varsin suureksi. Soldan huomauttaa kuitenkin, että puuraaka-aineen hinta-arvio on laskelmissa alhainen, joten voitto olisi itse asiassa tiennyt parempaa hintaa puulle sekä mahdollisuutta maksaa hiiltäjille myös parempi palkka. Laskelmasta on helppo havaita, että sivutuotteiden talteenotto olisi 1860-luvun hintojen perusteella vaikuttanut varsin ratkaisevasti tervatehtaan kannattavuuteen. Puhdas tärpähti maksoi Suomen satamissa siihen aikaan 80 kopeekkaa kannulta, joten raakahiiltotärpähtin hinta on kyllä arvioitu liian korkeaksi. Sen määrä oli laskettu 20 %:ksi tervansaaliista, joten sen laatu olisi ehkä ollut hieman parempi kuin nykyään. Tärpähtin hinta oli tervan hintaan verrattuna kymmenkertainen. Laskelma on sikäli varovainen, että suuri osa huonompilaatuista tervaa, 40 % koko tervansaaliista, on jätetty kokonaan hinnoittamatta. Vaikka hytti- ja retorttihillossa arvioitiin saatavan 40 % parempi tervatulos kuin hautapoltossa, pidettiin viimeksi mainittua kannattavampana siinä tapauksessa, että vain terva voitiin markkinoida. Soldanin ajatukset pitävät hyvin yhtä Hohensteinin esityksen (1857) kanssa, jossa hautapolton tuloksen todetaan usein menevän nolleen tuulen vaikutuksesta.

Jos koko Suomen hautatervan teko olisi tämän mukaisesti teollistettu, olisi tarvittu 300 hyttitervatehdasta, joiden perustamiskustannukset olisivat olleet 300 000 ruplaa. Soldanin laskelmien mukaan tämä olisi tietänyt tervantuotannon nousua 150 000 tynnyristä 207 500 tynnyriin, ja sivutuotteiden myynti olisi nelinkertaistunut tästä elinkeinosta saadun tulon nettohyödyn ollessa näin yli miljoonan ruplaa vuodessa.

Esitettyä kehitystä ei valtiovalta kuitenkaan ryhtynyt edistämään maassamme luultavasti siitä syystä, että kolopuunjalous oli saanut päätuotteelleen pahan kilpailijan kivihiiltitervasta. Hautaterva säilytti, kuten edellä jo mainittiin, johtavan asemansa tehdastervaan nähden aina 1920-luvulle saakka.

Tehdasmainen kantotervan valmistus pääsi kuitenkin jonkinlaiseen vauhtiin 1890-luvulla, ja erityisen suosion tervatehtailussa saavutti näihin aikoihin kiinteä, savukaasuilla välillisesti lämmitettävä kuiluretortti. Maahamme oli jo perustettu pieniä konepajoja, joiden teknikot yhdessä kekseliäiden hiiltäjien kanssa koettivat antaa oman panoksensa tervatehtaiden kehitykseen. Siintolan mukaan (1917) kehitystä edisti suuresti se, että valtio lähetti 1800-luvun lopulla stipendiaatin Venäjälle tutkimaan tehdasmaista kantotervan valmistusta, jonka tuntemuksen perusteella — Ruotsissa ja Suomessa lisäksi retkeilyään — Hohenstein yritti perustaa Itävallan laivastolle omaa tervateollisuutta (1857).

Suomen hautatervakaupan keskukseen oli v. 1873 perustettu Oulun Konepaja, ja tämän yrityksen omistaja sekä johtaja, ins. K. Löfhjelm ryhtyi järjestelmällisesti kehittämään tervauuneja, joita jo v. 1889 mainitussa hinnaajalaivojen ja sahateollisuuskoneiden tekoon keskittyneessä konepajassa valmistettiin useita (Outakoski 1949). Vv. 1892—95 tehtiin voimakasta tervaretorttien kehittämistyötä, josta oli tuloksena kokonaista 12 patenttia ja suuri joukko toimituksia, myöhemmin myös Venäjälle ja Ruotsiin. Ins. Löfhjelm oli jatkuvassa kosketuksessa asiakkaidensa kanssa, ja innokkaimpia avustajia oli valtiopäivämies, kauppias J. A. Heikkinen, joka näihin aikoihin oli Suomessa tunnettu »maailman suurimman tervanpolttajan» kunnianimellä.

Löfhjelm ja Oulun Konepajan tervauunin nimisenä tunnettu kiinto-retortti oli 8—21 m³:n vetoinen, ja sen kuilulla oli ylöspäin suippenevan katkaistun kartion muoto. Retortin ulkopintaa pyyhkivät savukaasut kulkivat väliseinäohjauksin porrasmaisesti alhaalta ylöspäin, ja niiden kulkunopeus oli siten suuri ja lämmön siirtyminen hyvä. Retortin alaosa suojeltiin pistoliekkiä vastaan ohuella muurauksella samaan tapaan kuin voiteluöljyrynnistyksen aikana Grudén-retortteja ja tervaöljytehtaiden pyrolyysipatoja. Vaasan maatalousnäyttelyssä v. 1894 suoritettiin 12 m³:n Löfhjelm-retortilla kanto-tervasten koehiilto, jonka ennätysmäiset hiiltosaaliit on esitetty helmikuussa 1895 päivätyssä esittelyvihkosessa »Ohjeita Tervanpoltossa Oulun Konepajan Patenteeratuilla Tervanpoltouuneilla». Hiillettyjen tervasten täyskuivaa painoa ja niiden pihkapitoisuutta ei tämänluonteisissa kirjoitelmissa ole myöhemminkään mainittu, joten tuloksia ei voi rinnastaa 1940-luvun teknillisiin saavutuksiin. Outakosken selostama valmistajan antaman uunin takuun sanamuoto joka tapauksessa osoittaa, että kysymyksessä oli merkittävä hiiltoretortin kehittelmä. G. Komppa (1908) on kertonut Lauri Keräsen tekemästä retortin parannuksesta, jolle oli ominaista 1940-luvunkin talja-retorttirakenteissa käytetty irtoton täyttöloukku savitäytteisine uurretiivisteineen. Löfhjelm-retortissa taas koko yläpääty oli irrotettava ja kiiloilla pai-

koilleen kiinnitettävä. Keräsen sovitelmaa valmisti Veljekset Friisein konepaja Kalajoella, ja se pääsi Kompan esityksen mukaan kilpailussa myöhemmin voitolle.

Näitä monessa suhteessa toistensa kaltaisia, myös »Suomalaisen terva- ja tärpätti-uunin» nimellä tunnettuja retortityyppejä käyttävissä tervaksenjalostamoissa otettiin talteen nimenomaan raakatärpä, jonka hinta 1890-luvulla oli tervaan verrattuna n. 1,5-kertainen. Puuhapon ja tärpätin lauhdutusjärjestelmä oli niin ikään sovitettu porrastetuksi, joten pikiöljy saatiin tiivistymään ennen tärpättiä (G. K o m p p a 1908). Lauhtumattomien hiilto-kaasujen hyväksikäytön mahdollisuus oli unohtunut, ja ne laskettiin polttamatta ulkoilmaan. Hiiltolämpötilaa seurattiin jo siihen aikaan »hehkumittarista», ja korkein lämpötila oli 420—450 ° (L a s s i l a 1945, O u t a k o s k i 1949). Varsinainen hiilto kesti kolmen vuorokautta, ja sen loputtua lakattiin lämmittämästä retorttia. Edellä mainituissa Oulun Konepajan ohjeissa kehoitettiin lämpötila pysyttämään 180 °:ssa 30—40 tuntia, minkä jälkeen lämpötila sai nopeasti nousta 240 °:seen, jossa tervan tulo alkoi¹. Retortin sisus jäähdytettiin noin 150 °:seen johtamalla sisään yläkannen venttiilin kautta n. 100-asteista höyryä pari kolme tuntia, mikä jäähdytystapa lieene parantanut hiilen laatua. Hiillon alettua tavallisesti tiistai-iltana sai retortti hiillon perjantai-iltana päätyttyä jäähtyä maanantaiaamuun saakka. Maanantai- ja tiistaipäivät käytettiin sitten retortin tyhjennykseen ja uuteen panostukseen. Hiiltoikiertoaika oli näin sopivasti yksi viikko, joka sopeutui kai hyvin sen ajan elämän tahtiin riittävine sunnuntailepoineen. Tervan ja sivutuotteiden saaliin suhteen tämä kiintoretortti oli ilmeisesti nykyaikaisten tyyppien veroinen, mutta polttopuuta kului perusteellisen jäähdytyksen vuoksi runsaasti, 60—80 % hiilletystä tervaskuutiomäärästä. Tämä tervatehdastyyppi oli Suomessa vielä melko tavallinen 1920-luvullakin.

Saattamalla Suomen patenttiviraston pyrolyysi- ynnä terva-alan patentit hyvään järjestykseen ja laatimalla niistä kirjallinen yhteenvedo olisi 1940-luvulla varmaankin saatu paljon käyttökelpoisia teknillisiä ajatuksia niin hyvin terva- kuin voiteluöljytehtaiden kojeistoihin »hehkumittari»-ratkaisuja myöten. Helsingin Yliopiston metsäteknologisen osaston pienoismallikokeelman, Suomen muinaismuistoyhdistyksen vuosikirjojen ja Oy Tervaöljy Ab:n arkiston ohella on patenttivirastomme toistaiseksi kaiketi valtakunnan ainoa hiiltotekniikan alan museon nimen ansaitseva paikka.

Tervashiillon teknillisessä kehittämisessä on myöhemmin pyritty lyhentämään hiiltoaikaa tehtaan pääomakustannusten pienentämiseksi, samalla kun ruumiillisen työn osuutta on yritetty vähentää. Polttoaineen säästössä päästiinkin jo 1900-luvun alkaessa melko hyviin tuloksiin ottamalla käytäntöön siirrettävät rautaretortit, jotka rakennettiin joko lämmityskuilusta nostettaviksi tai lämmityskammion päädyssä ulos vedettäviksi. Kun retortin suuruus valittiin vanhan tottumuksen vuoksi melkoisen suureksi, osoittautui vaununpyörien päälle asennetun makaavan retortin vetäminen kätevämmäksi kuin käsikäyttöisellä taljallakin enemmän työvoimaa kysyvä tervastäytteen pystyretortin nosto. Tämän kehityksen tuloksena on vanhempien tervatehtaidemme tyyppinä 1940-luvullakin ollut ns. vaunuretorttimenetelmä, jonka periaate

¹ H a w l e y n havaintojen mukaan retortin pohjalle kerääntyy melkoisesti hajoamatonta hartsia, jos lämpötila pitemmän aikaa pysytetään 180—200 °:ssa (1926).

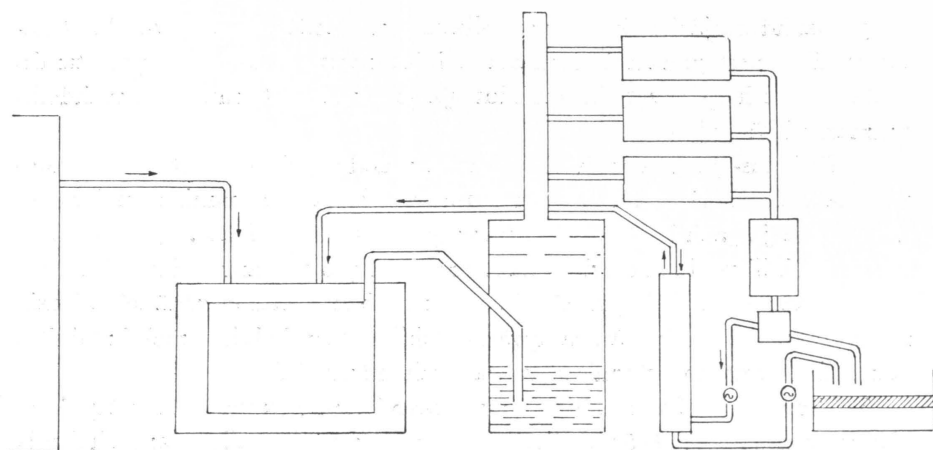
selvitetään hieman tuonnempana. Nämä tehtaot on yleensä rakennettu 1920-luvun alussa.

Vuotta paria aikaisemmaksi sattuneen öljyrynnytyksen aikana oli läntisessä naapurimaassamme käynnissä kaiken kaikkiaan 5—600 tervashiiltämöä (B e r g s t r ö m 1950). Sikäläinen kojeiston kehitys, josta on toistaiseksi julkaistu vain suppeita esityksiä tulee osaksi esille Suomen tervatehtaiden kehitystä vuosilta 1943—46 tarkemmin tarkasteltaessa. Tässä yhteydessä tulokoon mainituksi, että meillä kolmeen tehtaaseen sovelletun R a m é n-hiillon perustyyppi oli Ruotsissa jo yli 50 vuotta sitten käytännössä L i n g b o -menetelmän nimellä (B e r g s t r ö m 1947). Siinä käytettiin miiluperiaatetta, kuten k u v a s t a 20 D sivulla 80 selviää. Tiilirakenteisten uunien tilavuus oli 6—16 m³. Varsinainen hiiltoaika oli 1—1,5 vuorokautta, ja kiertoaikaa pitensivät hitaanlainen täyttö (2 tuntia), jäähdytys (6 tuntia) ja maan rajassa olleesta sivuluukusta suoritettu tyhjennys (2 tuntia).

Lingbo-retortin täytön jälkeen sytytetään sen sisälle täyttöluukusta tuli, joka palaa siellä koko hiillon ajan aivan kuin miilussa ja tervahaudassa tai oikeammin sanottuna tervasmiilussa. Näin vapaudutaan lisäpolttoaineen käytöstä, mutta tärpätin- ja hiilensaalis pyrkii olemaan alhaisenpuoleinen. Terva poistuu uunista kartiomaisen pohjan keskikohdasta putkea myöten sekä lauhtuu ja erottuu puuhapon sekaisena höyryistä ja kaasuista neljässä eri portaassa, nimittäin saappaassa, pintalauhduksessa, puhaltimessa ja pyörreytimessä. Hiiltoa on siis koetettu nopeuttaa ja tehdä helpommin hallittavaksi keinovaldella samaan tapaan kuin miilupolttoa erillisellä savupiipulla. Lauhdutusjärjestelmä on yhdistelmä vesi- ja ilmajäähdyttimistä. Lingbo-hiiltämöjä oli Ruotsissa toiminnassa vielä 1940-luvullakin. Tärpäti jää tässä menetelmässä tervan joukkoon (vrt. A. H e l l s t r ö m 1943).

Meillä kokeilemattomista hiiltotavoista mainittakoon pari A B. S v e n s k a F l ä k t f a b r i k e n i n kehittämää tervatehdastyyppeä. Toisessa käytettiin 12 m³:n vetoisia rautaisia kiintoretortteja, joiden välillinen kuumennus tapahtui suuremmissa laitoksissa puhaltimella kierrätetyillä savukaasuilla. Näin saavutettiin se etu, että tulipesän lämpötila voitiin korottaa n. 900 °:sta 1300 °:seen savukaasujen joutumatta silti liian kuumina hiiltoretortin yhteyteen. Lämmityksen hyötysuhteen väitetään näin nousseen 80—85 %:iin sen sijaan, että tavallista savupiippuvetoa käytettäessä se oli vain n. 60 % (L ö f g r e n 1942). Viimeksi mainitussa tapauksessa käytetään suurempaa ilmaylimäärää, ja tulikaasujen hyödyksikäytetty lämpötilan putous tapahtuu välillä 900—350 °. Kaikissa tämäntyyppisissä SF-hiiltämöissä käytettiin sitä paitsi hiiltokaasujen sisäistä kiertoa esilämmitys- ja jälkilämmitysvaiheen aikana.

Mielenkiintoiseksi hiiltoteknilliseksi kokeiluksi muodostui kestoperiaatteen SF-hiiltämö, jonka periaate esitetään k u v a s s a 22. Käytettäessä lastu-

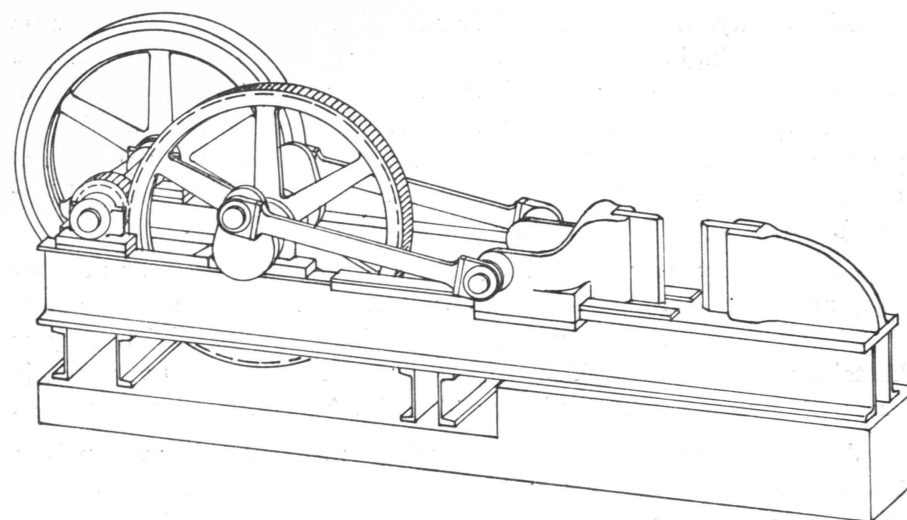


Kuva. 23. Erään ranskalaisen tervatehtaan kojeistokaavio.

Fig. 23. Equipment of a French stumpwood pyrolyzing plant.

avarahkoon keskusputkeen, jonka kautta kuumat polttokaasut kulkeutuvat hiiltotilaan. Itse sylinteri ja siihen hieman arinoiden yläpuolelle kiinnitetyt kaapimet on valmistettu hiiliteräksestä. Raaka-aineena käytetty männynkannot ja kelolatvukset (*Pinus palustris*) pienennetään kahdella sarjassa toimivalla Jeffrey-murskaimella. Saadun tervan kevyestä tislusjakeesta (18 %) erotetaan kaksi kolmannelle tärpätiksi lopun ollessa pine öiliä, laxolia (kp. 0–120°) ja pinapia (kp. 120–145°). Tervansaaliin väitetään olevan n. 25 % parempi kuin vaunuretorttilaitteilla. Yhden yksikön teho on 110 p-m³ tervasta/vrk, ja hiiltoaika on 11–15 minuuttia. Tehtaan puuhiilien tuotannosta käytetään puolet tehohiilen raaka-aineeksi lopun mennessä kananruoaksi ja sähköteräs-sulattamon tarpeisiin.

Kuvassa 23 esitetään vielä erään Ranskassa 1940-luvulla käytetyn vaunuretorttahiiltämön kaavio (Lombard 1946), jossa herättää huomiota »tervasaappaan» mitoituksen tavallisuudesta poikkeava suuruus. Mahdollisesti saadaan näin suuressa tervanerottimessa samalla suoritetuksi puuhapon tervasta erottelu käyttämättä lisälämmitystä. Ranskan kantoterva- ja hartsioöljyteollisuuteen olisi ehkä suomalaisten tervamiesten sopivassa tilaisuudessa tutustuttava. Ranskassa toimeenpantiin mm. v. 1925 keksijöille kilpailu parhaan mahdollisen, kannokosta toiseen helposti siirrettävän tervatehdastyypin luomiseksi (Bugge 1927, s. 79). Robiquet keksi siellä ensimmäisen siirrettävän pystyretorttityypin jo v. 1850 (Klar 1910).



Kuva 24. Mammut-kannonkatkaisin.

Fig. 24. Mammut stump breaker.

Hiiltopuun pienennys ja varastointi tervatehtaissa

Vanhimmat tervatehtaamme ovat jo pitkään aikaa käyttäneet tervasten pienennykseen Ruotsissa kehitettyä Mammut-katkaisukonetta, jota Suomessa on Lypsyniemen konepaja valmistanut vuodesta 1919 lähtien (Talvitie 1924). Kantopuun katkaisu tapahtuu siinä kahden muototeräs-alustalle asennetun terän välissä, joista toinen on kiinteä ja toinen vaakasuorassa tasossa liikkuva. Alkuperäisessä ruotsalaisessa koneessa oli molemmat terät teroitettu samaan tapaan kuin selluloosapuun hakkulastuttimen leikkausterät. Koneen vastaterän leikkaussivu on nykyisin tasapäinen, ja hoitosivun puoleinen kulmaus on pyörästetty. Liikkuva terä tehdään leikkaussivultaan kaksipuoliseksi kiilaksi, jonka kulma on n. 50°. Katkaistavan puun paksuuden määrää terien pituus, joka on 350 mm, sekä sähkömoottorin suuruus. Useimmiten on tervatehtaissamme katkaisukoneen käyttömoottorin teho 7–8 kW eli n. 10 HV. Kun tällaisten pienennyskoneiden terät nykyisin voidaan valmistaa korkealaatuisesta seosteräksestä, voitaisiin teriä luultavasti ohentaa ja niiden teroituskulmaa suipentaa, jolloin säästettäisiin teräainesta ja käyttöenergian kulutusta. Hiiltopuun pienennyshän on tervatehtaan suurin energian kuluttaja. Tervaksien epäsäännöllisen muodon vuoksi on koneeseen vaikeata

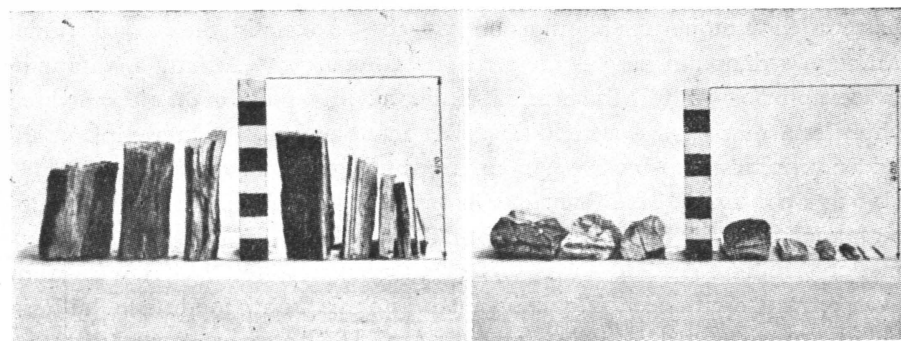
suunnitella erityistä syöttölaitetta. Mammut-koneen yksi leikkaus ottaa aikaa runsaan sekunnin, ja iskuluku on täten pienennyskoneiden teknillistä kehitystä ajatellen suhteellisen vaatimaton. Kannonkatkaisimen vaakasuorille liukupinnoille kerääntyy kulutusta edistävää hiekkaa. Rakenne olisi tässä suhteessa parempi, jos liikkuvan terän kulkusuunta olisi pystysuora. Tätä periaatetta onkin kantojen katkaisukoneissa käytetty aikoinaan Keski-Euroopassa (Klar 1910).

8-tuntisessa työvuorossa voidaan koneella pienentää n. 30–40 m³ kantoja, mutta tulos nousee urakkatyötä soveltaen helposti kaksinkertaiseksi. Tällöin on kuitenkin lähellä vaara, että puu jää liian pitkäksi. Näin täytyy kantojen pienennystä suurehkoissa tervatehtaissa suorittaa 2–3 vuorossa, ja ihmistyötä käytetään tähän yksinkertaiseen tehdastusvaiheeseen varsin paljon.

Verkkainen työskentelyvauhti tekee kylläkin mahdolliseksi samalla poistaa tervaksien mukana aina tulevan pintalahon, joka eristävänä kerroksena huonontaa lämmön siirtymistä hiillon aikana ja pilaa myös hiilen laatua. Selluloosatehtaissamme käytännössä olevilla hakkukoneilla voidaan pienentää jopa 50 p-m³ puuta tunnissa noin tuuman pituisiksi ja 3–4 mm:n paksuisiksi lastuiksi, mutta käyttömootorin tehoksi on tällöin otettava jo 150–200 kW. Hakkulastuttimen energieettinen hyötysuhde on voimassa olevan lastun muodostumisen teorian mukaan varsin suuri, jopa yli 80 %, kun taas malmin murskaimien ja jauhatuskoneiden vastaavan hyötysuhteen lasketaan olevan vain 1 %:n suuruusluokkaa. Kannonmurskainta ei ole tässä suhteessa tutkittu ja arvosteltu.

Ruotsissa on todettu hiillettävän tervakappaleen paksuuden vaikuttavan enemmän pyrolyysin kulkuun kuin sen pituuden. Sopivaksi tervaskooksi retorttihillossa on todettu 75–100 mm:n paksuus ja 200–300 mm:n pituus (Löfgren 1942; Magnusson 1943). Puun lämmönjohtokyky on syiden suuntaan suurempi kuin muihin suuntiin (Kollman 1951, s. 509), ja nesteiden sekä kaasujen kulun on selluloosateknillisissä tutkimuksissa todettu olevan helpointa syiden suunnassa.

Kuten sivulla 50 mainittiin, oli 1940-luvulla Suomen vaunuretorttiterva-tehtaiden käyttämä retorttitervas huomattavasti karkeampaa kuin kuva 25 esitetty ruotsalainen normaaliretorttitervas. Olisi mielenkiintoista saada laboratoriokojeistolla suoritetuksi järjestelmällisiä selvittelyjä tervaskappaleiden koon vaikutuksesta pyrolyysin tuloksiin ottamalla perustaksi mm. puukappaleissa pitkin hiiltoa tapahtuvan lämmön siirtymisen teoreettinen laskenta (vrt. Magnusson 1943). Kalkin polton teorioimisessahan tätä ajatusta on kehitetty pitkälle jo 1920-luvulla. On mahdollista, että terva tihkuu hiiltuvista puukappaleista ulos jatkuvasti pihkakanavia myöten, mikäli »epi-



Kuva 25. Retorttitervaksia (Löfgren 1942).

Fig. 25. Tar wood samples ready for pyrolyzing (Löfgren 1942).

teelityllit» eivät pidä näitä edelleen tukossa, kuten väitetään sydänpuussa olevan laita. Hohenstein totesi aikoinaan (1857), että paras retorttitervaksen pituus on 30–45 cm ja paksuus 5–10 cm. Klar on sanonut, että hiilto-aika on suoraan verrannollinen tervaskappaleiden paksuuteen, jonka maksimi pienisretorteissa on 5–15 cm. (1910). Siintolan mukaan hyvän tervashautahalon paksuus ei saa olla yli 3 cm (1917).

Edellä mainitussa kestoperiaatteisessa SF-hiiltämössä käytettiin hakkua kantotervasten pienennyskoneena ja polttoaineeksi käytetyn, lastutuksessa ja siihen liittyneessä ilmapuhalluksessa herkästi irtautuneen lahon sekä hienomurskeen poistoon käytettiin tasotäryseulaa. Myös amerikkalaiset kantopuun suuruuttamat käyttävät hakkulastutusta esipienennysvaiheena.

Eräät ruotsalaiset runkopuun suurhiiltämöt ovat käyttäneet hiiltopuun katkaisuun »slasher»-tyyppisiä ryhmäpyörösahoja (Bergström 1947). Jos metrinen tervaspuu katkaistaan pyörösahalla 200 mm:n pituisiin pätkiin, syntyy sahajauhoa 3–4 %. Kantopuun pienennyksessä on terien kuluminen ja särkyminen suurempi kuin selluloosapuun lastutuksessa, koska kantojen mukana kulkeutuu hiekkaa ja kiviä.

Oma mielenkiintonsa on hiiltopuun pienennyksessä edellä mainitun amerikkalaisen »Herreshof»-hiiltämön Jeffrey-murskainjärjestelmällä ja Saksassa suoritetuilla kokeiluilla lastuttaa kantotervasta joillakin parkkiuuttamoiden erikoistyyppisillä puun pienennyskoneilla (Kienitz 1936). Näiden etuna mainitaan olevan lastun koon tasaisuus, kun sen sijaan hakkulastutus antaa juurikoiden tapauksessa hyvin epätasaisen tuloksen.

Tervasten tekoa selviteltäessä kiinnitettiin jo huomiota oikean varastointitavan tärkeyteen, jotta tervaksien vesipitoisuus saadaan alenemaan. Juuri

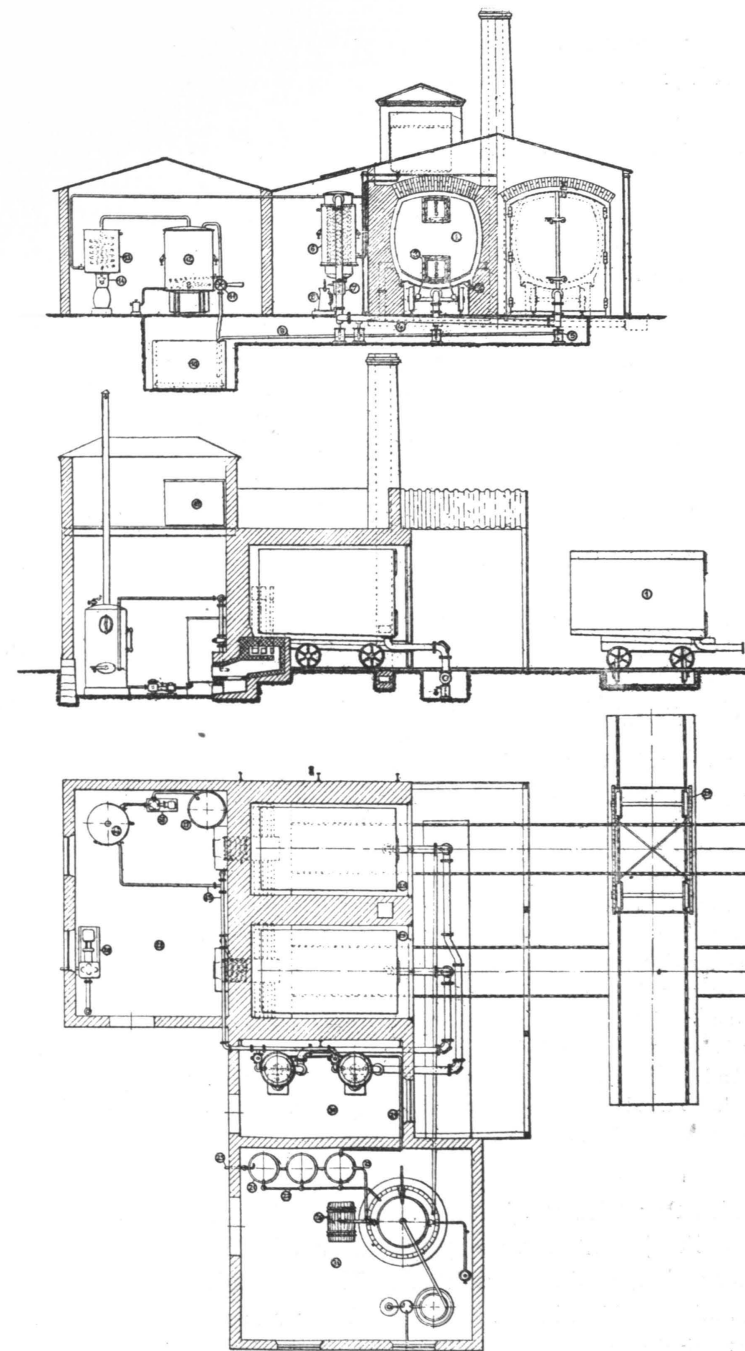
nostettujen kantojen vesipitoisuus on 40—50 % kokonaispainosta laskettuna. Männyn sydänpuun kosteus on tosin korkeintaan 35 %, mutta mantopuun sitä vastoin 60—70 %. Mitä enemmän hiillettäviin tervaksiin on pienennyksen yhteydessä suoritettu erottelussa jäänyt mantopuuta, sitä suurempi on siis niiden vesipitoisuus. Hyvän metsäkuivan kanto puun vesipitoisuus on n. 25 % (Löfgren 1942). Metsäkuivauksella pyritään siis poistamaan puolet kanto-tervaksien vedestä. Kantojen puhdistuksella ja kuivauksella on huomattava merkitys hiilto prosessissa, kuten eräät Ruotsissa suoritettut tehdastarkkailut ovat selvästi osoittaneet. Täyskuivaa tervastonnia kohti joudutaan hiillossa haihduttamaan vettä seuraavat määrät (vrt. Håkansson 1943):

tervaksien vesipitoisuus %	haihdutettava vesimäärä kg
20	250
25	333
30	435
35	540
40	667

Kun Suomen nykyisten tervatehtaiden tuotantokyky on aika ajoin menekiin ja osaksi raaka-aineen saantiin nähden liian suuri, olisi syytä harkita, voitaisiinko tervan tekoa maassamme muuttaa kausiluonteiseksi käyttämällä tehtaita vain sinä vuodenaikana, jolloin tervakset ja polttopuut ovat todella kuivia.

Suomen tervatehtaiden hiiltokeistot ja -tulokset 1940-luvulla

Vaunuretorttihiiltämöt. 1930-luvulla käynnissä olleista tervatehtaistamme olivat useimmat vaunuretorttihiiltämöjä, ja nämä tehtaat osallistuiivat kunniakkaasti myös öljyrynnistyksen aikaiseen tervan tekoon. Retortit ovat näissä tehtaissa 10—14 m³:n vetoisia, ja ne on asennettu makavaan asentoon 4-pyöräisille kiskoille kulkeville vaunuille. Retortti täytetään Mammut-katkaisimella pienennetyllä tervaspuulla ja sen jälkeen se vuorollaan siirretään eristetyillä rautaovilla suljettavaan kuumennuskammioon. Lämmitys tapahtuu uunin takana olevassa tulipesässä, josta poltтокаasut kulkeutuvat retortin kaikkia ulkopintoja, siis myös pohjaa pyyhkien kuumennuskammion kautta savupiippuun. Vaunun pyörästöt jäävät hiilto tilan ulkopuolelle, joten pyörälaakerien voitelu ei tuota vaikeuksia. Hiillon jälkeen otetaan retortti



Kuva 26. Maaveden tervatehtaan kaavio vuodelta 1920.
Fig. 26. Equipment of tar plant, Maavesi, 1920.

kammioista ulos erityiselle siirtovaunulle, millä se kuljetetaan syrjään toisille raiteille jäähtymään, edelleen tyhjennettäväksi ja uudelleen täytettäväksi. Kun vaunuretortti on poistettu uunista, työnnetään heti toinen tilalle ja aloitetaan välittömästi uusi hiilto uunin välillä jäähtymättä.

Kuvassa 26 esitetään vuonna 1919 rakennetun Maaveden tervatehtaan hiiltojärjestelmä sellaisena kuin se oli ensimmäisenä varsinaisena käyntivuonna. Vaunuretorttien suuruus on tässä tehtaassa 14 m³. Yhtä tulipesää kohti on yksi hiiltoammio, ja kahta hiiltoammioita kohti tarvitaan kolme vaunuretorttia. Retortin pohja on vino, ja sen alimmassa kohdassa on tervan, höyryjen ja kaasujen poistoputkihdyke, joka hiillon alkaessa kulloinkin liitetään tervan, höyryjen ja hiiltokaasujen yhteiseen, 150 mm:n läpimitaiseen poistoputkeen. Kutakin hiiltoammioita kohti on oma kuparikierukkainen tärpätinlauhduttimensa, jonka suuruus on 11 m². Jäähdytysveden tarve on lauhdutinta kohti kesäaikana, jolloin käyttöveden lämpötila on n. 20 °, likimain 60 l/min. Tämä menetelmä on ins. A. Hellströmin ja Apparat Ab:n vuonna 1911 yhteisesti saaman patentin mukainen.

Kaksikammioisena oli tehtaan vuotuinen hiiltohyky suunniteltu 4 000 r-m³:ksi tervaksia, laskien vuotta kohti 285 käyntipäivää ja käyttämällä perustana 48 tunnin hiiltokiertoaika. Kun otetaan huomioon, että 1 tervas-p-m³ vastaa 0,8 r-m³:iä, olisi hiiltohyky vastannut 5 800 p-m³:iä 330 käyntivuorokautta käsittävänä vuosijaksona. Tervaksien ollessa kuivia väitetään tällaisessa vaunuretorttihiltoamössä saatavan hyvän tervansaalis jo 30 tunnin hiilto-kiertoaikaan käytettäessä. Kun hiiltokaasujen kiertoa ei ole, syntynee tehtaan suurehkoissa retorteissa tervaan melko paljon reteeniä (vrt. sivu 99 ja sivu 125).

Myöhemmin v. 1922 kaksinkertaistettiin Maaveden tervatehtaan hiiltoehto rakentamalla kaksi hiiltoammioita lisää. Ensimmäisinä käyntivuosina saatiin tähän tehtaaseen erittäin hyviä kantotervaksia, ja v. 1920 olikin tervansaalis ins. Hellströmin antamien tietojen mukaan 45 kg/r-m³. Raakatärpättä saatiin vastaavasti 20 kg ja hiiliä melkein 4 hl. Näitä tuloksia, joihin hyvä tervaslaatu on siis merkittävästi vaikuttanut, voidaan pitää korkealuokkaisina, eikä niitä ylitetty yhdessäkään tervatehtaassamme 1940-luvun öljykamppailun aikana. Laajenuksen jälkeen on tehtaan suurin vuosituotanto ollut 551 tonnia tervaa eli 9,9 tonnia tehokasta r-m³:iä kohti tervaskulutuksen ollessa tällöin 14 420 p-m³. Tämä tulos saavutettiin v. 1929, ja tervansaalis oli 38,2 kg/p-m³ eli 47,0 kg/r-m³. V. 1946 hiillettiin tervaksia ennätysmäärä 16 100 p-m³, mutta tervansaalis oli 25 kg/p-m³. Tuloksen voimakas huonontuminen johtui ilmeisesti tervaksien laadun huonoudesta, mutta myös hiiltokiertoajan lyhentäminen lieenee vaikuttanut tuloksiin heikentävästi. Myös halkojen kulutus oli tällöin tavallista suurempi sen oltua aikaisemmin varsin kohtuullinen eli n. 25 % hiilletystä tervasmäärästä. Polttoaineen säästön kannalta on tärkeää, että kammiot on hyvin tiivistetty sekä eristetty ja että eri kammioiden hiilto tapahtuu porrastettuna, jolloin hiiltokaasujen kehityksen vilkkaimmassakin kohdassa ne saadaan poltetuksi itse hiiltoa tarvelemättä.

Maaveden tervatehdasta, jonka omistaa Enso-Gutzeit Oy, hoitaa paikallinen isännöitsijä, ja tehtaassa on 15 työntekijää. Raakatärpättä on koko tehtaan olemassaoloajan tislattu puhtaaksi Kotkan sulfaattiselluloosatehtaassa rinnan sikäläisen sulfaattitärpätin kanssa. Maamme muut vaunuretorttihiltoamöt ovat toimintaperiaatteeltaan samantapaisia. Näiden tehtaiden vuosien 1945–46 tervantuotanto selviää seuraavan sivun asetelmasta:

	käynnissä, tervaksia,		tervaa,	
	kk	p-m ³	tonnia	kg/p-m ³
E. Math. Bonn, Kolho	14	5 700	176	30,8
Keuruun Terva Oy	19,5	29 200	686	23,5
Konginkankaan Tervatehdas	21	14 000	320	22,8
Koskenpään Tervatehdas	21,5	5 800	191	32,9
Maaveden Tervatehdas	23,5	30 200	824	27,3
Oy Pönttövuori, Metsolahti	20,5	7 300	181	24,8
Sukevan Tervatehdas	17,5	5 900	128	21,7
Suomen Terva Oy, Kotala	21	7 300	163	22,3
Toras Oy, Uurainen	21	7 800	182	23,3
	20	113 200	2 851	25,2

Pitkäaikaista kokemustakin omanneiden tehtaiden tervansaalis oli siis mainittuina vuosina keskimäärin yli 15 % alhaisempi kuin ennen sotaa, jolloin kymmenvuotiskauden 1930–39 keskiarvoinen tulos oli 30,2 kg/p-m³. Hiilletty vuotuinen tervasmäärä oli kuitenkin hieman suurempi, joten tervasten huonomuudesta ja hiillon tarkkailun mahdollisesta laimenemisesta huolimatta voitiin ylläpitää tuotannon aikaisempi taso.

Niin sanottu kuiluretorttihilto on käytännössä enää vain Leppälahden tervatehtaassa. Tämän tehtaan tuotanto oli vv. 1945–46 varsin vähäinen. Teräslevyisiä, 10 m³:n vetoisia kiinteitä hiilto-erortteja on tehtaassa kaksi. Kuiluretorttihiltoamö on saanut nimensä retorttien alla olevasta tyhjennyskuilusta. Johdonmukaisempaa olisi nimittää kuiluhiilloksi menetelmää, jossa itse hiilto on kuilumainen, jolloin nimitys on sopusoinnussa monien muiden kemian teollisuusalojen sanaston kanssa. Tervatehtaissa voi esiintyä monenlaisia kuiluja, milloin nostoa ja täyttöä, milloin tyhjennystä varten (vrt. Lindgren 1943, kuva 5).

Taljaretorttihiltoamöt. Oy Tervaöljy Ab:n toimintaselostuksen yhteydessä mainittiin, että yhtiön välittämistä tervatehdaskoneistoista oli yleisin ruotsalainen Grudén-tyyppi, jossa käytettiin nostettavia, 3,3 m³:n vetoisia retortteja. Hiiltoaika oli tätä tehdastyyppiä käytettäessä 24 tuntia eli siis puolet vaunuretorttien normaalisti tarvitsemasta ajasta. Yhteistä viimeksi mainittujen kanssa oli hiiltoalan epäsuora lämmitys, mutta hiiltoajan lyhyiden vuoksi oli käytettävä kahta retorttia yhtä lämmityskammioita eli uunia kohti. Täytyi näet olla valmiiksi panostettu retortti pantavana heti valmiiksi hiilletyn ja pois siirretyn retortin tilalle. Yhtä tulipesää kohti oli Grudén-hiiltoamössä kaksi hiilto-uunia, ja tarkoituksena oli savupeltijärjestelyin säätää hiilto niin, että uuniparin retorteista toinen olisi voinut olla alkuhiilto toisen jo ehdittyä eksotermiseen vaiheeseen. Käytännössä hiilto suoritettiin kuitenkin niin, että uuniparin kumpikin retortti pantiin samanaikaisesti sisään ja otettiin taas yhtä aikaa uuneista ulos. Tämä oli välttämätöntä sen

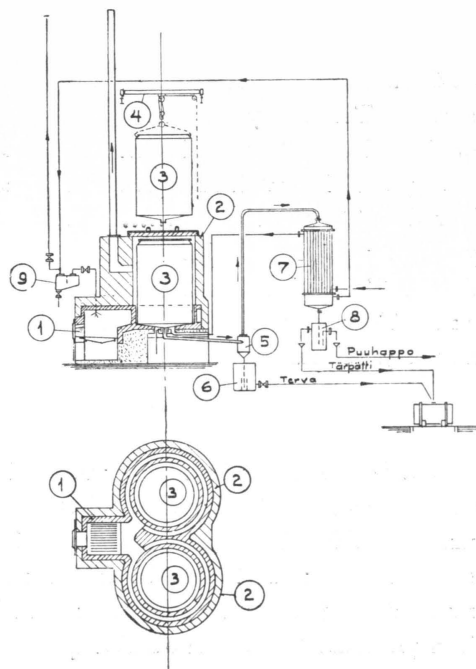
vuoksi, että ilta- ja yövuoron aikana oli useimmissa tämän tyyppin tehtaissa vain yksi mies, joka yksin ei pystynyt retorttien vaihtoa suorittamaan.

Yhden retorttiparin käsittäneen Grudén-hiiltämön koneistoihin tarvittiin teräslevyä, teräsputkea ja muototerästä n. 2 000 kg sekä kuparilevyä ja -putkea n. 200 kg. Lisäksi käytettiin tervaksenmurskaimen ja tehdasrakennuksen perustuksiin betoniterästä n. 150 kg sekä hiiltämörakennukseen ja hiilikatokseen yhteensä n. 50 kg nauloja. Yksinkertaisimman varsinaisen hiiltämön pohjapinta-ala oli 70 m² ja räystäskorkeus 5,5 metriä. Myöhemmissä tehtaissa oli rakennus hieman väljempi, pinta-alaltaan n. 110 m². Hiilikatoksen pohjapinta-ala oli likimain sama kuin itse hiiltämön, jossa lämmitystila oli karsinoitu erilliseksi huoneeksi. Lämmityshuoneen seinät ja katto rapattiin tai päällystettiin asbestikuitulevyillä.

Rakenteeltaan Grudén-hiiltäjä oli tavanomainen nostettavia retortteja käyttävä tervatehdas. Lämmityspesästä tulevat tulikaasut johdettiin ensin retorttiseinien alaosan kohdalla olevaan kiertokanavaan, ja retortti oli tältä osalta suojattu puolen tiilen vahvuudella tulentekävällä seinämällä. Sen jälkeen kaasut kulkeutuivat uuni- ja retorttiseinämien väliseen yläkiertokanavaan retortin seinä siinä lämmittäen ja joutuivat lopuksi savupiippuun. Useimmat Grudén-retortit valmistettiin hitsauksin 3 mm:n paksuisesta teräslevystä, joka hieman pitimmässä käytössä osoittautui liian ohueksi. Aivan loppuaikoina tehtiin retortit 5–6 mm:n levyistä. Retortin ja tervanpoistoputken liitänäkohdaksi oli vesilukkosovitus, jossa käytettiin samaa painevettä kuin tärpätinlauhduttimessa.

Kummallakin retortilla oli oma saapaserottimensa tervaa varten samoin kuin 6,2 m²:n suuruinen kuparista tehty tärpätinlauhdutin. Tervasaappaan eli tervanjäähdyttimen ja tärpätinlauhduttimen välisen putken ollessa suhteellisen lyhyt pyrki tärpättihöyryjen lämpötila ennen lauhdutinta loppuhiillon aikana olemaan liian korkea. Tervan kevyempiä aineosia joutui näin hieman runsaammin tärpätin joukkoon tämän laatua tarpeettomasti huonontaan. Epäkohtaa korjattiin parissa tehtaassa asentamalla tärpätinlauhduttimen eteen kuparinen pyörrejäähdytin, jossa tärpättihöyryt ja lauhumattomat kaasut kiersivät ruuvimaaisessa kanavassa ilmajäähdytyksen alaisena ylöspäin.

Grudén-tervasaappaan sisäänvetojohto oli sovitettu kehänsivuvuon suuntaan. Tärpätin erottaminen puuhaposta tapahtui tavalliseen tapaan. Tiivistymättömät kaasut johdettiin liekinloukun kautta tulipesään poltettaviksi. Polttopuun kulutus ei Grudén-hiiltämöissä tah-



Kuva 27. Grudén-hiiltämön kaavio.

Fig. 27. Equipment of Gruden stumpwood pyrolyzing plant.

tonut pysyä kohtuullisella tasolla. Osaksi tämä johtui lauhumattomien kaasujen epätaloudellisesta käytöstä ja osaksi halkojen liiallisesta märkyydestä. Poistosavukaasujen lämpötilantarkkailua pyrki mittareiden vaikea saanti ehkäisemään. Tarkkoja koehiiltoja, joissa olisi yritetty mitata tuotteiden saalis pitkin hiiltoa, ei tämän vuoksi myöskään suoritettu. Dipl. ins. T. Kirkkomäen esityksestä tehtiin Grudén-järjestelmään Suomessa myöhemmin sellainen muutos, että tulipesän savukaasut ensin kohtasivat retortin seinien ylävyöhykkeen. Tervasaappaan sovituksessa tehtiin jo verrattain aikaisessa vaiheessa pieniä parannuksia.

Useimmat Grudén-hiiltämöt olivat aluksi yhden uuniparin käsittäviä, mutta myöhemmin niitä laajenneltiin 2- ja 3-tulipesäisiksi. 1-tulipesäisen tehtaan hiiltohyvyksi suunniteltiin ennakkolaskelmissa 2 000 (300 × 2 × 3,3) r-m³ tervaksia. Tervansaaliin arvioitiin olevan uusissa tehtaissa 27 kg/p-m³ eli 36 kg/r-m³. Vuosituotannon tavoite oli tässä pienimmässä tehdastyypissä näin ollen 72 tonnia tervaa. Tehokasta retorttikuutiometriä kohti tämä vastasi noin 11 tonnia tervaa vuosittain.

Pitemmän aikaa käynnissä olleiden Grudén-tehtaiden tervatulokset olivat kahden käyntivuoden keskiarvoina seuraavat:

	uuni- pareja	käynnissä kk	tervaksia p-m ³	tervaa tonnia	kg/p-m ³
Forssan Terva Oy, Forssa	2	17,5	6 800	209	30,8
Haijanen Oy, Laitila	1	20	4 700	100	21,2
Hiiltoterva Oy, Lyly	2	18,5	8 400	182	21,7
Jämsänkosken Terva Oy, Jämsä	3	17,5	8 800	194	22,1
Kettulan Tervatehdas, Suomens- järvi	3	19,5	7 800	186	23,8
Peren Tervatehdas, Eura	1	21	4 200	92	21,8
Siropuu Oy, Siuro	2	14,5	4 600	146	31,8
Tervastuote Oy, Virrat	1	19	4 700	119	25,3
	15	18,5	50 000	1 228	24,6

Näiden kahdeksan hiiltämön tervatulokset olivat p-m³:iä kohti siis kutakuinkin sama kuin edellä mainittujen vanhojen vaunuretorttahiiltämöjen. Tilasto on laadittu vuosien 1945–46 lukujen perusteella lukuun ottamatta Siropuu Oy:n tehdasta, jonka luvut ovat vuosilta 1946–47. Tehokasta retorttikuutiometriä kohti oli vuosituo- tanton mainituissa tehtaissa 6,2 tonnia tervaa eli 57 % tavoitteesta. Käynnissäoloaikaan nähden päästiin yli 90 %:iin tavoitteesta. Laitilan ja Euran tervatehtaiden tuloksia arvosteltaessa on erityisesti otettava huomioon niiden sijainti Lounais-Suomessa, jossa tervasten laatu on tunnetusti heikompi. Pienien Grudén-tehtaiden käynti onnistui itse asiassa paremmin kuin isojen. Asetelmasta pois jätettyjen Grudén-tehtaiden toiminta oli enemmän tai vähemmän katkonaista.

Eräät Grudén-hiiltämöt, kuten Forssa, Lyly ja Siuro, sijaitsivat sopivasti rautatien varrella, mutta monet olivat pitkän matkan päässä rautatiestä. Melkein kaikki niistä saivat sähköenergiaa suoraan maaseudun jakeluverkosta. Hartolan tervatehtaalla oli oma pieni vesivoimalaitos. Tervaspumpun katkaisukoneen lisäksi tarvittiin sähköä vain vesipumpun moottoriin (2 kW) ja tehtaan valaistukseen. Tervaksien ja retorttien siirtoa varten oli tehtailla pieni kapea-raideverkko. Pienennyskone ja retorttien täyttöpaikka olivat n. 50 metrin päässä hiiltämörakennuksesta. Retorttien hiilentyhjennys tapahtui 50–70 metrin etäisyydessä täyttöpaikasta.

Pienehköissä Grudén-hiiltämissä oli työvoimaa 3 lämmittäjää eli yksi kutakin vuoroa kohti. Päivätyössä oli 2 miestä, jotka hoitivat pienennyksen ja retorttien täytön sekä avustivat aamuvuoron lämmittäjää retorttien vaihdossa. Tervatehtaan kirjanpidon, tervasten hankinnan sekä työnjohdon hoiti asianomainen tervatehtailija tavallisesti sivutoimenaan. Suuremmissa hiiltämissä tähän tarvittiin päivätyönjohtaja. Työvoiman vaikean saannin takia joutuivat työmiehet usein työskentelemään seitsemänä päivänä viikossa. Erityistä korjausmiestä ei tämän tyyppin tervatehtaissa yleensä ollut.

Oy Petko Ab käytti pienemmissä tervatehtaissaan 2,2 m³:n suuruisia nostettavia retortteja tehdastyypin kehittyessä muuten hyvin samankaltaiseksi Grudén-hiiltämöjen kanssa. Yhtymä joutui tähän retortin suuruuteen valitessaan ensiksi rakennettuun Tapanilan tehtaaseensa norjalaismallisen Osen-hiiltämötyypin, joka alkuperäisessä muodossaan oli tarkoitettu helposti paikasta toiseen siirrettäväksi. Tärpätinlauhduttimien suuruus oli 4,5 m², ja rakenteeltaan nämä olivat makaava-asentoisia kierukoita lähinnä sen vuoksi, että lauhdutin voitiin asentaa mahdollisimman alas ja näin saada ehkä tehtaan yläpuolelta johdettava matalapaineinen jäähdytysvesi kulkemaan lauhdutin-kaukalon kautta ilman pumppuamista. Kuopion tervatehtaassa käytettiin tavallisia pystyputkilauhduttimia. Osen-hiiltämöjen tervansaaliluvut olivat samaa suuruusluokkaa kuin Grudén-tehtaiden.

Kirkkomäki-hiiltämöt erosivat edellä mainituista tyypeistä siinä että retortit olivat huomattavasti pienempiä, 1,5 m³:n vetoisia. Retortin läpimitta oli vain 1 000 mm, ja tällaisen kapean hiiltotilan käytön voitiin olettaa antavan hyviä hiiltosaaliita, koska lämpötilaerot retorttisynterinterin keskustan ja ulko-osien välillä tällöin muodostuivat pienemmiksi. Koon valinnassa pyrittiin lisäksi siihen, että yksi mies jaksaisi taljan avulla liikutella retorttia. Yhtä tulipesää kohti oli kolme retorttia, joista kahden piti olla hiiltovaiheessa ja yhden esilämmityksessä. Tämän järjestelyn tiedettiin jonkin verran säästävän polttohalkoja. Kirkkomäki-hiiltämöjä ennätettiin rakentaa viisi, mutta ne ehtivät koekäyntivaiheeseen vasta öljyn valmistuksen loputtua. Täten ei

niistä ennätetty saada kunnollisia käyttökokemuksia. Esilämmityssovituksen vuoksi tulivat savukanavat hieman monimutkaisiksi aiheuttaen koekäynnissä vaikeuksia, jotka luultavasti olisi voitettu myöhemmin käyntiä jatkettaessa.

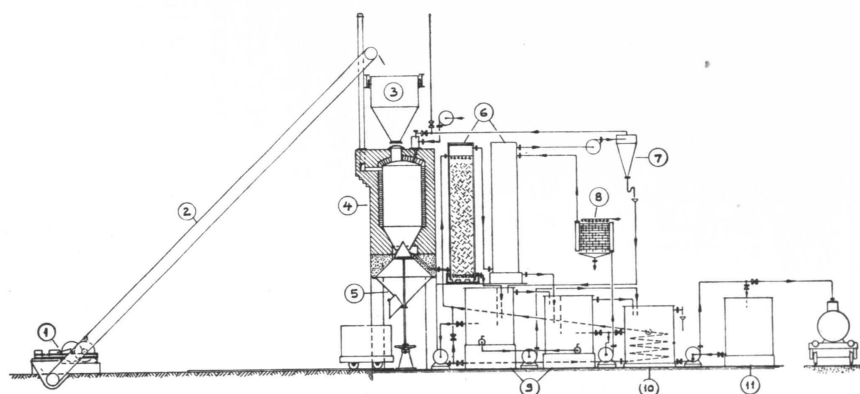
Rajamäen tervatehtaassa, joka toimitti tervansa Oy Petko Ab:n öljytehtaalalle, sai dipl.ins. T. Kirkkomäki pienimittaisella retortillaan varsin hyviä tervan- ja tärpätinsaaliita. Hiiltämönsuunnittelua edeltäneissä laboratoriokeissa todettiin saatavan sitä parempia tervansaaliita, mitä pienempi-läpimittaista hiiltoretorttia käytettiin. On merkittävää, että kivihiilen kuivatislauksessa on todettu tervan saaliin ja samalla myös koksen laadun parantuneen, kun on ryhdytty käyttämään varsin kapeita hiiltotiloja (mm. Shéréve 1945; Tammenoksa 1948).

Miilupolttoiset tervaksenhiiltämöt. Kahdeksan parhaan Grudén-hiiltämön yhteinen tervantuotanto nousi siis n. 600 tonniin vuodessa. Vaikka niiden tuotanto olisi noussut tavoitelaskelmien edellyttämään melkein kaksinkertaiseen määrään, on selvää, että tällaisten pienien tehdasyksiköiden rakentamiseen jouduttiin uhraamaan suhteellisen paljon sodan muutenkin väsyttämää yrittäjähengkeä. Tästäkin näkökulmasta katsoen täytyy pitää oikeaan osuneena hallintoviranomaisten määrätietoista pyrkimystä suurien tervatehtaiden rakentamiseen ja kantotervan tekoon enemmän tai vähemmän soveltuvien isojen runkopuunhiiltämöjen asettamiseen voiteluöljyn raaka-aineen valmistukseen.

Jo vuosien 1942–43 vaihteen tienoilla valittiin meillä Suomessa suuremmaksi tervaksenhiiltämötyypiksi Ruotsin insinööriakatemian lämpöteknillisessä laboratoriossa Tukholmassa kehitetty Rökip-menetelmä (Stenberg ja Lagerström 1944). Ruotsissa rakensi ensimmäisen tämän tyyppisen tervashiiltämön johtaja Å. Ramén, joka samalla hankki itselleen koneistojen valmistus- ja käyttölisenssioikeudet. Teknilliseen mittakaavaan siirryttäessä menetelmä pysyi pyrolyysiperiaatteeltaan muuttumattomana, mutta lauhduttimien rakenteen suhteen siirryttiin erheelliseen suihkutornisovitukseen. Niinpä tunnetaankin tämä menetelmä, jonka alkutyyppi on Lingbo-hiiltämö, Suomessa Ramén-hiiltämön nimellä.

Kuvassa 28 esitetään Ramén-hiiltämön periaatekaavio. Betoniperustainen retortiksi nimetty miilu-uuni (4) oli sisäläpimitaltaan 1 650 mm. Ulkoseinät olivat tavallista punatiiltä, ja siitä 30 mm:n ilmavälin erottamana sisävuorauksena oli 150 mm:n paksuinen tulenkestävä muuraus. Yläholvi oli muurattu 1 700 mm:n säteisenä 225 mm:n pituisista tulenkestävistä tiilistä. Alakartion sisävuorauksena oli sen sijaan teräslevy, ja siihen liittyi haponkestävästä teräslevystä tehty betoniperustuksen lävistävä hiiltohöyryjen ja -kaasujen poistojohto. Retortissa oli 600 mm:n läpimittainen hiekkalukkokannellinen valurautainen täyttötörvi. Tämän vieressä oli niin ikään yläholvin lävistävä kiertokaasujen sisään tuloputki.

Retortin bruttotilavuus oli n. 6,5 m³, mutta kun kantomurske pantiin retortin sisään täyttöä nopeuttavasta välisäiliöstä (3) alas vyöryttämällä, jäi tervaksien täytös pakostakin



Kuva 28. Rökkip- eli Ramén-hiiltämön kaavio.

Fig. 28. Sketch of Rökkip or Ramén stumpwood pyrolyzing plant.

vaunu- ja taljaretortteihin verrattuna löysemmäksi ja vajaammaksi. Hiilituloksia laskettaessa on sekä Ruotsissa että Suomessa ollutkin tapana laskea Ramén-retortin tilavuudeksi vain 6 m^3 , jolloin pino- ja retorttikuutiometrin tervaksensisältöjen suhdeluku on tavanomainen 0,8.

Retortin alapäässä olevaa ruuvikäyttöistä teräksistä kartiosuljinta alaspäin siirrettäessä hiilet putoilivat teräslevyiseen säiliöön (5) jäähtymään, ja tästä ne pudotettiin edelleen kapea-raidevaunuilla varastokatokseen tai lastaukseen siirrettäviin puulaatikoihin. Tämä tyhjennysjärjestelmä teki retorttien pilariperustukset kalliiksi, koska retortin seinien pohjataso oli runsaat 5 m maanpinnan yläpuolella. Terva- ja puuhappohöyryjen lauhdutusjärjestelmää oli Lingbo-hiiltämöön verrattuna (kts. kuva 20) halvennettu siten, että kuparisen putkilauhduksen tilalla oli kaksi puurakenteista ja klinkkerirenkailla täytettyä suihkulauhdutinta (6), joissa käytettiin puuhappoa jäähdysnesteenä.

Kuvan 28 mukaisessa ruotsalaisessa Rökkip-tehdastyypissä oli ensimmäisessä lauhdutin-tornissa kuumahappokierto ($65-75^\circ \text{C}$), ja jälkimmäisessä kierrätettiin lämmönvaihtimella (8) jäähdytettyä puuhappoa ($10-50^\circ \text{C}$). Emaljisisustein kiertopuhallin imi hiiltokaasut suihkulauhduksien kautta retortista, jossa seinähalkeamien vuoksi oli varsinaisen hiillon aikana yritettävä ylläpitää likimain ulkoilman paine. Ilmavuotojen vähentämiseksi täytyi nestelukoissa seisovat puutornit valmistaa erityisen huolellisesti käyttämällä raaka-aineena jo muinoin tervatynnyrien tekoon parhaiten soveltuvaksi havaittua oksatonta »honkapuuta».

Puhallin painoi kaasut edelleen kuparilevystä tehtyyn pyörretimeen (7), jossa erottui vielä huomattavia määriä tervaa ja puuhappoa. Kaasut tai osa niistä palautettiin retorttiin polttimen kautta, jossa niihin sekoitettiin pienemmällä puhaltimella sisään painettua poltto-ilmaa.

Polttoilman ja kiertokaasun määrät säädettiin putkiin asennetuilla kääntöläpillä, joiden akselitapeissa oli tarkalla jakoasteikolla kääntyvä osoitin. Hiillon aikana seurattiin kojeiston eri osien veto- ja ylipaineolotiloja hiiltämön ylähoitotasolle sijoitettuun tauluun asennetuilla U-putken muotoisilla vesipatsaslokeilla. Sytytyksen jälkeen pidettiin lisäilmaläppä täysin auki, ja kiertokaasupuhallin painoi imemänsä ilmaylimäärän ja lauhtumattomat polttokaasut kätölle poistoputken kautta. 1,5–2 tunnin kuluttua alkoivat kaasut olla palavia, ja niiden ulosmenoa alettiin pienentää. Alkuhiillon aikana oli puhaltimen imupuolella alipainetta 15–20 mm ja uunin yläosassa 3–4 mm vesipatsasta. Kun kaasuja laskettiin vähitellen yhä enemmän polttimeen, väheni uunin alipaine itsestään. Näin voitiin puhaltimen imupuolen alipaine

nostaa loppuhiillossa 35 mm:ksi uunin sisuksen pysyessä ulkoilman paineisena. 2–2,5 tunnin kuluttua sytytyksestä kaasut johdettiin kokonaisuudessaan polttimeen ja ulosmenoläppä suljettiin täysin. Samanaikaisesti vähennettiin polttoilman syöttöä. Lämmittäjä seurasi hiillon kulkua alapoistoputkessa olevan lämpömittarin säännöllisin lukemin, jotka merkittiin hiilto-päiväkirjaan tai piirrettiin lämpötilakäyräksi. Parin tunnin kuluttua lisättiin ilman syöttöä ja voimistutettiin kaasunkiertoa. Noin neljän tunnin alkupolton eli lämmitys- ja kuivausvaiheen jälkeen oli lämpötila alaputkessa noussut n. 120°C :seen. Nyt voitiin ilman pakkosyöttö lopettaa, sillä putkiliitokset ja suihkulauhdutin vuotivat ja saivat näin aikaan jatkopolttoon sekä lisäkuumennukseen tarvittavan ilmamäärän. Kaasunkierto säädettiin suurimmilleen, jollaisena se pysytettiin hiillon loppuun saakka. Lämpötila sai tästä lähtien kohota tasaisesti niin, että se tuntia ennen hiillon päättymistä oli korkeimmillaan 350°C . Viimeisen tunnin aikana lämpötila alkoi hiljalleen laskea, mikä sinänsä on merkinä hiillon päättymisestä. Ruotsalaisissa Rökkip-hiiltämöissä oli tapana lisätä polttoilmaa hiiltolämpötilan nousesta 300°C :seen, ja tällä tavoin saatiin hiillon loppulämpötila hiilen laadun parantamismielessä nostetuksi $400-450^\circ \text{C}$:seen. Hiilitulos on tällöin pienempi ja lopputervat rauhanaikaista käyttöä silmällä pitäen epäpuhtaita. Voiteluöljyn laatu ei näin myöskään parane, koska tervaan syntyy enemmän reteä, jonka öljystä erottaminen on hankalaa ja siten Ruotsissa 1940-luvulla paljon tutkittuun ja mainostettuun jatkojalostukseen liian kallista lähtöraaka-ainetta (kts. K a r r m a n 1947).

Rökkip-kojeistossa on tervaksien historiallisen hautapolton tapainen hiilto saatu kehitettyä nykyaikaisen tehdastehtaan tasolle, ja tervan laadunkin voidaan taitavasti hiillettäessä olettaa vastaavan hyvää hautatervaa.

Tervan ja puuhapon seos johdettiin kummastakin lauhdustornista ensin omaan kokoaamis- eli alkuerottumissäiliöön (9), jonka väliseinäjärjestelyjä lienee kokeiltu moneen eri tyyliin, milloin vilkasta, milloin hidasta tervan ja puuhapon virtausta tavoitellen. Keskellä säiliötä oli suurempi väliseinätön tila, josta kiertopumput painoivat puuhappoa vastaavaan suihkutorniin. Pyörreytimen tuotteet johdettiin I-tornin kokoamissäiliöön.

Eräissä ruotsalaisissa Rökkip-tervatehtaissa saatiin I lauhduttimesta tervaa n. $2/3$ ja II lauhduttimesta ja pyörreytimestä yhteensä $1/3$ koko tuotannosta (M u r t o 1945 a). Tervan edelleen käsittely tapahtui rinnakkaisissa keittosäiliöissä, joihin kuhunkin vuorollaan pumputtiin kokoomasäiliöstä useaan otteeseen tervaa, joka näin välillä jäähdyi. Kuumaa puuhappoa keittosäiliön kupariputkikierukassa kierrättämällä saatiin tervakeitoksen lämpötila nousemaan 55°C :seen, ja 2 vuorokauden seisottamisen jälkeen suurin osa puuhappoa erosi tervasta. Näin tapahtuikin, jos tervaksissa ei ole pintapuuta ja ne ovat hyvin kuivia, jolloin puuhapon väkkyvyys ja ominaispaino ovat suuret. Sen sijaan tuoreita ja muutenkin huonoja tervaksia käytettäessä terva jää hyvin kosteaksi, vaikka tehtaaseen hankittaisiin pieni höyrykattila ja keitetäisiin terva höyrylämmityksin korkeahkossa lämpötilassa. Veden haihduttaminen pois tervasta tulee kalliiksi.

Rökkip-uunin täyttö ja tyhjennys vievät kumpikin aikaa n. 0,5 tuntia, joten 12 tunnin kiertoaikaa käytettäessä hiiltoon jää aikaa 11 tuntia. Alaputki pyrkii hiillossa karstoittumaan, mistä aiheutuu vähitellen hiillon hidastuminen ja sen vuoksi puhdistus melkein kerran viikossa.

Tervansaalis on Rökkip-hiiltämössä huomattavan suuri. Tämä seikka samoin kuin hiilituloksen pienuus, joka osittain tietysti johtuu miiluperiaatteen soveltamisesta, viittaa siihen suuntaan, että hiiltokaasuvirtauksen aikaansaama tervan nopea poistuminen retortista sai aikaan Klasonin tyhjöhiihtoa muistuttavan pyrolyysin. Tähän viittaavat myös vähätärpättisestä Rökkip- eli

Ramén-tervasta laboratorio- ja tehdaskokeissa saadut hieman alhaiset voiteluöljynsaaliit, mikä tulos on todettu sekä Suomessa että Ruotsissa. Tavalliselle retorttahiillolle ominaista lämmön kehittymistä tapahtunee siis vähemmän, joten kiertokaasujen poltto tavallisesti eksotermiseksi leimatun vaiheenkin aikana on oikeaan osunut toimenpide.

Rökipip-hiiltämöt Ruotsissa olivat 2—3-retorttisia. Alkusuunnitelman mukaan oli kahden uunin yhdistelmä pienin tehdasyksikkö yhteisine kiertokaasunpuhaltimineen. Näin voitiin porrastamalla hiillot saada, mikäli niin haluttiin, alkuhiiltoon toisen retortin loppuhiillosta polttoarvoltaan parempaa kaasua. Retortit muurattiin Ruotsissa poikkileikkaukseltaan suorakulmion muotoiseksi yhteisrakennelmaksi.

Tällainen 3-uuninen Ramén-hiiltämö rakennettiin meillä vanhaan hiilto-teollisuuden pesäpaikkaan Ruukkiin, jossa tehdas lähti käyntiin elokuussa 1943. Ruukin tehdas joutui kuitenkin heti alusta lähtien suuriin vaikeuksiin, kun sinänsä vajavaisten ruotsalaisten ohjeiden mukaan suoritettu tervan keitto ei antanutkaan tulokseksi meikäläisiltä tehtailta vaadittua enintään 5 % vettä sisältävää tervaa. Tehtaan yhdeksän puisen tervasäiliön ja avuksi siirrettyjen parin säiliövaununkin tultua täyteen märkää tervaa oli tehdas pantava parin kuukauden koekäytön jälkeen seisomaan.

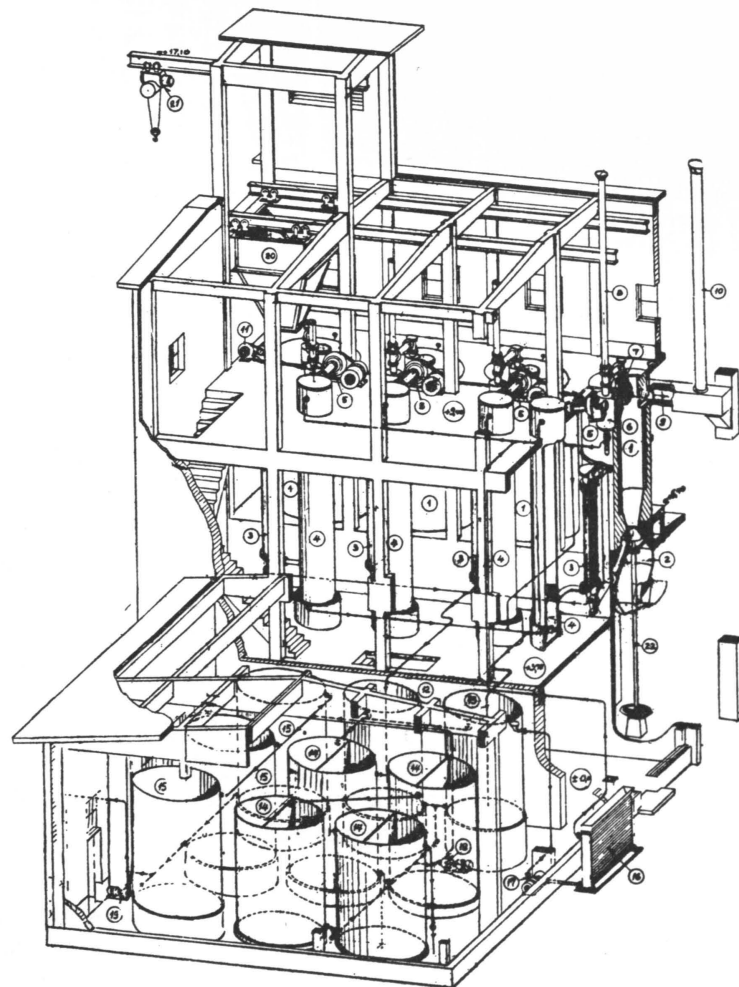
Lähinnä ryhdyttiin kokeilemaan separaattorin käyttömahdollisuutta puuhapon erottamiseen tervasta. Tervaksien runsaan mantopuu- ja lahopitoisuuden, uuninseiniin syntyneiden vuotojen ja alkuhiillon ehkä liian repäisevän suorituksen takia tervan hiilipitoisuus oli yllättävän suuri ylittäen usein 1 %:n. Näin täyttyi separaattorin kuulapesä nopeasti hiililietteestä, ja olipa separoinnista seurauksena myös työväen silmäsairauksia. Separointiteho oli näin varsin pieni. Kun tehtyä märkää tervaa ei öljyn raaka-aineeksi hyväksytty, voitiin uusia hiiltoja suorittaa vain ajoittain. Sekoitettaessa pyörreytinterva ja suihkulauhdutintervat toisiinsa jo märkinä ei ensin mainittuakaan tervaa saatu kuivaksi. Vuoden 1944 aikana tehtiin kuitenkin se merkittävä havainto, että pyörreytintervan puuhappo oli melko raskasta, niin että sen ominaispaine huonelämpötilassa ylitti tavallisesti arvon 1,1. Nyt ryhdyttiinkin pyörreytinterva keittämään erikseen ja se saatiin helposti kuivaksi. Vuoden 1944 loppupuolella Ruukin tehdas toimitti Heinolan säiliöihin yli 100 tonnia tervaa, joka valitettavasti todettiin suurelta osalta liian kosteaksi. Sen sijaan vuoden 1945 aikana olivat tämän tehtaan tervantoimitukset separoinnin ja pyörreytintervan erikseen keiton vuoksi moitteettomia. Separointi alensi kuitenkin tehtaan tuotantoa arveluttavasti.

Oy Teollisuuden Tervatuote Ab ei päässyt Kajaanin ja Suolahden tehtaita rakentaessaan nojautumaan sanottavasti Ruukin kokemuksiin. Uuni-rakenteiden kestävyysparantamiseksi päätettiin näissä siirtyä ulkoa savu-

piipputiilillä vuorattujen pyöreiden uunien käyttöön, mikä myöhemmin osoittautuikin hyväksi. Yhtiön toimihenkilöt tekivät keväällä 1945 matkan Ruotsiin, jossa tutustuttiin kolmeen sikäläisistä Rökipip-hiiltämöistä (Murto 1945 a). Tukholmaan päästyä todettiin jo tilastoista, että edellisen vuoden jälkipuoliskolla oli näissä hiiltämöissä Ruotsissa tehdyn tervan vesipitoisuus keskimäärin 17 % eli meikäläisiin vaatimuksiin nähden aivan liian suuri.

Etelä-Ruotsin kuivahkoista tervaksista olivat eräät tehtaatsat kylläkin valmistaaneet 8—10 % vettä sisältävää tervaa, mutta 30 kuukautta käynnissä olleessa Lassbyn tehtaassa Norrlandissa oli tervan vesipitoisuus jatkuvasti yli 30 %:n. Tässä tehtaassa oli 95-%:seksi lasketun tervan saalis erinomainen, nimittäin 65 kg/r-m^3 eli 49 kg/p-m^3 . Lassbyn ja Falerumin tervatehtaista kerättyjen kokemusten perusteella todettiin Lingbo-hiiltämön kehitystyön jääneen tervan laadun suhteen puolitiehen, mutta saatujen parannusvihjeiden perusteella uskallettiin jatkaa tehtaiden rakentamista sekä ryhtyä lauhdutusmenetelmän parantamiseen. Tosiasia, että Rökipip-hiillon puoliteknillisissä alkukokeissa nimenomaan oli todettu pintalauhdutusta käytettäessä puuhapon eronneen kaikista tervajakeista suhteellisen helposti, on vasta v. 1948 selvinnyt erästä julkaisusta (Widell ja Wiberg 1941). Sen mukaan teki aloitteen Lingbo-menetelmän edelleen kehittämiseksi tunnettu ruotsalainen hiilto-asiantuntija J. Jönsson. Widell ja Wiberg ihmettelivät ennen kaikkea pyörreytintervajakeen poikkeuksellista suuruutta teorioiden ko. hiiltojärjestelmälle ominaista aerosoli-ilmiötä, jota retortissa tapahtuva palaminen edistää. 3 hl:n suuruisen koehiiltimen pohjaan todettiin olevan syytä sijoittaa reikälevy kaasun kulkua retortissa tasoittamaan. Näin saatiin hiilen laatu myös hyväksi.

Kajaanin ja Suolahden tervatehtaasiin päätettiin tilata pintalauhdutin jokaista retorttia varten. Tehtaiden suuruutta oli jo aikaisemmin hiukan lisätty, niin että molemmat laitokset olivat 4-retorttisia. Oletettujen kiertokaasumäärien ja puuhapon arvioidun maksimaalisen ulostulosvauhdin perusteella laskettiin pintalauhduttimen suuruudeksi 12 m^2 , mikä on myöhemmässäkin tehdaskäytössä osoittautunut oikeaksi. Suihkulauhduttimet, joiden lukumäärä oli Ruukin kokemusten mukaan jo pienennetty puoleen, jätettiin myös tehtäisiin. Lähinnä niissä alkuaikoina ilmenneiden ilmavutojen vuoksi oli hiiltoa tosin vaikea hallita, ja varmaankin tästä syystä myös tervojen kuivaksi keitto kohtasi näissäkin tehtaissa vaikeuksia. Kuvaassa 29 nähdään Suolahden tervatehtaan betonirunkoinen rakennus, jonka tilavuus oli n. $2\,200 \text{ m}^3$. Samoin esitetään siinä tehtaan kojeistot sellaisina kuin ne olivat tehtaan lähtiessä käyntiin syyskuun alussa 1945. Tervasten nostoon aluksi käytetty sähkötalja korvattiin myöhemmin vinonousuisella kolakuljettimella, joka kuukautta



Kuva 29. Suolahden tervatehtaan kaaviopiirros.

Fig. 29. Ramén tar plant, Suolahti.

aikaisemmin käynnistetyssä Kajaanin tehtaassakin saatiin toimimaan alkuvaikeuksien jälkeen moitteettomasti.

Kajaanin ja Suolahden tervatehtaat maksoivat kumpikin n. 10 milj.mk vuoden 1944 alkupuolella tehdyn kustannusarvion päättyessä 3 milj.mk:aan. Perustamiskustannuksia lisäsivät huomattavasti melkoiset kojeiden lisähankinnat. Sitä paitsi oli rakennettava joukko asuinrakennuksia hoitohenkilöstöä varten, koska tehtaat muuten eivät olisi valmistuneet ja tulleet käyntiin. Kun tiedettiin tervan valmistuksen muodostuvan lyhytaikaiseksi ja kun tervasten

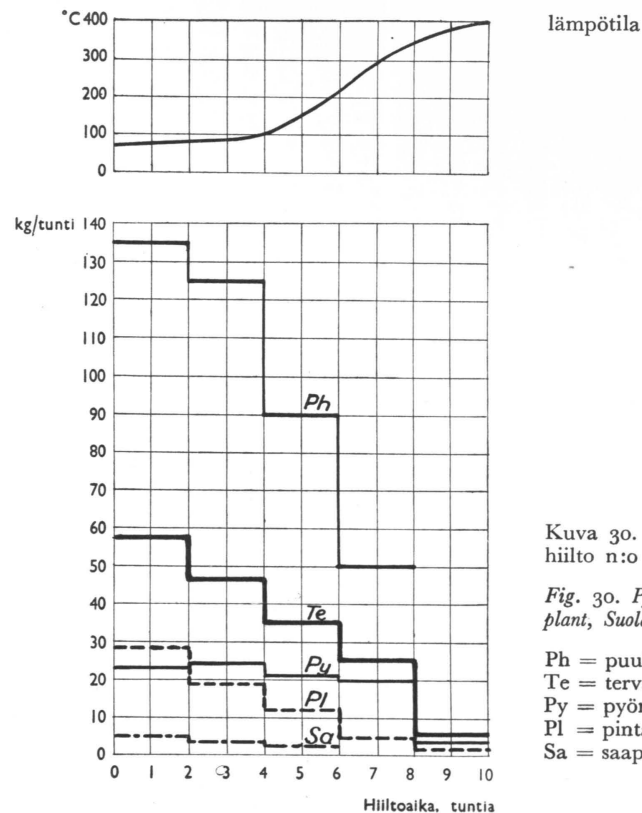
hankinnat ja ajot vaativat joka tapauksessa melkoiset metsäosastot kummallekin tehtaalle, otettiin yhtiön ohjelmaan myös halkopuun hankintaa ja myyntiä, joka osaltaan pienensi yhtiön yleiskustannuksia. Samaan tapaan liittyi Ruukin tervateollisuus muun puunjalostuksen toimintaan.

Tervan vedettömäksi teko tuotti myös Kajaanissa ja Suolahdessa aluksi vaikeuksia. Oy Tervaöljy Ab kustansi erinäisiä koehiiltoja ja tarkkailuja, joita laadittujen ohjelmien mukaisesti suorittivat lähinnä Keskuslaboratorio Oy:n kemistit. 12 koehiiltoissa todettiin tehtaiden käyttämien tervaksien vesipitoisuuden vaihtelevan 22 ja 38 %:n välillä. Suolahden tehtaan tervaksien eetteriutepitoisuus oli n. 22–23 % täyskuivaksi lasketun tervaksen painosta, ja tämän tehtaan sijaintia täytyykin tervaksen laadun ja kulkuyhteyksien puolesta pitää yhtenä mään parhaista.

Kuvassa 30 esitetään erään Suolahdessa tehdyn koehiillon lämpötilakäyrä sekä eri tervajakeiden ja puuhapon ulostulomäärät hiillon kuluessa. Koehiillon alaisesta retortista oli suihkulauhdutin kokonaan poistettu ja sen tilalle oli asennettu pienempi, 3 m²:n lisäpintalauhdutin. Molempien pintalauhduttimien tervajakeet on laskettu yhteen ja esitetty Pl-tervajakeena. Sekä puuhapon että tervan valtaosa saatiin pyrolyysissa ensimmäisten kuuden tunnin aikana. Kevyempiä pintalauhdutin(Pl)- ja pyörreitin(Py)-tervoja tuli vielä seuraavien 2 tunnin aikana melkoisesti, mutta viimeiset 2 tuntia olivat enemmän hiilen laadun varmistusmielessä tarpeelliset. Koko tervamäärästä tuli 6 ensi tunnin aikana tässä koehiiltoissa retortista ulos n. 82 %. Runsaasti reteneä sisältävän saapastervan sinänsä pienen jakeen tuloaika ei erinäisten vaikeuksien vuoksi saatu tarkistetuksi, mutta on todennäköistä, että osa siitä syntyi loppuhiiltoissa. Alkuhiillon tervajakeissa oli hiiltä havaittavissa runsaiten.

Tervaksia, joiden vesipitoisuus oli määrityksen mukaan 25 %, oli tässä koehiiltoissa 1 874 kg, mikä vastaa 1 376 kg:a täyskuivaa murskettua ja 458 kg:a kosteusvettä. Hiiltoissa olisi tämän mukaan syntynyt n. 330 kg vettä eli 24 % tervasten kuivapainosta. Tervaa saatiin täyskuivaksi laskettuna koko hiiltoista 336 kg eli 24,4 % tervasten kuivasta painosta. 95-%:sen tervan saalis oli 352 kg eli 58,5 kg/r-m³ ja 46,5 kg/p-m³. Neljässä muussa koehiiltoissa saatiin tervaa 50–60,5 kg/r-m³. Keskimääräinen hiilensaalis oli 2,2 hl/r-m³. Puuhaposta erottui n. 90 % pintalauhduttimissa, ja tämän valtajakeen ominaispaino oli 11 °:n lämpötilassa mitattuna 1,02–1,045. Saapastervan puuhapon ominaispaino oli aluksi pieni (1,02), myöhemmin suurempi (1,08). Pyörreitinpuuhappon ominaispaino oli painavinta (1,1–1,115). Kuivatun saapastervan ominaispaino oli 1,08, pintalauhdutintervan 1,03 ja pyörreitinpuuhappon 1,04. Tervan ja puuhaponjakeiden ominaispainojen tultua useassa koehiiltoissa määrityksiä voitiin tervan vedettömäksi erottelu ja keitto järkipäisesti suunnitella. Suihkulauhdutinta ei näiden kokeiden perusteella katsottu olevan syytä kokonaan poistaa, koska arveltiin tervan rauhanaikaisen laadun kannalta olevan edullista käyttää sitä pesutornina.

Kajaanin koehiiltoissa ei saatu tervatulosta määrityksiä, koska suihkulauhdutintervan mittaaminen olisi muodostunut liian työlääksi. Kajaanin tervansaaliit olivat yleensä pienempiä tervaksien heikomman laadun vuoksi. Jos arvioidaan suihkulauhdutintervan osuus 15 %:ksi koko määrästä, olisi alkukäynnin aikana tehtyjen 7 koehiillon keskimääräinen tervansaalis ollut 40,8 kg/r-m³ eli 32,6 kg/p-m³.



Kuva 30. Suolahden tervatehtaan hiilto n:o 361.

Fig. 30. Pyrolysis n:o 361 in tar plant, Suolahti.

Ph = puuhappo,
Te = tervan yhteisjäte,
Py = pyörreintervä,
Pl = pintalauhdutintervä,
Sa = saapasterva.

Kajaanin tehtaan tarkkailuissa kokeiltiin hiiltoajan vaikutusta ja mitattiin eri vaiheissa käytetyn kaasunkierroksen suuruutta. Varovainen kierto oli n. 70 m³/min ja ns. täyskierto 300 m³/min. Kiertopuhaltimen teho oli 1 200 m³/min, joten sen todettiin hyvin riittävän kahdelle retortille.

Kajaanin koetulosten mukaan Ramén-tervojen keskiarvoinen tärpättipitoisuus oli n. 10 %, mutta myöhemmin tehtyjen Suolahden koehiiltojen tervojen tärpättipitoisuus oli vastaavasti 15 %. Saapastervan tärpättipitoisuus oli jälkimmäisessä tehtaassa 3–4 % ja pyörreintervan 16–17 %. Muiden tehtaiden tärpättitulokseen on tätä vaikeata verrata, koska hiiltoaakatärpätti on laadultaan hyvin vaihtelevaa. Ruotsissa väitetään hyvistä hiiltoaakatärpättistä saatavan n. 80 % puhdistettua tärpättiä, mutta meillä pyrkii keskimääräinen saalis olemaan vain 50 %. Koehiilloin saadut tulokset osoittivat myös hiilletettävän tervaspun tasakokoisuuden ja riittävän pienenä olevan hyvän tervansaaliin saannin edellytyksenä.

Suurinta vaikeutta tuotti Kajaanin ja Suolahden tervatehtaissaakin suihkulauhdutintervan kuivaksi saaminen. Yleensä todettiin olevan parasta käsitellä

eri tervajakeita erikseen mahdollisimman pitkään ja vasta suurimman puuhappomäärän erottua yhdistellä tervoja toisiinsa. Pyörreintervan raskasta puuhappoa voitiin näin käyttää apuna muiden puuhappolaatujen, lähinnä pintalauhdutintpuuhapon väkevointiin, mikä todella osittain ratkaisikin pulman. Valitettavasti tätä puuhapon jaetta saatiin hiiltoissa suhteellisen vähän.

Tervasaappaaseen täytyi putkijohtojen aukipitämiseksi johtaa lämmintä vettä. Tervasaappaan käyttöönotto vähensi pintalauhduttimeen vievän höyry- ja kaasujohdon karstoittumista. Saapastervan laimennettua puuhappoa käytettiin edelleen suihkulauhdutintpuuhapon ominaispainon alentamiseen, jolloin vastaava tervanjäte saatiin erottelusäiliössään painumaan pohjaan ja erilleen puuhapostaan.

12 m³:n vetoisia tervan erottelu-, keitto- ja varastointiasioita hankittiin Kajaanin ja Suolahden tehtaisiin lisää. Suolahden tehtaassa niitä on nykyisin neljätoista, mikä määrä on osoittautunut riittäväksi. Mainitun tehtaan isännöitsijän, tekn. H. Vuotilan on jatkuvasti onnistunut parantaa tervojen laatua mm. hiiltoämpötilaa alentamalla ja hiiltoaikaa pitkittämällä. Saapastervaa saatiin v. 1948.10 %, pintalauhdutintervaa 25 %, suihkulauhdutintervaa 15 % ja pyörreintervaa 50 % koko tervamäärästä. Vuoden 1951 aikana on saapastervan jätteen suurentunut n. 25 %:iin. Suolahden tehtaan tervantuotannon kuukausiennätys saavutettiin marraskuussa 1946, jolloin se oli 73,5 tonnia keskimäärin 2–3 % vettä sisältävää tavaraa. Tulos vastasi 69 kg/r-m³.

4-uunisen Ramén-tehtaan kojeistoja pyöritti 12 sähkömoottoria, joiden yhteinen asennusteho oli n. 60 kW. Tervan keittöhöyryn kehitykseen käytetään Suolahden tehtaassa nykyisin vain kantojen pintalahoa ja murskausjätteitä. Työväkeä oli öljyrynnistyksen aikoina tällaisessa tervatehtaassa n. 30 henkilöä, joista suunnilleen neljännes naisia. Ruotsissa tultiin toimeen tähän verrattuna melkein puolella työläismäärällä.

Oy Teollisuuden Tervatuote Ab:n toiminnan aikana Kajaanin tehdas ennätti käydä vain 8 kk ja Suolahden tehdas 7 kk. Sen jälkeen kun voiteluöljytervan sallittu vesiraja korotettiin 10 %:iin ja tärpättiraja Ramén-tehtaiden osalta niin ikään 10 %:iin, saatiin näiden tehtaiden terva suurin piirtein pysymään hyväksytyissä rajoissa. Kajaanin tervatehdas romutettiin jo vuoden 1946 aikana, mutta Suolahden tehdas siirtyi Oy Petko Ab:n hallintaan saman vuoden lopulla. Sen lähdettyä uudelleen käyntiin päästiin säiliöiden täysin tyhjennettyä lopullisesti siirtymään järjestelmälliseen erottelu- ja keittotapaan, ja tehtaan tervat ovat siis vesipitoisuudeltaan olleet vuodesta 1947 lähtien täysin moitteettomia.

Vuosina 1945—47 valmistivat Ramón-hiiltämöt seuraavat määrät tervaa:

	käynti- vuosi	käynnissä kk	tervaksia p-m ³	tervaa tonnia	kg/p-m ³
Kajaani	1945—46	8	13 700	427	31,2
Suolahti	1945—46	7	13 200	441	33,4
»	1947	6	17 100	324	46,6
Ruukki	1945—46	16	24 700	631	25,5
»	1947	6,5	10 900	312	28,6
	1945—47		69 600	2 135	30,7

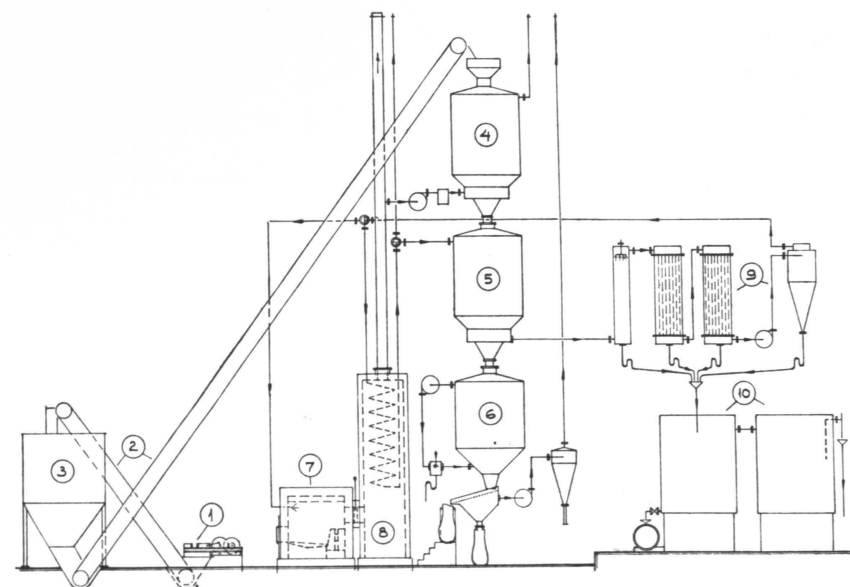
Vaunu- ja taljaretorttihiiltämöihin verrattuna saavutti Ruukin tehdas öljyrynnistuksen aikana tervas-p-m³:iä kohti siis likimain saman tuloksen, kun taas Teollisuuden Tervatuote Oy:n tehtaiden tervatulos oli vastaavasti laskien noin kolmanneksen suurempi. Suolahden tehtaalla myytiin »siviilikulutukseen» viranomaisten luvalla pariin otteeseen märkää tervaa, jonka osuutta ei tässä tilastossa ole otettu huomioon. Tervaksen laadun parannuttua ja hiiltotekniikankin varmistuttua saadaan Suolahden tehtaassa nykyisin tervatulos, joka on vaunuretorttihiiltämöjen tervan ja tärpätin yhteissaaliiseenkin verrattuna suuri. Ruukin tehdas joutui käyttämään huomattavasti heikompia tervaksia kuin Suolahden tehdas.

Mainittakoon vielä, että Ruukin 3-uunisen Ramón-hiiltämön rakentamisessa käytettiin muototerästä n. 5 000 kg, josta 1 000 kg betoniterästä, 5 mm:n paksuista teräslevyä n. 4 000 kg sekä 13—80 mm:n läpimittaista teräsputkea 500 kg. Kuparilevyä ja -putkea tarvittiin 1 200 kg. Kuparia käytettiin myöhemmin paljon lisää, kun Ruukki siirtyi yksinomaan pintalauhduksien käyttöön.

M u u t t e r v a t e h t a a t. Suurimmaksi terva-alan yrittäjäksi muodostui öljyrynnistuksen aikana Oy Petko Ab, joka perustettiin v. 1940. Tämä yhtiö, joka aloitti työnsä Petsamon kautta välirauhan aikana tapahtuneen bensiinin välivarastoinnin ja kuljetuksen merkeissä, oli hiilto-alalle siirtyessään jo ripeisiin toimintamuotoihin tottunut yrittäjä.

Yhtiö perusti ensin Rahkeen seudulle Pohjois-Karjalaan pienehkön jatkuvatoimisen runkopuun kuiluhiiltämön, joka lyhyen käynnin jälkeen kuitenkin paloi v. 1942. Autohiilen saamiseksi rakennettiin sitten Savonlinnaan tuotannoltaan maan suurin runkopuunhiiltämö, joka aloitti toimintansa maaliskuussa v. 1944 ja valmisti vv. 1944—45 yhteensä 111 600 hl hiiliä sekä otti talteen samanaikaisesti sivutuotteena 482 tonnia runkopuutervaa. Hiilletty mäntypuumäärä oli tänä aikana 18 400 p-m³.

Voiteluöljyhuollon alettua maassamme vaikeutua oli Oy Petko Ab valmis keskittämään yrittäjävoimansa myös kantotervatehtaiden rakentami-



Kuva 31. Magnusson-hiiltämön toimintaperiaate.

Fig. 31. Operation principle of Magnusson stumpwood pyrolyzing plant

seen, mikä rynnistys myöhemmin johti myös oman voiteluöljytehtaan rakentamiseen entisen hiivatehtaan suojiin Viralaan. Taljaretortteja käyttäviä Osen-hiiltämöjä rakennettiin kaiken kaikkiaan neljä, ja näistä lähtivät Tapanilan ja Viralan tehtaot käyntiin v. 1944 sekä Kurun ja Kuopion tehtaot v. 1945. Kun yhtymä oli lupautunut itse tuottamaan tervaa niin paljon, että Viralan voiteluöljytehtaan raaka-aineentarve tulisi tyydytetyksi, päätettiin viranomaisten myötävaikutuksella ryhtyä myös Savonlinnan runkopuunhiiltämössä valmistamaan kantotervaa kevästä 1945 lähtien.

Kuvassa 31 esitetään kaaviokuva tämän suurhiiltämön käyttämästä kojeistosta, jonka on suunnitellut tunnettu ruotsalainen hiiltoalan asiantuntija, siv. ins. G. Magnusson (1943).

Savonlinnan tehtaassa oli kaksi rinnakkaista tuotantoyksikköä, joissa kummassakin oli yksi 16 m³:n vetoinen teräslevystä tehty hiiltoretortti (5), samansuuruinen esikuivaussäiliö (4) ja 12 m³:n vetoinen hiilien jäähdytysäiliö (6). Hiilto tapahtui erillisessä jätepuulla lämmitettävässä uunikierukassa (7—8) tulistetuilla kiertokaasuilla, jotka heti hiillon alussa menivät retorttiin n. 450 °C:n lämpöisinä. Kierukkaauunin savukaasuilla esilämmitetyn ja esikuivatun tervasmurskeen lämpötila nousi jo parin tunnin kuluttua yli 100 °C:n, joten kuivausvaihe oli huomattavasti lyhyempi kuin Ramón-hiillossa. Hiillon kiertoaika, joka runkopuupilkettä hiillettäessä oli 8 tuntia, venyi Mammut-koneella pienennettyä, kooltaan suurempaa tervasta hiillettäessä 12 tunniksi. Retortista ulos tulevien kiertokaasujen sekä vesi- ja tervahöyryjen

lämpötila oli suurimmillaan n. 350°. Nopeasti toistuvien kaasunjäähdytysten johdosta tarvittiin jäähdytys- ja lauhdutus-pinta-alaa suhteellisen paljon. Kahden sarjaan kytketyn kuparisen putkilämmönvaihtimen (9) yhteispinta-ala oli 60 m². Melko runsastärpättisenä saatu terva erottui kaavion mukaan kojeistosta neljässä portaassa, nimittäin saappaasta, molemmista lauhduttamista sekä kiertopuhaltimen jälkeisestä pyörreytimestä.

Tärpätti teki tervan kevyeksi ja esikuivaus puolestaan puuhapon väkeväksi, joten tervan kuivaksi saanti ei tuottanut vaikeuksia. Erottelu- ja kuivaussäiliöiden lukumäärä olikin näin vain murto-osa Ramén-hiiltämön tarpeesta tässä suhteessa. Savonlinnan hiiltämössä valmistetun tervan keskimääräinen tärpättipitoisuus oli n. 15 %, mikä on otettava huomioon tervansaalislukujen vertailuissa. Tervatulos ylitti tässä jo toimintansa lopettaneessa tehtaassa parhaat Ramén-tehtaiden saaliit, ja suurin kuukausituotanto oli 105 tonnia tervaa. Hiilitulos oli luonnollisesti suurempi kuin Ramén-tehtaissa. Savonlinnan tehtaan tervan suurehkon tärpättipitoisuuden vuoksi saatiin Viralan öljytehtaassa tervasta yleensä alhaisempi öljynsaalis kuin muissa tehtaissa. Runkopuunhiillossakin oli menetelmän heikkoutena hyvästä seosteräksestä valmistetun tulistuskierukan huono kestävyys, joka korostuneena esiintyi tervaksenhiillossa. Putken sisäpintaan muodostui näet karstaa, jonka vahingollisuus ylitti esim. höyrykattiloiden putkikivettymien aikaansaamat vauriot.

Oy Petko Ab:n tervatehtaiden tuotantoluvut olivat vv. 1945—46 seuraavat:

	käynnissä tervaksenkulutus		tervaa	
	kk	p-m ³	tonnia	kg/p-m ³
Kuopio	14,5	9 100	293	32,2
Kuru	19,5	12 100	283	23,4
Savonlinna	17	29 900	1 356	45,3
Tapanila	20	10 800	298	27,7
Virala	20,5	7 300	246	33,7
		69 200	2 476	35,8

Kokonaisuutena katsoen Oy Petko Ab:n tervantuotanto oli neljännes koko valtakunnan tervantuotannosta vv. 1945—46, ja tervaskuutiometristä saadut saaliit olivat keskimäärin suuremmat kuin muiden yhtiöiden tuotantolaitoksissa. Taulukkoasetelmasta havaitaan, että tämänkin yhtiön tehdastuloksissa ilmeni selvästi tervaksen laadun ja hiiltomenetelmän vaikutus. Nyttemmin ovat kaikki tässä mainitut tervatehtaat lopettaneet toimintansa, mutta yhtiö on, kuten edellä jo mainittiin, hankkinut hallintaansa Suolahden tervatehtaan, joka raaka-aineen saannin suhteen on edullisempi. Siellä saatuja

vuoden 1947 tervansaaliita esitettiin jo Ramén-tehdastilaston yhteydessä. Oy Petko Ab:n toimitusjohtaja R. Rahikainen ansaitsee 1940-luvun tervakuninkaan arvonimen. Muuttuneissa olosuhteissa on yhtiö myöhemmin kohdistanut päätoimintansa teollisuuspolttoöljyn satamavarastoinnin ja jakelun alalle.

Metsähallituksen omistama, toimintansa jo kokonaan lopettanut Rahkeen runkopuunhiiltämö, jonka kojeistoiltaan olisi pitänyt pystyä suurempaan tuotantoon kuin Savonlinnan hiiltämö, poti melkoisia käyntivaikeuksia niin hyvin runkopuun- kuin myöhemmin kokeillun tervaksenhiillonkin alalla. Rahkeen käyttämä hiiltotapa ei ollut varsinaisesti tarkoitettu tervasten käsittelyyn. Tilastojen mukaan valmistettiin Rahkeen tehtaassa vv. 1945—46 n. 350 tonnia kantotervaa 16 000 p-m³:stä tervaksia saaliin ollessa näin 21,8 kg tervaa/p-m³. Joka tapauksessa tämäkin tervaerä oli tervetullut lisä öljytehtaiden suuren tervapulana aikana.

Sellberg-Polttoaine Oy:n Lestijärvellä sijainnut tervatehdas pääsi ominakeisten ratkaisujen mukaisilla kojeistoillaan myös varsin hitaasti käyntiin. Hiiltokyvyn piti suunnitelmien mukaan olla 10 000 m³ tervaksia vuodessa, mutta vv. 1945—46 saatiin 16 käyntikuukauden aikana käsitellyksi vain 8 800 p-m³ tervaksia. Tervantuotanto oli 222 tonnia, mikä vastasi 25 kg:a tervaa/p-m³. Tuotantoonsa katsoen tehdas tuli kalliiksi lähennellen kustannuksissa 3-uunista Ramén-hiiltämöä. Kun menetelmä oli muista poikkeava ja osoittautui paljon kehittämistä kaipaavaksi, onkin tämä hyvin ymmärrettävää. Myöhemmin saatiin tehdas kuitenkin kunnolla käyntiin, ja tervalaatujakin oli aika ajoin toistakymmentä. Tämän erikoistyyppisen hiiltomenetelmän kehitti metsänh. Sv. Sellberg (1949). Hiilto suoritetaan suhteellisen alhaisessa lämpötilassa, ja tämän ansiosta ovat valmistetut tervalaadut hyvän hautatervan tapaan varsin vaaleita väritään. Hiiltämön siirto kahtoalueelta toiselle on helposti suoritettavissa, ja nyttemmin se onkin toiminnassa Misissä Rovaniemen läheisyydessä.

Patenttiselostuksen ja siinä olevan kaaviokuvan mukaisesti tervaksen lämpökäsittely tapahtuu kojeiston rautaretorteissa neljässä eri portaassa, joissa savukaasujen lämpö tulee hyvin käytetyksi varovaiseen alkuhiiltoon ja esikuivaukseen. Varsinaisessa pyrolyysissa on lämpötila 400—300°, seuraavissa vaiheissa 270—200°, 170—100° ja 125—20°. Hyvän esikuivauksen vuoksi ei tässä metsätyömaan olosuhteissa toimivassa hiiltämössä ole keksijän ilmoituksen mukaan lainkaan ilmennyt tervan kuivaksisaannin vaikeuksia. Kaikki tervalaadut yhdistetään nykyisin yhdeksi laaduksi, joka viskositeetiltaan ja hajultaankin vastaa hautatervaa. Puuhiilitulos on tässä tavallaan jatkuvasti toimivassa hiiltämössä erittäin hyvä, n. 4 hl/m³ tervaksia. Hiilen laatu on ensiluokkainen tuotteen soveltuessa myös kemiallisen teollisuuden reduktioaineeksi.

Puuhappo on väkevää, sisältää n. 10 % etikkahappoa, ja sitä käytetään tätä nykyä pohjanahkateollisuudessa tuotannon ollessa 16 tonnia tervavettä/kk. Sellberg-hiiltämöä voitaneen pitää kantotervateollisuutemme merkittävimpänä kojeistoteknillisenä keksintönä 1940-luvun öljyrynnistyksen aikana, ja se osoittaa metsänhoitajilla tarvittaessa olevan insinööritaitoa ja -mieltä.

Tervan tuotantotilastoa

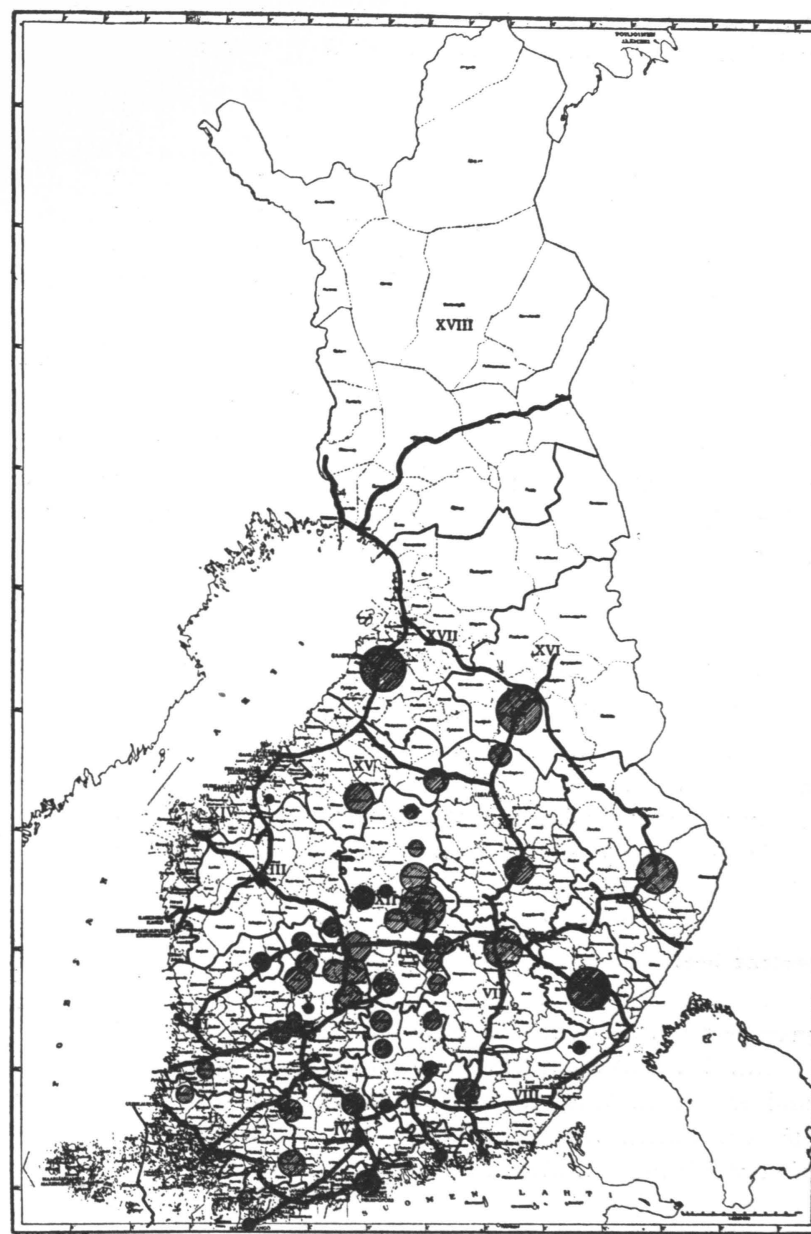
Toimintaluvan saaneiden ja käyntiin lähteneiden tervatehtaiden lukumäärä hipoi suurimmillaan viittäkymmentä, kuten kuvasta 32 käy ilmi.

Eri tervatehtasyypin puitteissa suoritettu teknillisen kehityksen katso osoittaa tervarintamalla suoritettun työn vaikeudet, joiden takia tervateollisuutemme tuotantotavoitteiden toteuttaminen pyrki hidastumaan. Tehtaiden käytön harjoittelu vei myös oman aikansa, joten tervateollisuuden tuotantohuippu saavutettiin vasta öljytehtaiden toiminnan lopettamisen aikoihin.

Vv. 1941—48 valmistettiin Suomessa tervaa seuraavat määrät:

	tervasten kulutus		tervantuotanto	
	p-m ³	r-m ³	tonnia	kg/p-m ³
1930—39	458 000		13 800	30,2
1941	33 000		1 050	31,8
1942	26 000		760	29,2
1943	40 000		1 300	32,6
1944	64 000	51 000	1 800	28,2
1945	164 000	131 000	4 150	25,3
1946	203 000	162 000	5 900	29,1
1947	130 000	104 000	3 490	26,9
1948	84 000	67 000	2 370	28,2
vv. 1941—48	744 000		20 820	28,0

Öljyrynnistyksen aikana nostettujen suurien kantomäärien laadun huonouden takia, jota liian pitkä metsävarastointi lisäksi on tuntuvasti korostanut, eivät tehtaiden tervansaalisluvut p-m³:iä kohti laskettuna ole öljyrynnistysajan jälkeen olleet sillä tasolla kuin 1930-luvulla. Eräiden tervalaatujen normaalia suurempi tärpättipitoisuus on sitä paitsi osaltaan vaikuttanut tervansaalislukujen suurenemiseen. Voiteluöljytehtaiden lopettaessa vuoden 1946 puoliväliin mennessä toimintansa pysyi tervan valmistus saman vuoden lopulla ja v. 1947 suurenlaisena, koska eräiden hiiltämöjen annettiin valmistaa varastoissaan olleista tervaksista vielä tervaa, joka sitten käytettiin teollisu-



Kuva 32. Tervatehtaat vv. 1945—46 ja Suomen rautatieverkko.

Fig. 32. Tar plants, 1945—46, and Finnish railroad lines.

den polttoaineena. Öljyntöön varsinaisina rynnistysvuosina 1945—46 oli tervan valmistus vuosineljänneksittäin esitettynä seuraava:

	1945 tonnia	1946 tonnia
I neljännes	625	1 600
II »	865	1 385
III »	1 300	1 460
IV »	1 360	1 455

Kolmen kuukauden jaksoin laskettuna oli siis tervan tuotanto suurimmillaan vuoden 1946 I neljänneksen aikana, jolloin se vastasi 6 400 tonnia/v.

Tervan valmistuskustannuksista voidaan mainita, että Suomen tervayhdistys ry:n lokakuussa 1945 tekemässä hinnankorotusehdotuksessa esitettiin 27 tervatehtaan hiilto-kustannusten keskiarvoinen jakautuminen mainitun vuoden heinä—syyskuun ajalta seuraavanlaisena:

suoranaiset valmistuskustannukset	osuus%	yhteensä %
tervakset tehtaalle tuotuna	58,3	
halkopolttoaine	8,3	
voima ja valo	1,1	
valmistustyöpalkat työnjohto mukaan luettuna	16,8	
korjaus, kunnossapito ja siivous	4,0	88,5

yleiskustannukset

pääomankorot	2,7	
verot	2,1	
vakuutukset	1,2	
hallinto	4,0	
sekalaiset yleiskulut	1,5	11,5
kaikki yhteensä		100,0

Tehtaan kuoletusta varten hinnantakuuseen sisältyi oma eränsä, joka ei esiinny tässä asetelmassa.

Tervavoiteluöljyn valmistusmenetelmän kehittyminen laboratorio-mittakaavassa

Tutkimusten suoritustapa ja laajuus

Vuoden 1940 joulukuussa ryhdyttiin Keskuslaboratorio Oy:n tekemästä aloitteesta ja kansanhuoltoministeriön toimeksiannosta tutkimaan voiteluöljyn valmistusmahdollisuuksia kotimaisista raaka-aineista. Nämä tutkimukset kohdistuivat ennen kaikkea kantoterva- ja mäntyöljyn tislusjäännöksen, ns. mäntyöljypikeen, sekä jossain määrin raakamäntyöljyyn, pikiöljyyn, koivu- ja turveterva- ja hiiltotäpättiin sekä puun alkalisessa hajottamisessa syntyviin tuotteisiin. Tarkoituksena oli kehittää menetelmä, joka vaatisi vain yksinkertaisia ja nopeasti aikaansaattavia laitteita.

Tutkimustyön johtajaksi valittiin fil.tri T. E n k v i s t. Kolmen tutkimuskemistin voimalla suoritettu työn ensi vaihe kesti vain puoli vuotta ja päättyi kesäkuussa 1941. Tutkimukset alkoivat uudelleen vuotta myöhemmin. Työn vauhti voimistui sen jälkeen hiljalleen aina siihen saakka, kun voiteluöljyn tuonti jälleen alkoi sodan päätyttyä ja sen kotimainen valmistus suorastaan yllättävän jyrkästi voitiin lopettaa. Vajaat kaksi vuotta tähän tutkimustyön toiseen vaiheeseen osallistui 2—3 kemistitutkijaa, ja noin puolitoista vuotta työtä tehtiin 5—7 tutkijan voimalla riittävän laboratorioapulaisjoukon tukeamana. Joukko teoreettisluonteisia tutkimuksia suoritettiin Helsingin Yliopiston ja Teknillisen Korkeakoulun kemian opiskelijoiden erikoistoina tri Enkvistin johdolla.

Kolmannen vaiheen tutkimustyössä muodosti tervan rauhanaikaisten käyttömahdollisuuksien selvittely, joka suoritettiin vuoden 1946 alkupuolella voiteluöljytutkimuksiin ja eräisiin tervatehdastarkkailuihin osallistuneen fil.maist. S. K a h i l a n johdolla.

Voiteluöljytutkimuksen pääkohteeksi valittiin aluksi turve- ja kantotervat, mutta jo esikokeissa havaittiin turvetervassa olevan runsaasti paraffiinin luonteisia aineksia, joten siitä valmistetussa öljyssä oli kiinteitä hiukkasia. Lisäksi saaliskin oli pieni sekä tervan valmistusmenetelmä vaivalloinen turpeen nosto- ja kuivatukseen ja tervaksen hiiltoon verrattuna korkealämpötilaisine hiiltoineen. Turpeen jalostus voiteluöljyksi synteetikaasutietä johti, kuten sanottu, liian kalliiseen ratkaisuun. Todettakoon tässä yhteydessä kuitenkin, että Suomessa on useita turve-esiintymiä, joissa alkoholibentseeniseoksella saatu uutteen määrä on n. 15—20 %. Uutteen pääaineina ovat turvevaha ja hartsihapot (E k m a n ja S u n d g r e n 1945; vrt. R a u h a l a 1949).

Sen sijaan toinen lähtöaine, kantoterva, osoittautui melko pian sopivaksi voiteluöljyn lähtöaineeksi. Kehitys muodostui näin raaka-ainepohjaltaan samantapaiseksi kuin naapurimaassamme Ruotsissa. Voiteluöljyn valmistusmenetelmä kehittyi kuitenkin alusta lähtien meillä toisenlaiseksi. Ratkaisun erilaisuuteen vaikuttivat näet useatkin tekijät, mm. se, että Ruotsissa käytettiin tervavoiteluöljyn valmistamiseen muita tarkoituksia varten jo olemassa olleita tuotantolaitoksia välttämällä näin öljytehtaiden osalta uudet pääomansijoitukset.

Enkvist on laatinut lukuisia julkaisuja tervaöljytutkimuksistaan (1950). Perustavien tutkimusten selonteko ulkomaisten tutkimustulosten rinnasteluineen on pienenä yhtenäisenä kokonaisuutena tässä yhteydessä kuitenkin tarpeen, koska se helpottaa tehtaissa tehtyjen parannusten merkityksen arviointia. Niin ikään voidaan muiden pihkatuotteiden öljytuotteiksi jalostamisesta saada tukea pohdittaessa tervatehtaiden osuutta tervaskantojen pihkan aineosien pyrolyysissa ja arvioitaessa tervatien oikeaanosuneisuutta teknillisessä mielessä.

Kantotervan laatu tislauksanalyysien valossa

Kun syvennyttään tervavoiteluöljyn valmistusmenetelmän perusajatuksen syntyyn, on luonnollisesti ensin saatava käsitys siitä, mitä kantoterva oikeastaan on. Siintola on luonnehtinut tervan, Pyroleum Pinin, puun kuivatislauksessa muodostuneeksi tummahkoksi, sakeahkoksi, öljymäiseksi, aromaattisesti tuoksuvaksi ja karvaanmakuiseksi nesteeksi (1917). Kلاس on puolestaan on nimennyt hautatervan pääasiassa hartsihappojen tärpättiliuokseksi (1923b). Hänen mielestään hartsihappojen hajaantumista on tervaksen hiillossa mahdollisuuksien mukaan vältettävä, mitä käsitystä arvosteltaessa tervan käyttöä sivelyaineena on myöhemminkin pidetty oikeana (Freym 1945).

Tervan laatuluokittelussa voidaan käyttää apuna esim. Engler-tislausanalyysia, joka perustumatta varsinaiseen jakotislaukseen kuitenkin omalla tavallaan osoittaa tervan tietyin kiehumispistevälein tislautuvat aineosuudet. Erityisesti maaöljyalalla tätä yksinkertaista tislauksanalyysia käytetään luonnehtimaan sellaisten tuotteiden kostumusta, joiden kemiallinen perusrakenne muuten tunnetaan. Tasaisten tulosten saamiseksi pitäisi tislauksnopeuden olla vakioitu, ja rinnakkaiskokeiden suoritus on suotavaa.

Tervavoiteluöljytutkimusten yhteydessä kokemus vähitellen osoitti, että voiteluöljyn saalis oli hyvä, kun Engler-tislausjake 300–360° oli suuri (mm. Enkvist, Mäkelä ja Krohn 1947). Tutkimuksissa käytettiin useimmiten Maaveden tehdastervaa, jossa mainitun »öljyjakeen» painollinen osuus oli yksitellen tehdyissä tislauksissa 54–59 %. Useat muutkin tutkitut vaunu-

ja taljaretortitervat olivat tämän tislauksanalyysin mukaan ja myöhemmin kuvattavan pienoismittakaavaisen »voiteluöljykeiton» eli pyrolyysin ja sen jälkeisen vesihöyrytislauksen sisältämän kokeen varmentamina voiteluöljyn valmistukseen yhtä käyttökelpoisia kuin ensiluokkaiseksi todettu Maaveden terva. Tämän pientä vesi- ja tärpättipitoisuutta ilmensi sen Engler-tislauksessa saatu alle 200°:n jakeen pienuus, n. 3–5 %.

Tervan vesi- ja tärpättipitoisuus pienensivät luonnollisesti osaltaan sen Engler-tislauksen öljyjaetta. Ramén-hiiltämöjen tervan laatu tuotti suuren vesipitoisuutensa vuoksi vaikeuksia niin hyvin valmistajalle kuin välittäjälle ja voiteluöljyn tekijällekin. Ramén-tervoista saatiin laboratoriokokeissa siksi alhaisia öljyn saaliita, ettei tuloksien voi katsoa johtuneen yksinomaan yllämainitun alle 200°:n jakeen suuremmuudesta (Enkvist 1945, s. 46; Kahila 1945). Aikaisemmin esitettyjen näkökohtien valossa on ymmärrettävissä näiden tervojen erikoisluonteisuus, jonka johdosta voiteluöljyn saalis saattoi olla normaalia pienempi. Tutkimuksia olisi kuitenkin pitänyt suorittaa enemmän täyden varmuuden saavuttamiseksi. Freym mukaan Ruotsissa saatiin paras öljynsaalis, mutta runsasreteenisin voiteluöljy hiillossa tärveltyneestä kantotervasta (1945). N. Hellström puolestaan on sitä mieltä, että suorittamalla hiilto oikealla tavalla voidaan parantaa tervavoiteluöljyn saalista ja laatua (1948 a, s. 26).

Edellä mainituissa Engler-tislauksissa käytettiin haarakolvaa, jonka sivuputki oli tavallista alempana. Niin ikään kokeiltiin myös ruotsalaisen vakioitun terva-analyysilaitteen käyttöä. Tulokset eivät tarkkuudeltaan olleet erityisen lupaavia, vaikka laitteen etuna toisaalta oli helppo pien poistettavuus.

Tukholman hiiltolaboratoriossa (Kolningslaboratoriet 1942) vakioitiin näet tätä tarkoitusta varten kaksikin erikokoista tislaukskojeistoa, joilla siellä määritettiin kolmen eri tervajakeen — tislaushöyryjen lämpötila alle 210°:n, 210–250° ja yli 250°:n — suuruudet. Keskiäe on peräisin lähinnä selluloosasta ja ligniinistä, ja viimeinen jake sisältää lähinnä hartsihappojen hajaantumistulokset. Tislaukskojeistossa voitiin määrittää myös syntyneet kaasumaiset jakeet, joiden osuuden tuntemus auttane tervavoiteluöljyn laadun ja saaliin arviointia. Nynäshamnin tervavoiteluöljytehtassa Ruotsissa käytettiin samantapaista yksinkertaista tislaustapaa kuin Suomessa, kun haluttiin saada varmuus siitä, että tuote oli yksinomaan kantotervaa (Enkvist 1950). N. Hellström (1943) on kuvannut tervan vesihöyrytislauksen soveltuvuutta tähän tarkoitukseen. Terva saadaan tällöin jaetuksi 3 pääjakeeseen: vesiliukoisin aineksiin, helposti haihtuviin aineisiin ja ns. perusterva. Viimeksi mainitussa on varsin vähän fenoleja ja pikiaineita. Olsson (1931) käytti aikoinaan jatkuva-toimista W arneck-vesihöyrytislainta valmistaessaan tervasta neutraaliaine- ja hartsihapporikastetta.

Tervan vesipitoisuus määritettiin Suomen tehtaissa Dea n-S tarkin ksylolitislauksmenetelmällä, jota varten kotimaassa valmistettiin kuparisia sähkölämmitteisiä kojeistoja.

Kantotervan kemiallinen koostumus

Klason tutki jo tämän vuosisadan alussa erilaisia havupuutervalaatuja ja osoitti mm. tervaksista tehdyn hautatervan tehdastervaan verrattuna runsaan hartsihappopitoisuuden ja näiden molempien tuotteiden pikeä muodostavien jakeiden suhteellisen pienen osuuden (Frey 1945). Marcusson ja Picard julkaisivat v. 1921 joukon erilaisia puutervan analyyssejä, ja heidän mukaansa eräässä männynkantotervassa oli saippuoitumattomia aineosia 53,5 %, hartsihappoja 17 %, oksihappoja 14 %, rasvahappoja 6 % sekä fenoleja 9,5 % (Bugge 1927, s. 163). Suomen tervaöljytutkimusten myöhemmissä vaiheissa tehtyjen analyysien tuloksena osoittautui Maaveden tehtaan kantotervan erään näytteen koostumus seuraavaksi (Enkvist, Mäkelä ja Krohn 1947; Enkvist 1950):

	% tervan painosta	
300 °:n alapuolella höyrystyviä aineosia:		
vettä, etikkahappoa ym. vesiliukoista	3,5	
kevyttä öljyä	7,5	
kaasuja ja tislaushäviöitä	1,7	12,7
300 °:n alapuolella höyrystymättömiä aineosia:		
<i>etyylieetteriin liukenevia:</i>		
saippuoitumattomia:		
tyhjössä tislautuvia, kp 10 mm n. 170—240 °, mm. hiilivetyjä, kuten abiteeneja, reteeniä ja hydroreteenejä	29,7	
pikiaiaineita, ei tislautuvia	8,2	37,9
happettumattomia happoja:		
vapaita hartsihappoja	16,2	
sitoutuneita hartsihappoja	4,2	20,4
vapaita rasvahappoja	3,2	
sitoutuneita rasvahappoja	3,3	6,5
happettuneita happoja, petroleett. liukenemattomia ...		8,0
»hartsiutuneita» happamia aineosia		2,2
<i>etyylieett. liukenematt. aineosia (ligniiniä ym.)</i>		3,5
<i>vaikeammin höyrystyvän tervajakeen analyysihäviöitä</i>		8,25
vesiliukoista tervaa (B-tervaa)	0,4	
hiiltä ja asfaltinluonteisia aineosia	0,05	
tuhka-aineita	0,1	0,55
	Yhteensä	100,00

Hartsi- ja rasvahappojen määrä sekä näiden keskinäinen suhde oli suomalaisessa tervassa siis likipitään sama kuin Marcussonin ja Picardin tutkimassa. Analyysinumeroista selviää, että pääosa eli yhteensä noin kaksi kolmannesta kantotervasta on enimmäkseen hiillossa syntynyttä saippuoituma-

tonta neutraaliainetta ja hartsihappoja eri muodoissaan. Suuri osa terva-voiteluöljyn hiilivedyistä on jo valmiina tervassa, joten ne on vain sopivin keinoin saatava erotetuksi ja niiden osuus sitä ennen vielä hartsihappojen ja rasvahappojenkin jatkopyrolyysilla lisätyksi.

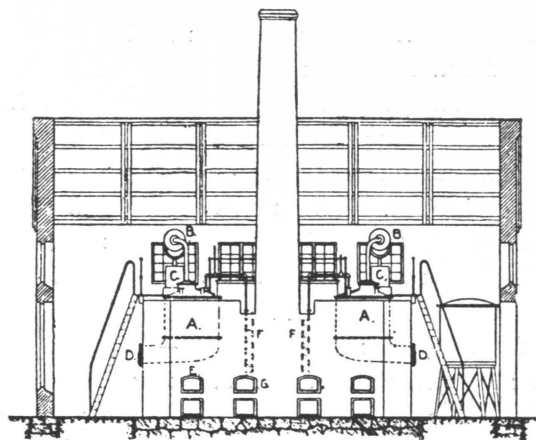
Tutkiessaan erään kantotervan petroleetteriin liukenevaa neutraaliöljyä kromatografisesti on N. Hellström osoittanut siinä olevan hiilivetyjä n. 60 %, reteeni mukaan luettuna (1948 b). Hänen mukaansa selluloosan ja hemiselluloosan hajaantumistuloksia sisältävää vesiliukoista B-tervaa on aina mukana myös tavallisessa kantotehdastervassa. Ruotsalaisen kantotervan metanolipitoisuudeksi Hellström on saanut 2–3 % (1948 a).

Kun myöhemmin ryhdyttiin käyttämään tervaa teollisuuspolttoaineena, tuli tarpeelliseksi tietää myös kantotervan tehollinen polttoarvo, joka erään kokeen mukaan oli 8 140 kaloria (Kahila 1947). Elementaarianalyysin mukaan tämä kantotervanäyte sisälsi hiiltä 77,5 % ja vetyä 8,5 %. Polttojäte oli 0,29 % tervan painosta. Tervan E₅₀-viskositeetti oli n. 32. Ruotsalaisessa standarditervassa oli n. 15 % »kevytöljyä», ja sen E₅₀ oli n. 7,5 (Hellström 1943; Frey 1945).

Tervavoiteluöljyn saaliin parantamismenetelmät

Voiteluöljyn valmistus tervasta ei ole uusi aluevaltaus kemiallisen teollisuuden alalla. Saksalaisessa teknillisessä kirjallisuudessa on tämän vuosisadan alussa esitetty menetelmiä voiteluun soveltuvien neutraaliöljyjen valmistamiseksi kantotervasta (Frey 1945). Sikälaisen tutkimuksen on tyrehdyttänyt toteamus, ettei tämänkaltaisen voiteluöljyteollisuus pysty normaaliaikoina kilpailemaan maaöljystä valmistettujen tuotteiden kanssa, osaksi tuotteen huonouden ja kalleuden sekä osaksi raaka-ainevarojen riittämättömyyden vuoksi.

Edellisen maailmansodan aikana valmistettiin Ruotsissa, kuten edellä on jo mainittu, tervasta yli 2 000 tonnia voiteluöljyä, mutta teollisuus kuoli lyhyen ajan kukoistettuaan. Bergström ja Wesslén ovat esittäneet tietoja eräästä samanaikaisesta tervaöljytehtaan tyypistä (1922). Terva kuumennettiin savukaasuilla sopivaan lämpötilaan sylinterin muotoisissa rauta-astioissa, joista sitten tislamalla poistettiin reaktiopadasta enemmän tai vähemmän neutraali öljy. Tislauksen alussa ja lopussa käytettiin apuna tulistettua vesihöyryä, ja sen päävaiheen aikana tapahtui luonnollisesti hartsihappojen pyrolyysia. Eniten tervavoiteluöljyä tehtiin Ruotsissa erään toisen menetelmän mukaan, jossa alkutislauksesta saatu raakaöljyjäe krakattiin edelleen 2–3 aty:n paineessa (Enkvist 1950).



Kuva 33. 1910-luvun lopulla rakennettu ruotsalainen tervaöljytehdas.

Fig. 33. A Swedish tar oil factory built in the twenties.

Bergströmin menetelmä oli käytössä meidänkin maassamme, jossa öljyntislaamoja oli rakenteilla 9 eri tervatehtaaseen vain kahden laitoksen ennätäessä kuitenkin käyntivaiheeseen.¹ Tislauksen jae $225-320^{\circ}$ pestiin 40° :n lämpötilassa 2-%:sella natronlipeäliuoksella, jota tarvittiin n. 30 % raakaöljyn painosta. Neutraaliöljyn erotus tapahtui väkevän ruokasuolaliuoksen avulla. Tällaisen tervavoiteluöljyn ominaisuuksia ei liene tarkoin analysoitu. Jäännöspiki oli pehmeämpää ja käyttökelpoisempaa kuin 1940-luvun tervaöljytehtaidemme pikijäännös. Sukevan tervatehdas on samaan tapaan valmistanut voiteluöljyä laivapien sivutuotteena usean vuoden aikana ja myös 1940-luvulla. Happoluku (mg KOH/g) on lipeäpesutta tehdyssä öljynkorvikkeessa vaihdellut välillä 30–40, ja viskositeetiltaan tuote kuuluu värttinäöljyluokkaan.

Jensen on laskelmoinut tämäntapaista tervaöljyä neutraloituna voitavan saada n. 31 % tervan painosta tuotteen E_{50} -viskositeetin ollessa 2,1 ja valmistuskustannusten noustessa tervan hinnan suhteen 3-kertaisiksi (1945). Enkvist sai eräissä katalyyttita ja ilman vesihöyryä tekemissään alustavissa tislaukskoikeissa laboratoriossa jopa 40 %:n saaliilla neutraalia värttinäöljyä Maaveden tervasta (1949).

Jo edellisen kriisikauden tervaöljymenetelmien keksijöillä oli siis pääpyrkimyksenä saada tervasta sen neutraaliaine erotetuksi tislauksella ja samalla osa tervan hartsihapoista hajotetuksi korkeassa lämpötilassa neutraaliaineeksi.

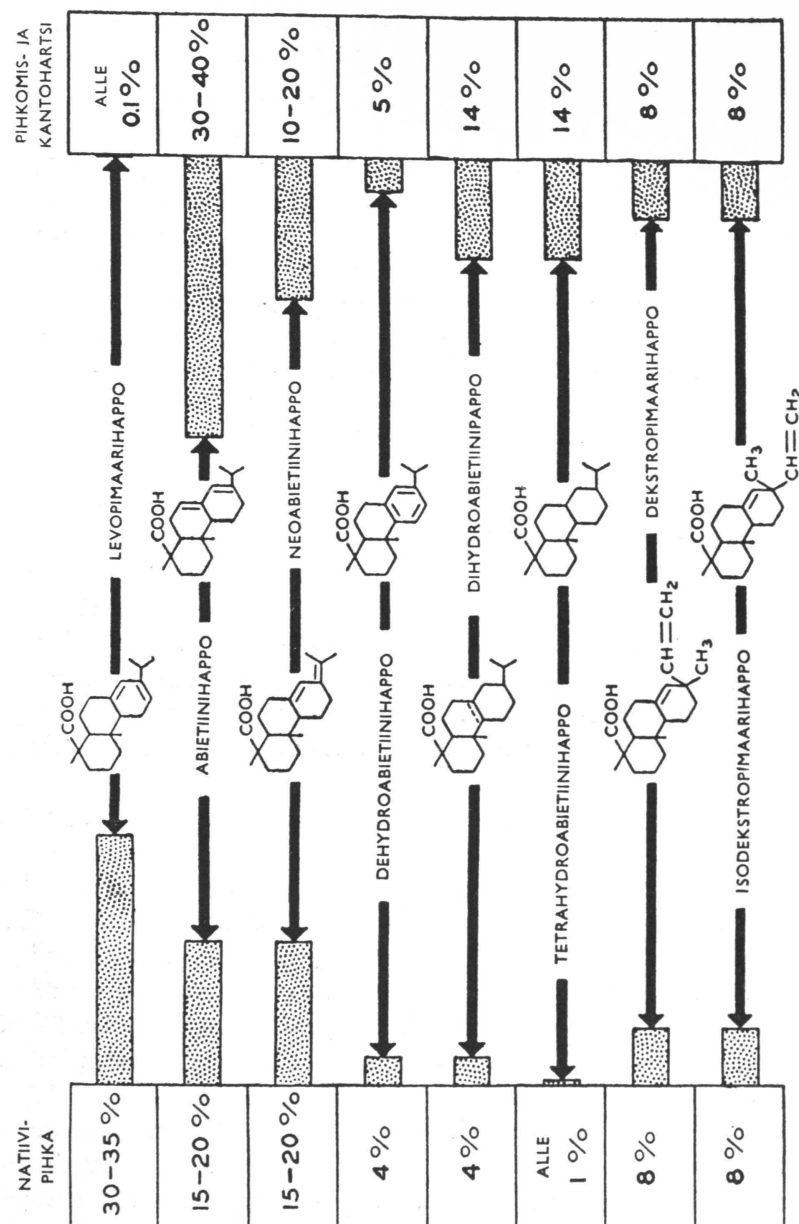
¹ Ins. A. Hellströmin suullisen tiedonannon mukaan.

Pyrittäessä tarkoituksellisesti muuttamaan tervassa ja muissakin pihkan väljalosteissa olevia harts- ja rasvahappoja voiteluöljyksi soveltuviksi aineiksi käytetään pyrolyysia, joka on koetettava ohjata sellaiseksi, että reaktiotulokset olisivat mahdollisimman suurimolekyyllisiä hiilivetyjä riittävän viskositeetin saamiseksi öljytuotteeseen. Koska hartsihapot ja suuri osa ko. rasvahapoistakin ovat tyydyttämättömiä yhdisteitä, on voiteluöljyn laadun kannalta edullista, jos reaktion tuloksena syntyvien aineiden luonne on muuttunut tyydytetyimmäksi. Kiinteässä muodossa olevien hiilivetyjen kuten reteenin syntyä on koetettava estää, koska ne alentavat voiteluöljyn jähmettymispistettä ja siten rajoittavat sen käyttömahdollisuuksia.

Pyrolyysilla ymmärretään teknillisessä kemiassa jonkin aineen muuttamista toiseksi joko yksistään lämmön vaikutuksesta tai lisäksi katalyyttia apuna käyttäen (Markley 1947). Niinpä myös harts- ja rasvahappojen terminen hajottaminen voidaan suorittaa joko katalyytteita tai näiden läsnäollessa. Kolmanneksi vaihtoehdoksi voidaan ottaa kuumentaminen kalkin tai muiden emästen kanssa, koska tällöin ainakin osaksi on kysymys harts- ja rasvahappojen suolojen pyrolyysista.

Hartsihappojen pyrolyysi. Havupuun sekä fysiologisen että patologisen pihkan ja niistä saatujen tuotteiden hartsihapot ovat molekyylinsa hiilirungon suhteen kahdenlaatuksia, abietiini- ja pimaarityyppejä, kuten monet tämän alan tutkijat ovat osoittaneet. Edelliseen ryhmään kuuluvat Harrisin mukaan (1948) levopimaari-, abietiini-, neoabietiini-, dehydroabietiini-, dihydroabietiini- ja tetrahydroabietiinihapot, jälkimmäiseen taas dektropimaari- ja isodektropimaarihapot. Abietiini-ryhmän hapot tuottavat dehydrattaessa rikin ja seleenin kanssa aromaattista reteeniä, kun taas pimaarihaposta syntyy tällöin pimantreenia, joka myös on kiinteä hiilivety. Abietiinityypin hartsihapoissa on isopropyli- tai isopropyylideeniryhmä C-7:ssä, ja niissä on aina kaksi konjugaatioasemassa olevaa kaksoissidosta. Pimaarityypin hapoissa taas on metyyli- ja vinyyliryhmä C-7:ssä, joka näin on kvaternäärinen ja estää pimaarihapojen konjugoitumisen. Edelliset isomeroituvat herkästi lämmön vaikutuksesta ja hapettuvat ilmassa, pimaarihapot sen sijaan eivät. Molemmissa hartsihappotyypeissä on karboksyyli kiinni kvaternäärisessä C-1:ssä, mikä puolestaan on merkinä suhteellisen herkästä dekarboksyloitumisesta (kts. kuva 34).

Harhauttavannimistä levopimaarihappoa on Harrisin tutkimissa southern pinen (*pinus palustris*) natiivihartseissa noin kolmannes, mutta talteenotto- ja jalostuskäsittelyissä se isomeroituu herkästi — lämpötilan noustua yli 50° :n tai aivan vähäisen mineraalihappomäärän läsnäollessa — abietiinihapoksi, jota samoin kuin neoabietiinihappoa on natiivihartsissa alkuaan 15–20 %. Näiden kolmen hartsihapon koostumus on $C_{20}H_{30}O_2$ eli



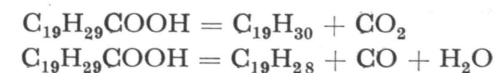
Kuva 34. Erilaisten hartistuotteiden koostumus Harrisin mukaan.
Fig. 34. Composition of different rosin products according to Harris.

$C_{19}H_{29}COOH$. Kemiallisen rakenteen erilaisuus ilmenee struktuurikaavoissa olevien kahden kaksoissidoksen toisistaan poikkeavana sijaintina. Sama elementaarikokoomus on pimaarityypin hartsihapoilla, joiden osuus natiivihartsissa on yhteensä n. 15 %.

Abietiinihaposta syntyy kuumennettaessa vedyn lohkeamisen kautta dehydroabietiinihappoa ($C_{20}H_{28}O_2$) irronneen vedyn normaalisti samalla liittyessä toisiin abietiinihappomolekyyleihin antaen tulokseksi dihydroabietiinihappoa ($C_{20}H_{32}O_2$) ja tetrahydroabietiinihappoa ($C_{20}H_{34}O_2$). Tällaista kuumennuksessa syntyvää hartsihapposeosta, jossa varhemmin ei tiedetty lainkaan olevan tetrahydroabietiinihappoa, nimitetään pyroabietiinihapoksi. Sen koostumus vaihtelee jossain määrin, ja teknillisessä pyrolyysissa voidaan seokseen saada tiettyjä muutoksia erilaisia katalyytteja käyttämällä. Pyroabietiinihappo, jonka komponentteja Harrisin mukaan on jo natiivihartsissa n. 10 %, on pysyvämpi yhdiste kuin abietiinihappo, ja sen syntyä edistävää termistä käsittelyä on tapana nimittää hartsin stabiloinniksi.

Pimaarihapot ovat siis lievää kuumennusta ja myös hapetusta enemmän kestäviä. Mäntypuurunkojen pihkomishartsin (gum rosin) ja männynkantojen uutoshartsin (wood rosin) jalostuksessa ne pysyvät Harrisin tutkimuksien mukaan muuttumattomina samoin kuin ilmeisesti sulfaattiselluloosakeitossakin.

Mm. maaliaineiden ja painomustevärien sekä eristeöljyjen raaka-aineeksi soveltuvan, pääkokoomukseltaan hiilivetyjä sisältävän ns. hartsiöljyn (ransk. huile de résine) pyrolyyttiseen valmistukseen tähtääviä tutkimuksia ja patenttikehitelmiä on lukuisasti peräisin jo viime sotaa edeltäneeltä ajalta, kuten mm. T a m m e l a n tekemästä kirjallisuustutkimuksesta selviää (1948). Jo pyroabietiinihapon muodostumiseen tarvittavassa lämpötilassa tapahtuu hartsihappojen muuttumista neutraaliaineiksi, mutta vasta yli 300 °:n lämpötilassa tämä pyrolyysimuoto tulee merkittävän suureksi. L e v y n j o v. 1906 esittämien reaktiokaavojen mukaan tapahtuu abieteeni- ja abietiinihiilivetyjen ($C_{19}H_{30}$ ja $C_{19}H_{28}$) synty hartsihapoista seuraavasti:

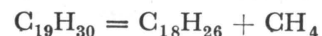


Sveitsiläinen R u z i c k a olettaa ensin lohkeavan vettä pois, jolloin syntyy hartsihappoanhydridi sitten hajoaa mainituiksi hiilivedyiksi, hiilidioksidiksi ja hiilimonoksidiksi. L a L a n d e on USA:ssa suorittanut männynkannoista uuttoteitse valmistetun hartsin abietiinihappojakeen katalyytittomia pyrolyysikokeita 1–15 tunnin pituisin reaktioajoin 175, 230, 275, 330 ja 385 °:n lämpötiloissa (1934). Suorittamalla tarkkoja hiilidioksidin, hiilimonoksidin ja reaktiossa syntyneen veden määrän mittauksia sekä määrittä-

mällä reaktiojäännöksen happo- ja saippuoitumisluvut hän saattoi laskelmillaan ja graafisella tulosanalysoinnillaan varmistua siitä, että abietiinihappo-anhydridin muodostuminen oli vielä 330 °:ssa hallitsevampi reaktio kuin dekarboksylointi. Toisin sanoen anhydridin muodostumista esiintyisi abieteenin ja abietiinin syntymisen rinnalla. 15 tunnin pyrolyysissä oli dekarboksylointi 330 °:ssa saavuttanut 31 %:n ja 385 °:ssa 75 %:n asteen. Hiilimonoksidin mooliekvivalenttinen suhde hiilidioksidiin oli edellisessä lämpötilassa 1:4, mutta jälkimmäisessä noin 2:1, mikä osoittaa abietiinin synnyn päässeen voitolle. Hiilivety-yhdisteitä hän ei tarkemmin tutkinut, joten mahdolliset jatkoreaktiot jäivät epäselviksi.

Monivuotisen tutkijankokemuksensa perusteella on ranskalainen »pihka»-instituutin professori R. Lombard laatinut esityksen hartsihappojen katalyyttittoman pyrolyysin reaktioista (1946). Hänen mukaansa muodostuu pihkomisteitse valmistetussa hartsissa, jossa levopimaarihappoa ei enää esiinny, 240–280 °:n lämpötiloihin kuumennettaessa pyroabietiinihappoa, ja samanaikaisesti tapahtuu lievää dekarboksylointia, mikä saavuttaa 30 %:n asteen 400 tunnin kuluttua 240 °:ssa ja 100 tunnin kuluttua 280 °:ssa. Kaksi kaksoissidosta sisältävää, ilmassa suhteellisen helposti hapettuvaa abieteenia syntyy Levyn ensimmäisen reaktioyhtälön mukaisesti aina 300 °:seen saakka kaasumaisten reaktiotulosten sisältäessä siis pääasiassa hiilidioksidia. Lämpötilan edelleen noustessa tapahtuu abieteenin muuttumista vetysiiroin pyroabieteeniksi eli de- ja dihydroabieteenien seokseksi. Hartsihappoanhydridien muodostumista ei hänen mukaansa tapahdu. La Landen havainnoista tässä suhteessa poikkeava tulostoteamus johtuu ehkä käytetyn hartsiraaka-aineen erilaisuudesta.

360 °:seen mentäessä voimistuu moni-isomeerisen abietiinihiilivedyn muodostuminen vettä ja hiilimonoksidia samalla tuottaen. Abietiinin ohella syntyy myös pyroabietiinia ($C_{19}H_{30} + C_{19}H_{26}$) sekä metaanin ja vaihtelevan vetymäärän pois lohjetessa erilaisia hydroreteenejä. Näistä Lombard olettaa oktahydroreteeniä muodostuvan runsaasti, koska se yhden bentseenirengaan rungossaan sisältäen on suhteellisen pysyvä ja koska se syntyy abieteenista yksinomaan metaanin lohkeamisen kautta seuraavasti:

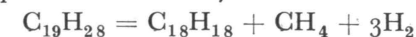


Hartsihappomolekyylin kvaternääriseen C_{11} :een liittyvän metyyliryhmän on Klingstedt (1947) olettanut lohkeavan pyrolyysissä herkemmin pois kuin muut hiilivety sivuketjut tai näiden osat (vrt. Lombard 1946, rakennekaavat).

Tämänluonteisten hajaantumisreaktioiden tullessa vallitseviksi on teknillisessä kemiassa tapana nimittää prosessia krakkaukseksi, joka siis tapahtuu yleensä korkeammassa lämpötilassa kuin tavallinen pyrolyysi. Ranskassa

on suoritettu hartsihappojen krakkaustutkimuksia laboratoriomittakaavassa lämpötila-alueella 500–900 °.

Tervavoiteluöljyn valmistusmenetelmän muotoiluun Suomessa ratkaisevasti vaikuttanutta reteeniä ($C_{18}H_{18}$) syntyy, kun esim. abietiinista metaanin ohella lohkeaa pois riittävästi vetyä:



Lombardin esityksen mukaan reteenin syntymä tapahtuu vasta 360 ° ylitävissä lämpötiloissa. La Landen kokeissa pysyi 15 tuntia 385 °:ssa kuumennettu hartsihappojäännös huonelämpötilaan jäädytettynä nestemäisenä, joten reteenin muodostuminen ei liene ollut vielä rajua. Eräiden tervavoiteluöljyjen valmistuksessa tehtyjen havaintojen perusteella Enkvist otaksuu reteeniä muodostuvan voimallisesti 380 °:ssa (1950). Tämä osoittaa, että reteenin muodostumista tavallaan pelättiin Suomen tervaöljytutkimuksissa hieman liikaakin, varsinkin alkuaikoina (Enkvist 1945). Ruotsin tervan-krakkaamoissa ylitettiin tavallisesti 380 °:n lämpötila, joka saikin aikaan reteenin merkittävää lisääntymistä. Reteenin runsas esiintyminen tervassa on merkinä siitä, että kannonhiiltämissä retortin sisällä oleva lämpötila nousee ainakin paikka paikoin mainitun kriittisen lämpötilan yli. Suomessa hyvänä tervatyypinä pidettyä Maaveden kantotervaa Hellström pitää voimakkaasti krakattuna (1948a). Edellä esitetty hartsihappojen pyrolyysin selvittely antaa tervan kemiallisen koostumuksen karkean tuntemuksen täydennyksenä yleensäkin jo käsityksen siitä, miten tervasten hartsiaineet hiillettäessä koostumukseltaan muuttuvat ja selvittävät tervatehtaiden olennaisen osuuden tervavoiteluöljyn valmistuksessa. Mainittakoon lyhyesti, että ruotsalaiset tutkijat Olsson ja Brandberg (1951) ovat soveltaen Harrisin (1948) kehittämää hartsihappojen erottelumenetelmää vastikään analysoineet tarkasti erään kantotervanäytteen hartsihapot, joista merkittävimmät olivat dehydroabietiinihappo (70–75 %:n osuus), abietiinihappo (10–12 %) ja dektropimaarihappo (alle 10 %). Näin on Enkvistin ja Mäkelän lähinnä jodilukujen ja optisen aktiivisuuden määritysten perusteella (1948) tekemä oletamus jodiluvun o omaavan dehydroabietiinihapon runsaasta esiintymisestä männyn erään hartsihapposeoksen dekarboksylointijätteessä ja sen perusteella tervassakin osoittautunut oikeaksi. Desalbres on myös todennut mainitun hartsihapon, jonka kuten oktahydroreteeninkin rakenteessa esiintyy yksi bentseenirengas, dekarboksyloituvan huonosti (Lombard 1946). Raakamäntööljyä lähtöaineena käyttäen on USA:ssa kehittännyt useita dehydroabieteenihapon valmistusta koskevia patenteja Hasselström, joka on eräässä julkaisussaan kiinnittänyt erityistä huomiota sen pysyvyyteen lämpökäsittelyissä ja siten sopivuuteen kemian teollisuuden raaka-aineeksi (1944).

Wahlforssin esittämän reteenitutkimuksen historiikin mukaan (1924) havupuutervan tislauksen jälkijakeista eristettiin reteeniä jo vuonna 1858. Karamanin mukaan kantotervassa pitäisi olla reteeniä 15–20 % (1947), mutta tämä havainto koskenee erittäin korkeissa hiiltolämpötiloissa tarveltyä tervaa. Laakso on Tukholman hiiltolaboratoriossa suorittamissaan kokeissa todennut erään kantotervalaadun sisältäneen 9 % reteeniä (1949).

Hartsihappojen pyrolyysissa ensiksi syntyvät abieteeni- ja abietiinihiilivedyt soveltuvat herkästi kuivuvina tuotteina voiteluöljyn raaka-aineeksi huonosti, mutta hyvin sen sijaan maaliaineiksi. Pyroabieteeni ja pyroabietiini sekä huonelämpötilassa nesteinä vielä pysyvät oktahydroreteeni ja tetrahydroreteeni ovat voiteluöljyn raaka-aineeksi paremmin soveltuvia (Lombard 1946; Enkvist 1950).

Haluttaessa välttää reteenin ja dihydroreteenin muodostumista on edullista tehdä hartsihappojen pyrolyysi katalyyttien läsnäollessa, jolloin lämpötila voidaan pysyttää suhteellisen alhaisena ja näin estää myös öljyn viskositeettia alentavaa sivuketjujen tarpeetonta lohkeamista. Tarkoitukseen soveltuvia katalyyttisiä menetelmiä on tutkittu ja patentoitu jo ennen sotaa koko joukko. Asiaa valaisevia selvittelyjä tehtiin 1940-luvulla erityisesti Ranskassa (Lombard 1946), jossa pihkomishartsista valmistettiin melkoisia määriä voiteluöljyä (ns. huiles de colophone) erilaisilla patentoiduilla menetelmillä. Sinkkikloridin todettiin riittävästi katalysoivan hartsihappojen pyrolyysia jo 200 °C:ssa, jolloin tuloksena saatiin melkein neutraaleja öljyjä 15 %:n abieteenipitoisuuksin. 350 °C:n lämpötilassa saatiin öljyjä, joista abietiinihapporunko oli hävinnyt, sillä seleenin kanssa kuumennettaessa niistä syntyi reteeniä hyvin vähän. Rauta- ja nikkelijauhetta katalyyttinä käytettäessä ei tällaista muutosta saatu aikaan, mutta tuotteet soveltuivat voiteluöljyksi.

Suomessa tekivät Enkvist ja Mäkelä (1948) kiteisen mäntyöljyhartsin hartsihapposeoksen, »pinabietiinihapon», dekarboksyloimistutkimuksia käyttäen tavallisessa paineessa ja useimmiten 300–310 °C:n lämpötiloissa tehdyissä kuumennuksissa monia tällaisiin tarkoituksiin soveltuvia katalyytteja ja suorittaen myös kaasumaisten reaktiotulosten suunnistavia analysointiteja, joiden perusteella on tehty otaksumia reaktion luonteesta. Tieteellisessä mielessä mielenkiintoinen oli fosforiwolframhappokatalyytin¹ suuri teho. Nämä tutkimukset tehtiin tervavoiteluöljyn valmistuksen loppuvaiheissa, joten selvään graafiseen tulosanalysointiin riittäviä koesarjoja ei voitu suorittaa. Tervasta eristetyt hartsihapot hajaantuivat hitaammin kuin mäntyöljyharts.

¹ Ranskalaisissa julkaisuissa on selostettu fosforihappokatalyytin soveltuvuutta hartsihappojen pyrolyysiin (Lombard 1946).

La Landen kokeissa korostuneesti esille tulleen hartsihappoanhydridin syntymisen todettiin olevan vähäistä. Katalyyttien avulla dekarboksylointi tapahtui 300 °C:ssa yhtä nopeasti kuin ilman niitä 350 °C:ssa. Rautakloridit ja nikkeliasetaatti olivat tehokkaita katalyytteja, kun sen sijaan Sandelinin (1925) ja Klingstedtin (1947) samaan tarkoitukseen menestyksellä käyttämä nikkelioksalaatti osoittautui tehottomaksi. Rautajauheen suhteen tulokset näyttivät osittain positiivisilta (Enkvist ja Mäkelä 1948), joskin Enkvist eräässä toisessa julkaisussaan toteaa sen eristettyjen mäntyöljyhartsihappojen tapauksessa olevan käytännöllisesti katsoen tehoton (1949, s. 63). Myös valkaisumaa osoittautui hyväksi katalyytiksi, joten sitä koskevia tutkimuksia olisi ollut mielenkiintoista suorittaa enemmän, eritoten kun suomalaisistakin savista onnistuttiin öljyrynnistyksen aikana valmistaamaan kohtalaisenlaatuista valkaisumaata (Hentola 1951). Ranskassa käytettiin valkaisumaakatalyyttia hartsivoiteluöljytehtaissa (Lombard 1946).

Hartsihappojen katalyyttistä prosessia on joka tapauksessa ulko- ja kotimaisten tutkimustulosten avulla nyt paljon helpompi ymmärtää kuin vielä ensimmäisten tervavoiteluöljytehtaiden käyntiin lähtiessä, jolloin ei ollut luetavissa siihen mennessä alalla tehdystä tutkimuksesta kirjallisuusyhteenvetoa. Klingstedt (1947) on tosin alleviivannut sitä tosiasiaa, ettei kukaan vielä ole tehnyt hartsihappojen pyrolyysista järjestelmällistä, täydellistä ja kvantitatiivista tutkimusta. Hän korostaa tässä mielessä käytettyjen lähtöraaka-aineiden epämääräisyyttä ja ilmeisesti aivan oikein kiinnittää huomiota myös katalyyttien valmistustapaan sekä toteaa niiden tiettyjen epäpuhtauksien vaikutuksia pyrolyysin onnistumiseen.

Yleiskuvaa hartsihappojen pyrolyysista selvittää vielä Lombardin (1946) laatima hartsihappojen pyrolyysimuutosten luettelo, joka voidaan ryhmitellä seuraavasti:

- 1) kaksoissidoksen ja sivuketjun siirtymiset,
- 2) hydrautumiset ja dehydrautumiset,
- 3) hiilirenkaan, sivuketjun ym. katkeamiset,
- 4) polymeroitumiset ja kondensoitumiset.

Eräät tutkijat ovat lausuneet arveluja, että ko. hartsihapot ja hiilivedyt voivat dimeroitua, ja niin ikään pidetään laktonien ja esterien muodostumista mahdollisena. Dekarboksyloitumisen ohella tapahtuu siis joka tapauksessa orgaanisten happojen pyrolyysissa monia muita reaktioita, joiden sopivaan suuntaan katalyyttisesti ohjaaminen, kuten edellä jo on osittain viitailtu, on tärkeitä, olipa sitten kysymyksessä kuivuvien öljyjen tai voiteluöljyjen valmistus. Orgaanisen kemian reaktioissa usein niin tärkeän katalyytiikan perusteiden tuntemuksen lisääntyminen maassamme tulee varmasti

helpottamaan myös teknillisen kemian edustajien tarvitsemaa teoreettista tietämystä tällä alalla koetehdas- ja tuotantoportaaseen siirryttäessä.

Enkvist ja Mäkelä selvittivät hartsihappojen pyrolyysitutkimuksissaan myös pienien emäslisäysten vaikutusta katalyysin kulkuun (1948). Kalkkiyhdisteiden todettiin jossain määrin häiritsevän mm. rautakloridin katalyyttistä vaikutusta, ja natriumkarbonaattilisäys esti sen kokonaan mäntyöljypikeä dekarboksyloitaessa. Natriumhydroksidi — 0,12 % hartsihapposeoksen painosta — yksinään käytettynä hidastutti mäntyöljyhartsin hajoantumista.

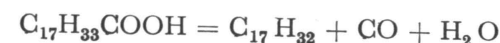
Rasvahappojen pyrolyysi. Sota-aikojen luomissa pulatilanteissa pyrkii rasvojen riittävyys jo ravintoaineeksi ja saippuan raaka-aineeksi tuottamaan vaikeuksia, joten rasvahappojen pyrolyysia voiteluöljyn korvikkeiksi on käytetty vain erityisen kriittisissä tilanteissa. Tällainen olotila oli Suomessa viime sodan jälkeen, jolloin melkoisia määriä raakamäntyöljyäkin oli pakko käyttää tähän tarkoitukseen. Myös Kiinassa on valmistettu vuodesta 1937 lähtien rasvahappoestereitä sisältävistä kasviöljyistä pyrolyysin avulla moottorinpolttoaineita ja voiteluöljyä (Markley 1947). Koska rasvahappoja on jonkin verran männynkannon pihkassa ja tervassakin, on paikallaan jo tässä yhteydessä lyhyesti tarkastella rasvahappojenkin pyrolyysia.

Mäntypuun pihkassa olevien natiivirasvahappojen ja tervan rasvahappojen eri yksilöiden osuuksia ei liene toistaiseksi analysoitu. Kuten tuonnempana esitetystä raakamäntyöljyn kemiallisesta koostumuksesta selviää, on siinä rasvahappojen osuus kokonaisuudessaan n. 45 %. Tästä määrästä on tyydyttyjä rasvahappoja keskimäärin kymmenes pääosan ollessa tyydyttämättömiä, lähinnä öljyhappoa, linoliappoa ja linoleenihappoa.

Ketonien valmistus kuumentamalla eräiden rasvahappojen kalsium- ja bariumsuoloja on jo noin sata vuotta ollut tunnettua. Japanissa 1920-luvulla tehdyissä tutkimuksissa on rasvahappojen kalsiumsuolojen hajoantumisen ketoneiksi todettu alkavan 350–400 °:ssa, mutta magnesiumsuolojen jo 300 °:ssa (Markley 1947). Sooda- ja sulfaattiselluloosatehtaiden mustalipeän korkeapainepyrolyysin tutkimuksissa on niin ikään havaittu pieni molekyylisten rasvahappojen Na-suolojen hajoantuvan ketoneiksi lämpötila-alueella 350–450 °, kun taas ylimääräisen alkalien samalla läsnäollessa syntyy vastaavia hiilivetyjä (Johansson 1942).

Grün, Ulbrich ja Krczil valmistivat vahasynteesien lähtöaineiksi likimain teoreettisella saaliilla ketoneja kuumentamalla lauriini-, myristiini-, palmitiini- ja steariinihappoja rautajauhekatalyytin läsnäollessa 270–300 °:ssa kolmen tunnin ajan (1926). Näiden tutkijoiden mukaan rautaisen reaktiopadan kuumat seinät riittävät jo katalysoimaan hajoamisreaktion nopeaksi. Ruzicka apulaisineen on 1930-luvun alkupuolella todennut eräiden

tyydyttämättömien rasvahappojen hajoantuvan ketoneiksi raudan katalysoimassa pyrolyysissa (Markley 1947). Tämä siis viittaa siihen, että myös tervaskannon pihkassa olevat rasvahapot muuttuvat hiiliosittain neutraali-aineiksi. Marks ja Howardin tutkimuksessa on osoitettu öljyhapon hajoantuvan nikkelikatalyytin läsnäollessa muodostaen heptadekadienihiilivetyjä seuraavan reaktion mukaisesti (1928):



Öljyhapon dekarboksyloitumisessa tapahtunee myös hiilidioksidin lohkeamista samaan tapaan kuin hartsihappojen pyrolyysissa.

Suomessa 1940-luvulla suoritettut tislatusmäntyöljystä eristetyn rasvahapposeoksen katalyyttiset pyrolyysitutkimukset olivat vielä suppeammat kuin hartsihappojen lämpöhajoantumisen kokeilut, ja katalyyttisarjakin oli vähäisempi (Enkvist 1948a). Pääkokeet tehtiin 334 °:ssa. Sinkkikloridi ja rautakloridi eivät katalysoineet rasvahappojen hajoantumista 330 °:ssa yhtä paljon kuin hartsihappojen 300 °:ssa, mutta rautajauheen ja rautaresinaatin suhteen oli tulos tässä mielessä positiivinen. Rautajauhekatalyysissa syntyi pääasiassa ketoneja, nikkeliasetaattia käytettäessä otaksuttavasti myös hiilivetyjä. Pienten emäslisäysten vaikutusta pelkkien rasvahappojen pyrolyysiin tutkittiin tekemällä yksi suunnistava koe litiumkarbonaatilla.

Ko. ketonit ovat kiinteitä aineita, sillä esim. oleonin sulamispiste on 59 ° ja stearonin 89 °. Niillä on siis voiteluöljyn laadun kannalta yhtä haitallinen vaikutus kuin reteenillä tai dihydroreteenillä.¹⁾

Rasvahappojen pyrolyysissa ilmenee dekarboksyloitumisen ohella kaiketi samantapaisia sivureaktioita kuin edellä todettiin hartsihappojen suhteen mahdolliseksi. Onhan esimerkiksi tunnettua monien kasvi- ja kalaöljyjen jalostustekniikassa 1930-luvun puolivälistä lähtien hyväksi käytetty tyydyttämättömien rasvahappojen pyrolyysipolymerointi. Ko. menetelmiä kehitellessä on sovellettu Brandley'n teoriaa orgaanisten yhdisteiden polymeeroitumismahdollisuuksista. Rasvahappojen lämpöpolymeeroitumisen ehtona on, että molekyyliarakenteessa täytyy olla vähintään kaksi seuraavista »funktionaali»ryhmistä: kaksoissidos, hydroksyyli-ryhmä ja karboksyyli-ryhmä (mm. Markley 1947).

Paineolosuhteiden vaikutus hartsi- ja rasvahappojen pyrolyysiin. Katalyyttien ohella vaikuttavat ilmeisesti myös reaktiotilan paineolosuhteet ko. pyrolyysin luonteeseen. Tämä käy ilmi mm. Jensenin tuohentervatutkimuksista (1948). Kokeissa käytetty tuohenterva sisälsi eetteriin liukenevia aineita n. 38 paino-%, pää-

¹⁾ Reteenin sp. on 98 ° ja dihydroroteenin 64–65 ° (Nyman 1934).

asiassa betuliinia (triterpeenialkoholia $C_{30}H_{50}O_2$), kun taas alkoholiuutteen, määrältään vajaat 6 %, merkittävä osuus oli todennäköisesti parkkiaineita. Eräiden oksirasvahappojen polymeerista kondensaatiotuotetta, suberiinia, oli tuohessa n. 10 %. Kysymyksessä oli siis kemialliselta koostumukseltaan jos-sain määrin pihkakasta tervasta lähentelevän puuaineksen pyrolyysin selvittely, jollaista kirjallisuudesta ei ole löydetty. Tyhjöhiilossa saadun tervan neutraalijakeen E_{50} -viskositeetti (5,7) oli merkittävästi suurempi kuin ulkoilmapaineisen pyrolyysin tapauksessa (2,2). Näyttää siis siltä, että tyhjöä säätämällä voitaisiin öljytuotteen viskositeettia aika paljon muuttaa. Tervon orgaanisten happojen pitoisuus, joka sinänsä oli suhteellisen pieni, viittasi siihen suuntaan, että dekarboksyloituminen oli alipainehiilossa tavalliseen pyrolyysiin verrattuna lievempää. Samoin oli vesihöyrylisäyksisen pyrolyysin laita. Tutkija on myöhemmin selvittellyt syntyneiden hiilivetyjen rakennetta ja käyttömahdollisuuksia (1950).

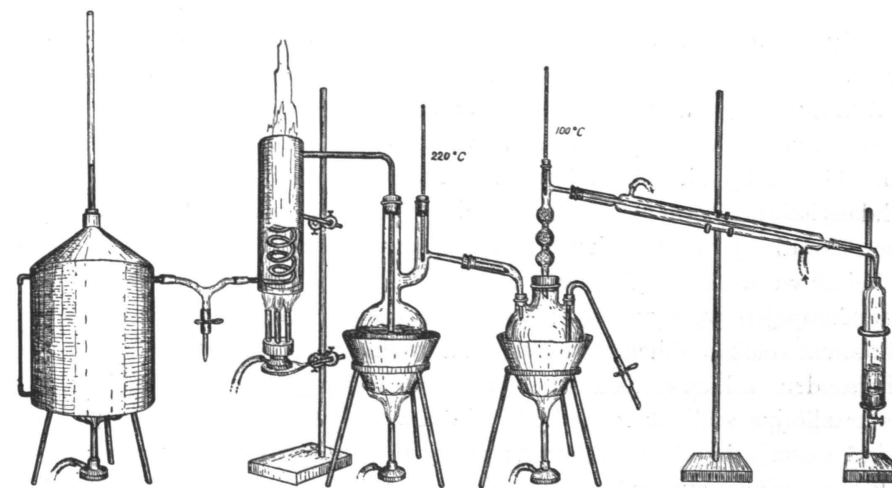
Murto ja Kiviharju taas ovat suorittaneet huolellisesti pestyn ja varovaisesti kuivatun sulfaattisuovan tyhjöpyrolyysikokeita, joissa saatiin suhteellisen hyvä saalis (n. 60 % mäntyöljyaineksen painosta) neutraalia voiteluöljynluonteista tuotetta (E_{50} n. 4), jonka kemiallista koostumusta ei sota-ajan vaikeuksissa kuitenkaan ollut mahdollista tutkia (1949). Mäntyöljyn hartsi- ja rasvahappojen voiteluöljyksi jalostamisen mahdollisuutta tällä uudella menetelmällä tukevat mm. sveitsiläisten kemistien Pictet'n ja Potockin (1919; vrt. Johansson 1942) saamat hiilivetytulokset heidän tislatessaan natriumstearaattia tyhjössä (13–15 mm Hg abs).

Eräissä Ruotsissa patentoidussa menetelmässä (Lindblad 1928) väitetään hartsi- ja rasvahapoista syntyvän hiilivetyjä pyrolysoitaessa sulfaattisuopaa vähintään 30 aty:n paineessa 350° :n lämpötilassa. Hiilivetyjen koostumuksesta ei lyhyen patenttiselosteen perusteella kuitenkaan voida tehdä päätelmiä. Samoin on suovan tyhjöpyrolyysikokeiluun vaikeata rinnastaa Bergströmin ja Cederqvistin suppeata tutkimusta, jonka kohteena oli polttoöljyn saanti sulfaattisuovan ulkoilmapaineisella pyrolyysillä 465° :ssa (1937).

Tervavoiteluöljyn valmistuksen suhteen sen sijaan tiedetään, ruotsalaisten kokemusten perusteella, että painekuumentuksen käyttö todennäköisesti vähentää hiilimonoksidin, vedyn ja etyleenihomologien, mutta ei metaanin, lohkeamista tervan hartsihapoista (Enkvist 1950). Tavallisessa paineessa tehdyssä tislauksessa, eritoten pienen rautakatalyyttimäärän läsnäollessa, syntyisi taas helposti 2–3 bentseenirengasta molekyylissään sisältäviä hiilivetyjä, tetrahydroteeniä ja reteeniä.

Pienoismittakaavaiset tervavoiteluöljykei-tot. Kun kantoterva on hieman epämääräisissä hiiltolämpötiloissa syntynyt neut-

raaliaineiden sekä erilaisten hartsi- ja rasvahappojen seos, on ymmärrettävää, ettei sen jatkopyrolyysin tutkimuksessa voida nojautua yksinomaan pelkkien hartsihappojen ja pelkkien rasvahappojen lämpöhajaantumisesta tehtyihin havaintoihin. Viimeksi mainitut työt olivat sitä paitsi Suomessa vielä aivan alkuvaiheessaan tervavoiteluöljytehtaiden aloittaessa toimintansa. Pää-tutkimusmuotona oli menetelmää kehitettäessä itse tervan katalyyttisten pyrolyysikokeiden suoritus niihin liittyvine neutraaliaineen erottelutislauksi-neen, osaksi lasiastiamittakaavassa 500 g:n terva-annoksin ja osaksi hie-man suuremmassa mittakaavassa 71 kg:n annoksin (Enkvist 1949). Tis-laustavan suhteen päädyttiin verrattain aikaisessa vaiheessa voiteluöljyjen raffinoimistekniikassa aikaisemmin yleisesti käytettyyn tavallisessa paineessa suoritettavaan vesihöyrytislaukseen, koska suoritettaessa tislauksella muilla tavoin ei saatu kantotervassa alun perin olevia kiinteitä neutraaliaineita pysymään voiteluöljyyn liuenneina. Tulistetulla vesihöyryllä raakavoiteluöljyä erot-taessa saatiin tervan aineosista mukaan siis reteenin kiteytymistä estäviä aineksia, joiden luonnetta ei tarkemmin tunneta. Tervassa alkuaan olevien ja myös pyrolyysissa syntyvän, polttoöljyksi soveltuvan kevytöljyjakeen erot-telu suoritettiin porraslauhdutusta käyttäen, kuten kuvasta 35 nähdään. Osaksi tämän jo hiiltotekniikasta tunnetun lauhdutustavan epämääräisyyden ja osaksi tislauksenopeuden ja vesihöyrymäärän sekä tislauksen vaihteluiden



Kuva 35. Tervavoiteluöljyjen pienoiskojeisto vesihöyrytislauksenvaiheena.

Fig. 35. Small scale apparatus for tar lubricating oil at steam distillation stage.

1) Kupari- tai seosteräsastia

vuoksi on laboratoriokokeiden tulosten arviointi ja johtopäätösten teko niistä hieman vaikeata.

Katalyytin suhteen todettiin eräiden nikkelisuolojen, rautakloridin ja rautajauheen olevan käyttökelpoisia tervan pyrolyysissa. Etusijalle asetettiin nikkelin vaikean saannin ja kalleuden vuoksi aluksi rautakloridi. Rautajauhe vaati tutkimustulosten mukaan pitemmän reaktioajan, mikä on pelkistä hartsihappoistakin saatujen negatiivisten katalyytitulosten perusteella ymmärrettävissä. Pyrolyysilämpötilan suhteen päädyttiin 300 °:seen, jossa neutraali-aineiden haitallista hajaantumista tapahtui vielä vähän voiteluöljyn viskositeetin pysyessä näin suhteellisen korkeana. Pyrolyysin kulkua seurattiin vesihöyrytislauksessa saadun raakaöljyn alku- ja jälkijakeen happoluvunmäärittäyksellä. Käytettäessä rautakloridia katalyyttina voitiin syöpymiskokeilla todeta siitä lohkeavan suolahapon haitallinen vaikutus, jonka vähentämiseksi lisättiin tervaan ennen pyrolyysin alkua kalkkia tai kalkkikivijauhoa. Rinnastelukokeissa tehtiin tällöin se yllättävä havainto, että kalkkilisäystä käytettäessä tervavoiteluöljyn saalis vesihöyrytislauksessa oli huomattavasti suurempi kuin ilman sitä. Sen perusteella valittiin rautakatalyytin ja kalkkilisäyksen yhdistelmä tervan pyrolyysin perustaksi patenttihakemuksessa, koetehtaassa ja varsinaisissa tuotantolaitoksissa. Rautakloridin käytön yhteydessä ilmennyt syöpymiskysymystä ei kalkkiyhdisteiden lisäyksellä eikä myöskään suolahapon esilohkaisulla saatu ratkaistuksi, minkä vuoksi tehtaissa melko pian siirryttiin yksinomaan rautajauheen käyttöön.

Myös tehtiin eräitä kokeita pelkästään kalkkilisäystä käyttäen. Nyt nähtävissä olevien tulosten perusteella (Enkvist 1945 ja 1949) näyttää siltä, että tätä menetelmämuunnosta kehittämällä olisi voitu yksinkertaistaa tervavoiteluöljyn valmistustapaa jättämällä rautakatalyytti kokonaan pois ja välttää näin rautajauheenkin käytöstä johtuneet kojeistovaikeudet sekä eräät tehdasseisokit. Rautakatalyytin osuuden vähyyttä osoittaa myös havainto rautakloridin ja rautajauheen melkein tasaveroisesta vaikutuksesta tervavoiteluöljyn saaliiseen (Enkvist 1949, s. 63), vaikka edellinen on pelkkien hartsihappojen pyrolyysissa osoittautunut paljon tehokkaammaksi. Lisäksi viittaavat tulokset siihen suuntaan, että vesihöyryn käyttö tyrehtytti rautayhdisteiden tislauksenaikaisen vaikutuksen (vrt. Jensen 1948), koska neutraaliöljyn saalis ilman kalkkia tehdyissä, tavalliseen tislaukseen yhdistetyissä rautajauhe- ja rautakloridipyrolyseissa oli paljon parempi kuin — edelleen kalkkilisäyksettä pyrolysoiden — vesihöyrytislaukseen siirryttäessä. Hiukan suurempaa kalkkilisäystä käytettäessä todettiin laboratoriokokeissa saatava raakavoiteluöljyjae sitä paitsi happoluvultaan niin alhaiseksi, että tämän natronlipeäpesu olisi käynyt tarpeettomaksi. Ilmeisesti kiinnitettiin tässä yhteydessä liiaksi huomiota hauraan tervaöljyjen käyttömahdollisuuksien rajoittumiseen.

sien rajoittumiseen. Jos suhteellisen suurta kalkkilisäystä olisi tervan pyrolyysissa käytetty, olisi ilmeisesti ollut suorastaan pakko viedä jäännöspien öljytuotteiksi krakkaus tehdasmittaiseen vaiheeseen.

Raakaöljytisleen lipeäpesu

Katalyyttisessä dekarboksyloinnissa jäi osa hartsi- ja rasvahappoja hajaantumatta, mikä siis todettiin määrittämällä tisleen happoluku.

Yleensä osoittautui laboratoriokokeissa edulliseksi lisätä heti tervan lämmityksen alussa tai katalyytivaiheessa pyrolyysipataan 1,4 % tervan painosta sammutettua kalkkia (Enkvist 1949). Vesihöyrytislauksen päätyttyä raakaöljy neutraloitiin lipeäpesulla. Voiteluöljytisleen eli raakaöljyn happoluku (mg KOH/g) vaihteli laboratoriokokeissakin — lähinnä kaiketi tislauksen nopeuden ja tislauksajan epämääräisyyden johdosta — melkoisesti ollen yleensä 6—14. Tisleet pestiin 90 °:n lämpötilassa 1,5-kertaisella teoreettisella määrällä 4-%:sta natriumhydroksidiliuosta. Lipeätä ja raakaöljyä ei saanut sekoittaa liian voimakkaasti, koska tällöin saattoi muodostua emulsio. Pesun jälkeen erotettiin pohjaan laskeutunut lipeäliuos öljystä, joka tavallisesti pestiin vielä kuumalla 4—5-%:sella keittosuola- tai natriumsulfaattiliuoksella. Neutraaliksi saadusta voiteluöljystä erotettu emäksinen pesuliuos tehtiin rikkihapolla jälleen happameksi, jolloin »alkaliliukoinen öljy» erosi mukanaan joukko lipeäliuokseen emulgoitunutta neutraaliöljyä, jonka osuutta ei kaikissa laboratoriokokeissa ennatetty määrittää.

Toisinaan, varsinkin valmistettaessa voiteluöljyä raakamäntyöljystä tai mäntyöljyypistä, saattoi raakaöljyn happoluku olla huomattavasti suurempi kuin 20 (Enkvist 1945). Tällöin oli useassa tapauksessa tarpeen uusi pesu lipeäliuoksella, jossa oli myös ruokasuolaa tai natriumsulfaattia.

Alkaliliukoisien öljyn hyväksikäyttö

Raakaöljyn lipeäpesun jälkeisessä rikkihappokäsittelyssä tavallaan sivutuotteena saadun alkaliliukoisien öljyn hyväksikäytön ratkaisemiseksi oli tietysti tarkemmin tutkittava sen kemiallista koostumusta. Sen mukaan kulkeutuneen melkoisen neutraaliöljyaineksen (20—60 % koko jakeen painosta) lisäksi todettiin varsinaisessa öljyssä olevan hartsihappoja ja rasva- ynnä muita helposti esteröityviä happoja suhteessa 2:1 (Enkvist 1950).

Laboratoriokokeilla todettiin, että tavanomaiseksi tullee tervan pyrolysimenetelmällä saatiin alkaliliukoisesta öljystä 44—65 %:n saalis puh- taaksi pestyä neutraaliöljyä pitkätuloksen ollessa tervan tapaukseen verrattuna hieman alhaisempi, n. 17 % (Enkvist 1945, s. 39). Kun täydellisiä

pyrolyysikoesarjoja ei ole julkaistu, on alkaliliukaisen jakeen vaihtelevan neutraaliöljypitoisuuden vuoksi vaikeata arvioida, miten paljon sen hartsi- ja rasvahapoista todella saatiin uusintakatalyyssissa hajoamaan neutraaliaineeksi ja paljonko muuttui pieksi. Näin on myös vaikeata tehdä teoreettisen terva-voiteluöljyn saaliin tavoitearviointeja. Ruotsin tervaöljytehtaissa ei otettu talteen lipeäpesussa liukenevaa jaetta.

Freij on ensimmäisenä pohtinut tervavoiteluöljyn saaliin teoreettista maksimitavoitetta (1945) ja päättänyt prof. N. Hellströmin terva-analyysien perusteella 60 paino-%:n tulokseen tervan ollessa vedetöntä. Sivulla 118 esitettyyn analyysiin perustuva Enkvistin laskelmatulos on vastavasti 54 % (1950). Varmuudella ei voitane kuitenkaan sanoa, millainen tulisi tällöin öljyn laatu olemaan, joskin eräiden Keskuslaboratorio Oy:ssä suoritettujen yksityisten kokeiden saaliit jo vastasivat mainittua tulosta. Muutamat rinnakkaiskokein varmistetut tulokset ovat toisaalta melko kaukana tavoitteesta (esim. Enkvist 1949, taulukko 6). Tervan laadun vaikutus voiteluöljyn saaliiseen on tässä yhteydessä myös hyvä pitää mielessä.

Tervavoiteluöljytehtaiden sivutuotteiden hyväksikäyttö

Kemiallisessa teollisuudessa on tapana pyrkiä jalostamaan myös kaikki sivutuotteet mahdollisimman pitkälle. Tervaöljytehtaiden alkaliliukoinen öljyjae estettiin edellä esitetyn mukaisesti muodostumasta sivutuotteeksi käyttämällä se tervaan sekoitettuna uudelleen voiteluöljyn raaka-aineeksi. Pyrolyysikaasut taas oli yksinkertaisinta ja taloudellisinta käyttää tisluspatojen tulipesissä polttoaineena. Keskuslaboratorio Oy:ssä uhrattiin paljon tutkimustyötä öljytehtaiden kahden muun sivutuotteen, raakapolttoöljyn ja tislauksjäännöspien, edelleen jalostamiseen. Työssä oli tavoitteena myös öljytehtaiden taloudellisen tuloksen parantaminen, mikä ennen pitkää olisi sitten voinut johtaa tervavoiteluöljyn suhteellisen korkean hinnan alentamiseen. Vaikka nämä tutkimukset eivät antaneet tässä mielessä merkittäviä tuloksia, kuvastanevat nekin osaltaan tervan ja sen aineosien käyttövaikeuksia teollisuuden raaka-aineina normaaliaikoina.

Polttoöljystä otettiin öljytehtaissa alkuosa talteen eräänlaisena kolmannen luokan hiiltotäpättinä, jonka myyntihinta oli suurempi kuin muun polttoöljyn. Laboratoriotutkimuksissa koetettiin polttoöljystä polymeroimalla ja klooraamalla valmistaa voiteluöljyksi kelpaavia tuotteita, ja viimeksi mainittu tie antoi tulokseksi melkein tyydyttäviä ominaisuuksia osoittavaa värttinäöljyä, mutta saalis oli aivan liian alhainen.

Alku aikoina pestiin tervaöljytehtaissa polttoöljy lipeäliuoksella neutraaliksi samaan tapaan kuin itse voiteluöljykin. Myös lipeäliuotteesta rikkipapolla vapautettua raakafenolia koetettiin saada jalostetuksi käyttökelpoisempaan muotoon. Puhdistetun tervafenolin todettiinkin tavallisen fenolin korvikkeena soveltuvan muovijauheiden valmistukseen. Sen käytössä ilmeni kuitenkin samanlainen haitta kuin eräiden ligniiniinvalmisteiden vastaavanlaisessa käyttökokeilussa. Muoviesineiden puristamisaika venyi kannattamattoman pitkäksi. Tumman ruskea väri asetti sitä paitsi käytölle rajoituksia. Sellaisenaan raakafenoli näytti kelpaavan puun laholtasuojeluun

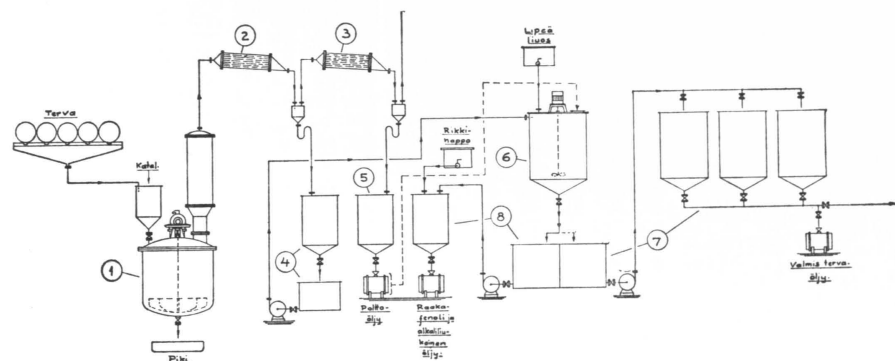
ja kreosoottöljyn korvikkeeksi, mutta hinta oli näihin tarkoituksiin kuitenkin liian korkea. Menekki oli täten vähäinen, ja tehtaiden oli luovuttava raakafenolin valmistuksesta. Vielä mainittakoon kokeet käyttää sitä formaldehydin kanssa lakkakondensaatteihin. Saadut tuotteet antoivat niillä sivellyille esineille kauniin värittömän pinnan.

Tervaöljypikeä¹ saatiin tislauksjäännöksenä¹ n. 20 % tervan painosta. Tämä piki oli haurasta, pehmenemispiste oli yli 200 °C:n ja tuhkapitoisuus 14 %. Ryhdyttäessä myöhemmin käyttämään kalsiumkarbonaattia sammutetun kalkin asemesta saatiin pien pehmenemispiste alenemaan 25 °. Viranomaisten määrättyä pien hinnan alusta alkaen hyvin alhaiseksi — 4 mk:ksi kilolta eli loppuaikoina n. 1/30:ksi tervavoiteluöljyn hinnasta — yritettiin siitakin vuoden 1943 puolivälistä lähtien kehittää käyttökelpoisia tuotteita. Tutkimus tavoitteli kolmeakin eri ratkaisua, nimittäin voiteluöljyn tekoa kuivatislausteitse sekä bituminkorvikkeen ja lakkojen valmistusta.

Kuivatislauksessa saatiin pien painosta laskien 40 % tislattua, josta puolet oli yli 300 °C:n lämpötilassa kiehuvaa voiteluöljyn luonteista tuotetta. Loput oli polttoöljyä ja raakareteeniä. Lisäksi saatiin laboratoriokokeissa 12–15 % pien painosta melkein valokaasun veroista polttokaasua, joka muun muassa sisälsi vetyä n. 40 %. Kolmas tuote oli koksi, jonka tuhkapitoisuus oli varsin suuri, mutta tehollinen polttoarvo erään kokeen mukaan sentään 5 660 kal. Piestä saadun raakavoiteluöljyn happoluku oli niin alhainen, ettei sitä olisi tarvinnut lipeäpesulla lainkaan puhdistaa. Paperilla tulokset olivat siis aika lupaavia, ja eräs yhtymä yritti Hangon keksitehtaan raunioissa soveltaa tätä menetelmää teknilliseen mittakaavaan. Nämä kokeilut eivät kuitenkaan johtaneet positiiviseen tulokseen. Tervavoiteluöljyä valmistavilla teollisuusyhtiöillä ei itsellään ollut halua pien kuivatislaukskokeiluihin.

Kun bitumitilanne oli maassamme tervaöljyn teon aikoihin peräti huono, yritettiin haurasta tervaöljypikeä käyttää bitumivalmisteidenkin jatkeena. Keskuslaboratorio Oy:ssä tehdyn laajahkon koesarjan ja Valtion teknillisessä tutkimuslaitoksessa suoritettujen useiden säännestävyysskokeiden lopputuloksena voitiin osoittaa, että riittävin pehmenysainelisyäksin todella saatiin syntymään bituminkorviketta, joka tietyiltä fysiikallisilta ominaisuuksiltaan vastasi eräitä bitumilaatuja. Tehtyjä korvikebitumeja voitiin käyttää kattohuovan valmistukseen sekä rakennusten sisällä jäätymättömissä paikoissa vähemmän vaativiin eristyksiin. Tervaöljypien maksimiosuus tehdyissä sekoituksissa oli 40 %. Eräissä tapauksissa todettiin rikkilisyksellä voitavan parantaa bituminkorvikkeen pakkasenkestävyyttä melkoisesti. Bituminkorvikkeiden valmistuksesta käytännössä ei kuitenkaan tullut mitään, koska pehmenysaineiksi soveltuvia tuotteita — kantotervaa, runkopuutervaa, generaattoritervaa, sulfaattipikeä ja liuskeöljyä — ei valtakunnassa ollut tähän tarkoitukseen luovutettavissa. Suhteellisen halpahintaisena tuotteena tervaöljypiki saatiin kuitenkin lopulta myydyksi lähinnä bitumialan teollisuudelle.

Bitumilakkojen valmistusalalla kantoivat piktutkimusten tulokset käytännössäkin jonkinlaisia hedelmiä. Päähuomio koetettiin panna säätä kestävien lakkojen valmistukseen, jotka olisivat soveltuneet huopa- ja peltikattojen siveelyyn. Ohennusaineiksi pyrittiin valitsemaan tervaöljyteollisuuden sivutuotteita, kuten hiiltotäpättiä ja polttoöljyä. Pehmenysaineidenkin käyttö osoittautui yleensä tarpeelliseksi. Tervatehtaiden pikiöljyn sekä liuskeöljyn todettiin näissä lakkatuotteissa huonontavan säännestävyyttä, kun taas pellavaöljy ja mäntyöljy hidastivat lakan kuivumista. Terva- ja liuskeöljyn yhteispyrolyysista saatu piki oli parempaa kuin puhdas tervaöljypiki, jota parempaa oli myös kloorattu terva. Tiopreeni osoittautui ominaisuuksia parantavaksi lisäaineeksi. Pääasiassa näiden tutkimusten perusteella valmistettiin Oy Petko Ab:n Viralassa sijainneessa voiteluöljytehtaassa mustia metallilakkoja.



Kuva 36. Hangon koetehtaan kojeistokaavio.

1. pyrolyysiastia, 2–3. tislehöyryjen lauhduttimet, 4–5. raakaöljyjen vedenerotusastiat, 6. lipeäpesuastia, 7. valmiin tervaöljyn varastosäiliöt, 8. pesumustalipeän säiliö ja sen lohkomisastia.

Fig. 36. Sketch of equipment in pilot plant, Hanko.

Tervaöljykoetehtaan toiminta Hangossa

Suurennetussakin laboratoriomittakaavassa työskenneltäessä oli öljykeiton terva-annos siis vain 7 kg. Siirryttäessä tehdasmittakaavaan on kemiallisessa teollisuudessa usein tapana suurentaa kojeistoa vain kymmenkertaiseksi kerrallaan, ja tästä syystä kokeillaan menetelmää yhdessä tai useammassa pienoistehtasportaassa ennen kuin mennään lopulliseen tehdasmittakaavaan. »Suurennetulla laboratoriomittakaavalla» tarkoitetaan USA:ssa nykyään sellaista, jossa nimenomaan voidaan tuotetta valmistaa niin paljon, että siitä saadaan markkinointia ajatellen alustavat käyttökokemukset. Samalla tietysti jo pyritään kehittämään kojeistoa. Vasta sitten mennään koetehdasmittakaavaan, jossa tärkeintä on kojeiston ja prosessien kehittäminen taloudellisesti kannattavaan tuotantoon. Varsinaista tehdasmittakaavaa varten tarvittiin terva-voiteluöljyn tapauksessa kokemusta rautakatalyytin mahdollisesti aiheuttamista reaktioastian rakenteen muutoksista. Niin ikään oli jätepien padasta poisto kehitettävä vähätöisemmäksi.

Koetehtaan pystyttämisestä käytiin ensin neuvotteluja Oy Alkoholiliike Ab:n kanssa tarkoituksena sijoittaa se Rajamäen tehtaiden yhteyteen, jolloin se olisi ollut lyhyen matkan päässä Helsingin tutkimuslaitoksista. Lisäksi olisi ollut mahdollista käyttää hyväksi sikäläistä tislausteknillistä asiantuntemusta. Kesällä 1943 tilattiin tässä mielessä koetehdasta varten sähkölämmitteinen höyryntulistin ja ostettiin astioita koetehtaan öljy- ja sivutuotteita varten. Kansanhuoltoministeriö luovutti kokeiluja varten myönnetty varat, 200 000 mk, Oy Tervaöljy Ab:n käyttöön. Jostakin syystä oli koetehtaan sijoittami-

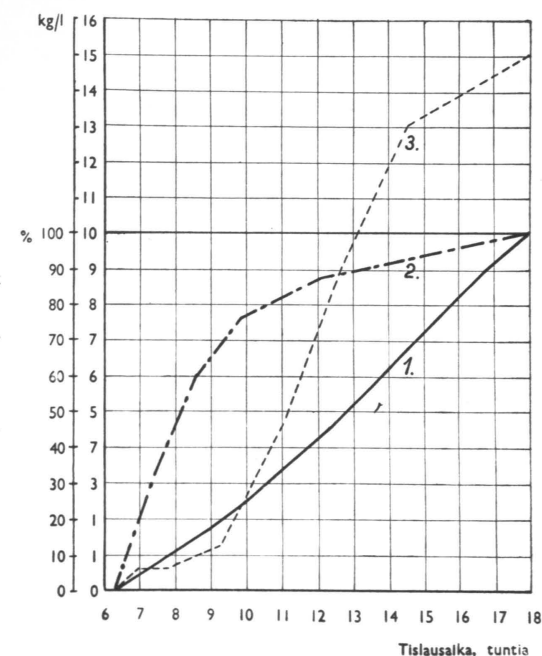
Kuva 37. Höyrylauhteiden määrät tervaöljyntislauksen aikana.

käyrä 1. tulistettu vesihöyry lauhteena mitattuna

» 2. raakaöljylauhde

» 3. vesihöyry- ja raakaöljylauhteiden suhde, kg/litra

Fig. 37. Vapor condensates produced during distillation of tar oil.



sesta Rajamäelle kuitenkin luovuttava, ja 19. 11. 1943 lähtikin koetehdas jo käyntiin Hangossa ja pyöri siellä sitten noin puolen vuoden ajan pyrolyysipadan puhkeamisen aiheuttamaa 6 viikon keskeytystä lukuun ottamatta.

Koetehtaan mitoitus pyrittiin saamaan niin suureksi, että laitoksella olisi ollut merkitystä myös tuotantomielessä. Ennakkolaskelmissa suunniteltiin 50 tervatonnin jalostamista voiteluöljyksi kolmen kuukauden aikana.

K u v a s s a 36 esitetään koetehtaan kojeistokaavio sellaisena kuin se oli toiminnan loppuvaiheessa. Pyrolyysi- ja tislaukspata oli 2 000 litran vetoinen, ja sen yläosassa oli 2 m korkea pisaraloukku, jossa vesi- ja öljyhöyryjen sekä lauhutumattomien kaasujen nopeus oli sikäli verkkainen, että niiden mukaan tempautuneet varsinaiset tervapisarat ehtivät putoilla takaisin pataan. Pyrolyysikokeet tehtiin suhteellisen kuivalla tervalla, joten määrän tervan ylikuuhumisia ei yleensä esiintynyt eikä pisaraloukku tarvinnut ajatella kehittää tehokkaammaksi.

Maaliskuussa 1944 suoritettiin koetehtaassa eräitä mielenkiintoisia tislauksevaiheen tarkkailuja. K u v a s s a 37 esitetään tuloksia öljykeitosta n:o 62. Käyrät 1 ja 2 osoittavat vesihöyryn ja raakaöljyhöyryn sadanneksellisiä ulostulomääriä tislauksen kuluessa verrattuna niiden kokonaismääriin, lauhduttamisen jälkeen nestetilassa mitattuna. Vesihöyryn käytön ollessa suhteellisen tasaista koko ajan vaihteli raakaöljyn ulostulovauhti melko tavalla. Näin

saatiin jo koetehtaassa osoitetuksi, että jaksoittaista pyrolyysia ja tislauksia käytettäessä laboratoriomittakaavassa sovellettu vaihteittainen lauhdutus edellytti erityisiä säätökojeistoja, joita kuitenkin oli vallinneissa olosuhteissa vaikeata hankkia. Sitä paitsi todettiin näiden kokeiden yhteydessä, että vesihöyrytislauksen aikana erottunut polttoöljytisle oli öljytisleeseen verrattuna määrältään vain 0,3 %, joten sen joutuminen raakaöljyn joukkoon ei käytännössä merkinnyt havaittavaa öljyn laadun huononemista. Käyrä 3 puolestaan osoittaa, että voiteluöljylitraa kohti käytetty vesihöyrykilojen määrä kasvoi tislauksen aikana jatkuvasti niin, että se tislauksen lopulla oli jo varsin huomattava tekijä valmistuskustannuksissa. Kun viimeiset öljypisararat olivat viskositeetiltaan paksuinta laatua, ei öljyn tislauksista varsinaisissa tehtaissa-kaan myöhemmin keskeytetty aikaisemmin, vaikka se olisi tiennyt hauraan jätepien laadun pientä paranemista ja tehtaiden tuotantokyvynkin kasvua. Nämä koetehdasmittaukset varmistettiin myöhemmin tehdasmittakaavassa Seinäjoella ja Heinolassa, ja tällöin todettiin tislauksen lopulla aikayksikössä käytetyn höyrymäärän nousevan jopa 40-kertaiseksi vastaavasti saatuaan öljymäärään verrattuna. Suuremmissa kattiloissa (5—6 m³) oli siis höyryn käytön hyötysuhde huomattavasti (vrt. esim. Kemin voiteluöljytehdas, s. 185). Poltto- ja voiteluöljytisleiden yhteismäärän suhteen käytetty höyrymäärä oli koetehdasmittauksen mukaan runsaasti 2-kertainen, koko tislauksen puitteissa laskettuna. Laboratoriokokeissa käytetty höyrymäärä oli raakaöljymäärien suhteen 6-kertainen. Laboratoriossa mahdollisesti suoritettuja kokeita vesihöyrymäärän vaikutuksesta raakaöljyn saaliiseen ja laatuun ei ole julkaistu. Hangon koetehtaassa tällainen tutkimus osoittautui vaikeaksi suorittaa.

Lauhduttimien jälkeisistä vedenerotusastioista saatu raakaöljytisle pestiin potkurisekoittimellisessa 1 400 l:n vetoisessa säiliössä. Koetehtaassa suunniteltiin aluksi käyttää raakaöljyn lipeäpesua 4-% :sin NaOH-liuoksin sekä lisäksi pesua ruokasuolaliuoksella. Pesuliuosten erottamiseen valmiista öljystä arveltiin tarvittavan keskipakokonetta. Pesua voitiin yksinkertaistaa, ja niinpä siihen jäikin lopulta vain yksi lipeäpesu. Koetehtaan käyttöpäällikkö, dipl. ins. W. Jensen sovelsi näet Oy Tako Ab:n tervanjalostamossa Tampereella kehittämänsä tervavoiteluöljyn pesutekniikan sellaisenaan Hangon koetehtaaseen. Separattoria, jota koetehtaassa ei näin käytettykään yhtään kertaa, olisi ehkä ollut syytä kokeilla öljynpesun »mustaliipeään» jäävän neutraaliöljyn erottamiseen. Tosinhan neutraaliöljyn pienen jakeen palautuminen pyrolyysipataan merkitsi käyttötaloudellisesti pientä lisäkustannusta, mutta vähäinen depolymeroituminen sen osalta olisi ehkä voitu näin välttää. Lisäksi neutraaliaineen takaisinpano pyrolyysipataan vaikutti kaiketi happaman aineosan lämpöhajaantumisen reaktiotasapainoon varsinaisen katalyysivaiheen aikana (vrt. Enkvist ja Mäkelä 1948).

Vuoden 1943 kuluessa suoritettiin Hangon koetehtaassa 22 pyrolyysitislauksia, joihin käytettiin yhteensä 12 420 kg tervaa. Tislauspadan terva-annos oli alkukokeita tehtäessä keskimäärin 565 kg, ja padan täyttösuhde oli Keskuslaboratorio Oy:n taholta annettujen käyttöohjeiden perusteella melko varovaisesti valittu. Edellä mainittuja tarkkailuja vuoden 1944 maaliskuussa tehtäessä terva-annos oli jo 1 300 kg. Alkukokeissa saatu valmiin öljyn saalis oli n 35 % tervan painosta, mutta jo vuoden 1943 lopulla se oli saatu nousemaan 40 %:iin. Kokeitossa n:o 62 saatiin seuraavanlaiset saaliit:

valmista tervavoiteluöljyä	42,2 %
pesemätöntä polttoöljyä	12,7 %
alkaliliukoista öljyä	8,6 %
pikeä	20,8 %
kaasuja ja häviöitä	15,7 %
Yhteensä 100,0 %	

Näitä lukuja käytettiin perustana Heinolan tervaöljytehdasta suunniteltaessa. Koetehtaan koko toiminta-ajan keskiarvoinen voiteluöljynsaalis oli 40,7 % tervan painosta. Alkaliliukoinen öljy tuli tällöin kaikki käsittelyksi pyrolyysipadassa uudelleen.

Laboratoriokaavailujen mukainen menetelmä osoittautui suurin piirtein asetetut vaatimukset täyttäväksi, ja tuotantoluokkaisten tehtaiden suunniteltuun saatiin koetoiminnalla kerätyksi tarpeelliset kokemukset. Siipisekoittimellinen pyrolyysipata toimi koetehtaassa moitteettomasti rautajauhettakin kokeiltaessa, mutta siitä huolimatta ilmeni myöhemmin suuremmissa padoissa pohjakivettymisvaikeuksia pitempään rautajauhekatalyyttia käytettäessä. Sekä raakatisleiden että valmiiden öljyjen säiliöt todettiin olevan syytä varustaa lämmityskierukoilla ja lauhduttimet voitiin nyt varmemmin mitoittaa edellä selostettujen tarkkailujen tulosten perusteella.

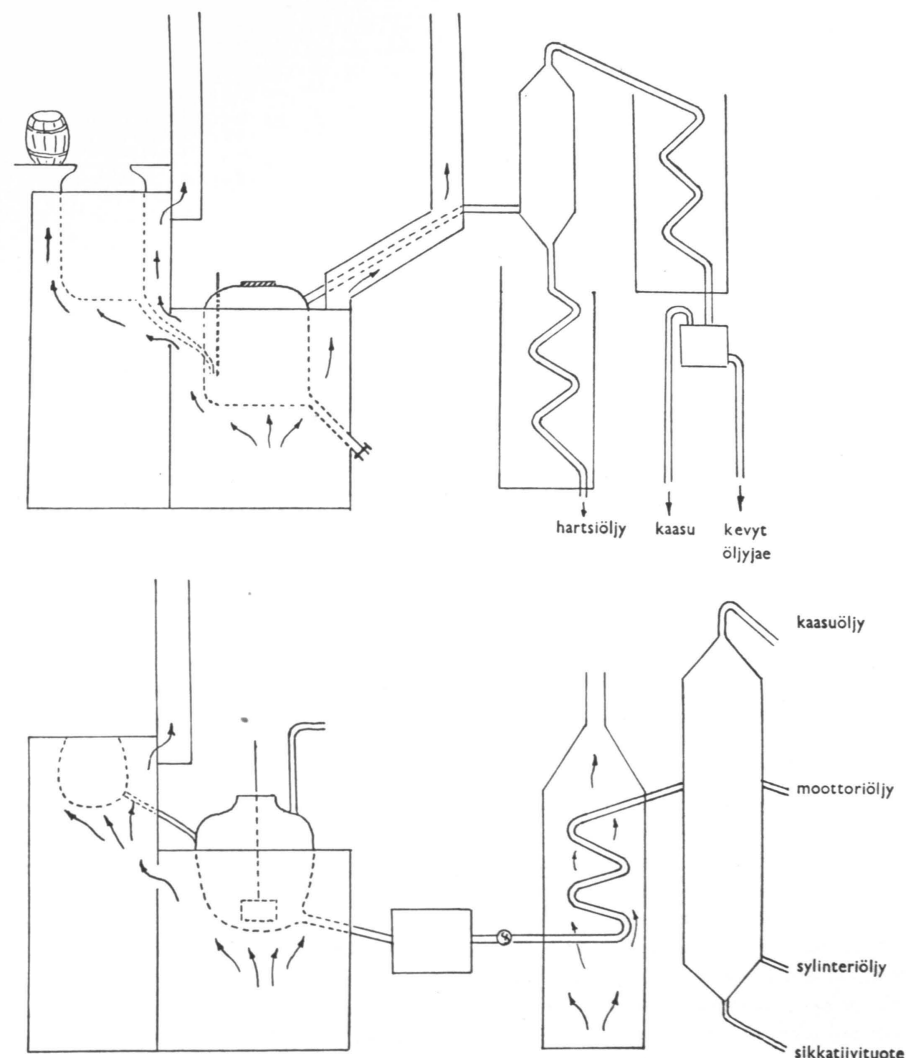
Vuoden 1944 alussa suoritettiin koetehtaassa myös edellisen vuoden aikana kertyneiden jätepien jatkokrakkauskokeita, mutta käyttökelpoisin tuloksiin ei niissä päästy. Tämä oli itse asiassa tällaisin laittein ennakolta odotettavissakin, koska piki oli sekä lohkaraisena että hienoksi murskattuna varsin huonosti lämpöä johtava aine. Rinnan koetehtailun kanssa tehtiin myös yrityksiä saada lipeällä pestystä polttoöljystä alkoholisekoituksin moottorinpoltoainetta, mutta kuulasytysmoottoreissakin oli karstan muodostus sitä käytettäessä liian voimakasta. Alkaliliukoisen öljyn uudelleen krakkaus onnistui koetehtaassa hyvin, ja mäntyöljypien jalostuksessa saatiin tervaöljymenetelmää käyttäen myös täysin laboratoriokokeita vastaavia lupaavia tuloksia.

Dipl.ins. W. Jensen esitti helmikuussa 1944 arviolaskelmiinsa perustuvan ehdotuksen tervavoiteluöljymenetelmän lämpötalouden parantamiseksi. Ajatuksena tässä mm. öljytekniologiassa kyllä aikaisemminkin sovelletussa kehitelmässä oli käyttää hyväksi vesi- ja öljyhöyryjen sekä poistosavukaasujen huomattavaa lämpösisältöä. Korkealaatuisen seosteräsaineen saannin vaikeuden vuoksi eivät tulokset vastanneet myöhemmässä tuotantototeutuksessa näitä lämpötaloudellisia tavoitteita tislauhöyryjen kohdalta, mutta poistosavukaasujen suhteen mainittu aloite merkitsi Heinolan tehtaan kokemusten mukaan lämmityshalkojen kulutuksessa noin neljänneksen säästöä.

Koetehdas osoittautui tuotantomielessä liian pieneksi, ja voitelukokeisiin tarvittujen öljymäärien tultua valmistetuksi seisalettiin Oy Tervaöljy Ab:n nimissä toiminut koetehdas, jolloin koneisto joutui osaksi myyntiin ja osaksi romutettavaksi. Olikin varmaan onnellinen ratkaisu olla jatkamatta yhtiön nimissä voiteluöljyn tekoa. Lukuisten terva- ja öljytehtaiden suunnittelu ja käyntiäpano, monien tutkimustöiden valvonta sekä tervan välitys-toiminta antoivat näet sen pienelle henkilökunnalle tekemistä tarpeeksi.

Pyrolyysipata paloi koekäynnin aikana puhki kuumennuksen aiheuttaman ulkopuolisen hilseilyn vuoksi. Ferrikloridia pidettiin koetulosten perusteella parhaana katalyyttinä, koska pyrolyysiaika sitä käytettäessä oli vain kolmannes siitä mitä rautajauheen ja rautaoksidin käyttö edellytti. Koetehtaan kojeistoja välittömästi hyväksi käyttänyt Suomen Forsiitti-Dynamiitti Oy:n tervavoiteluöljytehdas siirtyi kuitenkin heti rautajauhekatalyytin käyttöön, mutta valurautaromun ajoittaisten jauhatusvaikeuksien vuoksi jouduttiin Hangonkin öljytehtaassa myöhemmin jälleen käyttämään ferrikloridikatalyyttia. Koetehtaan käynnin aikana sai myös dipl.ins. E. J a n h u n e n ajatuksen erikoismalliseen pien uloslaskuventtiiliin, jonka Hangon öljytehtaan suunnittelija ja käyttöpäällikkö, dipl.ins. H. E k q v i s t sitten kehitti lopulliseen ratkaisuun. Vaikka selluloosatehtaidenkin yhteydessä toimineihin, laboratoriotyöllä suhteellisen suppeasti kehitettyihin voiteluöljytehtaisiin yleensä valittiin jaksottainen astiamenetelmä, olisi tervaöljytehtaan toimintaa ollut syytä jatkaa kokonaan uusille urille pyrkimällä jatkuvasti toimivaan pyrolyysiin ja tislaukseen. Tässä mielessä on myöhemmin esitettävän Ab Kemi Oy:n mäntyöljynjalostamon kehitys mielenkiintoinen. Teknillisiä ideoita jatkuvatoimisiin kojeisiin olisi ollut helppo saada esim. maaöljyn ja ruskohiilitervateknologian ammattikirjallisuudesta (vrt. s. 83; A n o n. 1937). Siintolakin on lyhyessä tervateknologian esityksessään (1917) kiinnittänyt huomiota mm. ruskohiilen tyhjöpölyrolyysiin. Koetehtaan käyttöhenkilöstö osoitti menetelmän kehitysmielessä aloitekykyisyyttä, mutta sodan kahleet estivät näihin aikoihin monien ideoiden eteenpäin vientiä.

Eräitä varten otettavia erikoispiirteitä on myös k u v a s s a 38 esitetyissä



Kuva 38. Esimerkkejä ranskalaisista pihkomishartsin pyrolyysikojeistoista (L o m b a r d 1946).

Fig. 38. Examples of French gum resin pyrolyzing plants (L o m b a r d 1946).

ranskalaisissa hartsihappojen pyrolyysikojeistoissa. Esim. suhteellisen kalliin ja eräissä tapauksissa melkoisesti pääomainvestointiakin tervaöljytehtaissa vaatineen vesihöyrytislaukseen poistamismahdollisuutta olisi koetehtaassa ollut mielenkiintoista tutkia. Reteen kiteytymistä estävien happipitoisten aineksien saamiseksi olisi voinut ajatella kehittää öljyhöyryjen katalyyttistä käsittelyä ennen niiden lauhdutusta. Ruotsin meidän ratkaisuumme verrattuna

monivivahteisuudellaan mielenkiintoisista tervanpyrolyysimenetelmistä on Enkvist (1950) esittänyt lyhyen kuvauksen asianomaisine arkistoviitteineen. Tervan jatkuvan pyrolyysin kehittäminen katalyyttiäkin käyttäen ei varmaankaan ole vaikeampaa kuin runkopuun ja tervaksen kestohiillon, josta niin hyvin Suomessa kuin ulkomailla on hyviä esimerkkejä, kuten tässäkin tutkimuksessa on esitetty toisessa yhteydessä.

Varsinaiset tervavoiteluöljytehtaat

Kojeisto ja valmistuksen kulku

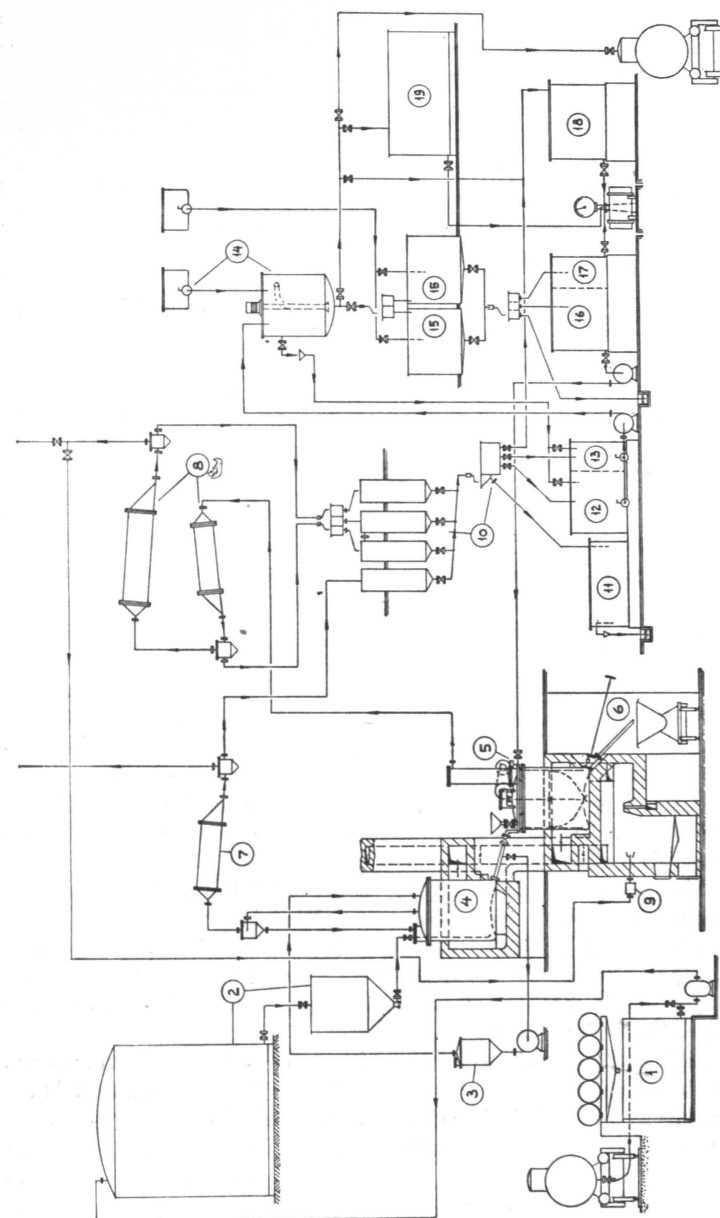
Koetehtaassa saatujen kokemusten perusteella otettiin tervan öljysijalostuksessa käytäntöön Keskuslaboratorio Oy:n valmistustavan mukainen menetelmä, jonka tehdastusperiaate ja kojeisto selviävät kuvasta 39.

Tervatehtaiden lähettämä kantoterva vastaanotettiin tervaöljytehtaiden pumppuamisasemilla, joissa meikäläinen vähätärpättinen terva oli ensin lämmittämällä muutettava liikuntakykyiseksi. Tarkoitusta varten oli pumppuamisasemalle vedetty öljytehtaalta matalapainehöyryjohto, joka oli sijoitettu yhteiseen eristeeseen öljytehtaalle vievän tervajohdon kanssa. Normaalikokoisia säiliövaunuja voitiin kovimman talven aikana lämmittää niissä olevien höyrykierukoiden avulla kaksi vuorokaudessa. Käytetyllä hammaspyöräpumpulla, jonka imu- ja painejohto olivat 80 mm:n läpimittaiset, kesti varsinainen säiliövaunun tyhjennys 2–3 tuntia. Pumppuamisasemalla tehtiin työtä varsinaisesti vain päivävuorossa.

Astioissa saapunut terva siirrettiin bruttopainopunnituksen jälkeen höyryripaputkistolla lämmitettyyn kaappiin yksikerroksisiin riveihin. Kaapin lämpötila oli n. 50°, ja tynnyrit saivat seisoa sulkutulpat kiinni siellä yli yön, joten lämmitysaika oli keskimäärin 20 tuntia. Sen jälkeen tynnyrit vieritettiin valutusrännin yläpuoliselle telineistölle, jossa ne tyhjennettiin tervan saadessa valua ränniä myöten reikälevysihdille. Sihdin läpi terva valui teräsrakenteiseen välisäiliöön, josta se sitten pumputtiin öljytehtaan suuriin varastosäiliöihin. Heinolan tehtaan pumppuamisaseman välisäiliö oli betonirakenteinen, ja kun maaperän eristys oli bitumipulan johdosta huono, kulkeutui siihen maan kaltevuuden vuoksi aika ajoin vettä, jonka poistamiseksi tarvittiin oma pumppunsa.

Varastosäiliöistä, joissa ulkosalla sijainnin vuoksi oli lämmityskierukat, siirrettiin terva pumpulla tai omalla painollaan juoksuputkilla mittasäiliöön ja tästä edelleen esilämmityspataan tai suoraan pyrolyysipataan. Nämä olivat muodoltaan samanlaisia, niin että edellinen voitiin tarvittaessa siirtää jälkimmäisen paikalle. Esilämmityspataa kuumennettiin tislaukspatojen ja eräissä tapauksissa myös höyryntulistimen jätesavukaasuilla. Alkuperäiseen kojeistoon kuului myös putkilämmönvaihdin, jossa jäähdytysnesteenä käytettyä tervaa yritettiin esilämmittää putkien sisällä virranneilla tislaukshöyryillä ja pyrolyysikaasuilla.

Varsinaiset pyrolyysi- ja tislaukspadat olivat hitsaamalla kokoonpantuja 2–6 000 litran vetoisia teräslävyastioita, joiden seinämävahvuus oli 8–13 mm. Niissä oli pysty akseliset muoto-teräsrakenteiset sekoittimet hammasvaihdekäyttöineen ja noin 2 kW:n sähkömoottoreineen.



Kuva 39. Tervavoiteluöljytehtaan kaavio.

1. pumppuamisasema, 2. tervan varasto- ja annostelusäiliöt, 3. sorvinlastakatalyytin säiliö tervankiertopumppuineen, 4. tervan esilämmityspata, 5. pyrolyysi- ja tislaukspata, 6. jätepien kuljetusvaunu, 7–8. lauhduttimia, 9. liekinloukku, 10. vedenerotimet ja mittasäiliö, 11. öljynpyydystinsäiliö, 12–13. raakaöljyn säiliöt, 14. lipeäpesuasiant, 15. mustalipeän lohkomisasiant, 16. alkaliuokaisen öljyn säiliö, 17. raakafenolisäiliö, 18. polttoöljysäiliö, 19. valmiin voiteluöljyn säiliö.

Fig. 39. Flow sheet of tar lubricating oil factory.

Tervapirskeiden ja -hiukkasten poistamiseksi tislehöyryistä ja krakkauskasauista oli näiden ulosmenojohdon alkupää paisutettu n. 1,5 metrin korkuiseksi pisaraloukuksi, jossa alkuaikoina käytettiin savitavararengastäytettä.

Pyrolyysipataan annosteltuun kylmähkään tai lievästi esilämmitettyyn terva- pantiin ensin kannessa olevan suljettavan täyttöaukon kautta 1,4 % sen kuivapainosta sammutettua kalkkia tai 2,5 % hienoksi jauhattua kalkkikiveä. Viimeksi mainittu aine tuli öljytehtaiden aloitteesta tehtyjen varmistuskokeiden jälkeen halvempaan kemikaalina yleiseen käyttöön. Katalyytti, jona voitiin käyttää 2 % rautakloridia tai 1 % valurautajauhetta tervan painosta, pantiin pataan kaikkikivijauheliäyksen jälkeen. Riittävän pyrolyysinopeuden saavuttamiseksi tarvittiin 0,5 % liuennutta rautaa. Esilämmitetyssä tervassa saattoi rautakloridin kidevesi aiheuttaa kuohumista, sillä sen kalsinointikokeilut eivät johtaneet käyttökelpoisiin tuloksiin. Kalkki ei pystynyt neutraloimaan kaikkea suolahappoa. Rautajauhekatalyyttiä käytettäessä taas muodostui padan pohjaan rautajauheen, kalkin ja pien yhteiskivettyä, joka aiheutti sekoittimen toimintahäiriöitä. Sienimäisen rautakatalyytin saanti tuotti ylivoimaisia vaikeuksia.

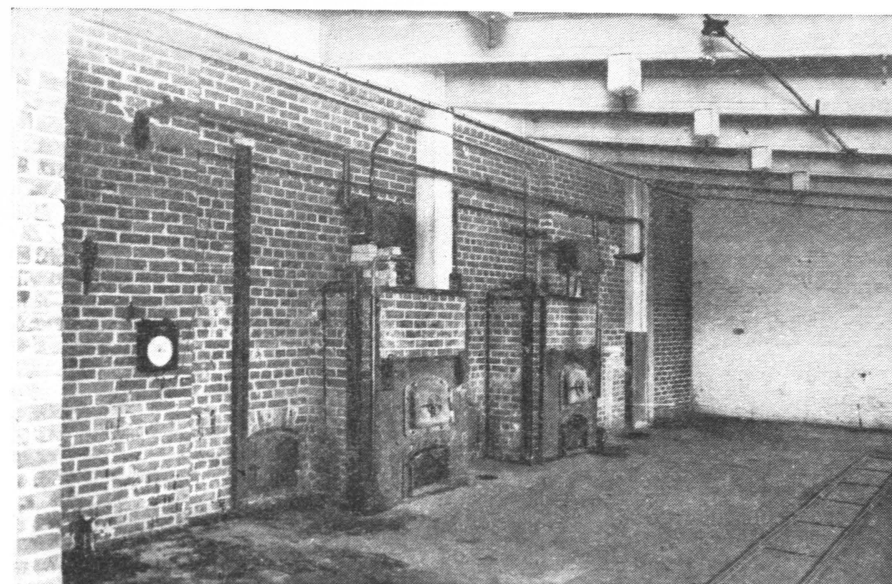
Kalkki- ja katalyyttiliäyksen jälkeen terva lämmitettiin 300 °:seen, lämpötila mitattuna itse tervassa. Lämmitysvaiheen aikana tislautui tervasta vettä ja kevytöljyä. Käytännössä osoitettiin viimeksi mainittu kahteen jakeeseen, joista alle 200 °:n lämpötilassa tislautunutta osaa kutsuttiin raakatärpätiksi ja jaetta 200–300 ° polttoöljyksi. Sekoitinta pyritettiin lämmitysvaiheen alusta vesihöyrytislauksen loppuun saakka.

Katalyyssivaiheen aikana oli ohjeiden mukaan lämpötila pysytettävä 300 °:na sen saamatta vaihdella ylös- ja alaspäin 5 °:ta enempää. Lämmittäjät eli »krakkarit» seurasivat tervan lämpötilaa erilliseen lämmityshuoneeseen sijoitetuista kaukolämpömittaritauluista. Katalyyssin aikana saatu tisle yhdistettiin lämmitysvaiheen polttoöljyjakeeseen. Tislauspadat lämmitettiin savukaasuilla käyttämällä tulipesässä polttoaineena halkoja tai turvetta ja pyrolyysissa syntyneitä tiivistymättömiä kaasuja.

Puhdistuksien ja korjauksien varalle oli patojen kannessa miesluukut. Tislausvaiheessa käytetty tulistettu vesihöyry johdettiin patoihin kannen lävitse pohjaan asti ulottuvien putkien kautta, joita isommissa padoissa oli 8. Vesihöyrytislauksen aikana jatkettiin padan ulkopuolista lämmittämistä niin, että lämpötila nousi hiljalleen 320–350 °:seen. Vesihöyrytislauksen jälkeen jäi pataan piki, joka laskettiin välittömästi kuumana pohjaventtiiliin kautta erillisessä pikikuilussa oleviin kapearaidevaunuihin tai rakennuksen ulkopuoliseen pien jäähdytyslaatikoon. Piki varastoitui taivasalla, ja hauraana tavarana sitä oli helppo murskata rautakan-gella sekä kevyemmälläkin teräseillä.

Esilämmittimistä ja pyrolyysitislauksipadasta poistuneet höyryt ja kaasut ohjattiin makaa-viin putkilauhduttimiin, joita oli sarjakytkenässä kaksi tai kolme kutakin tislauksipataa kohti. Jokaisen lauhtuttimen jälkeen erotettiin syntynyt neste, ja lauhtumaton aineosa johdettiin edelleen. Lopuksi lauhtumattomat kaasut menivät liekinloukun kautta tulipesään. Pyörre-erottimia tai pesutorneja ei öljyhiukkasten pyydystämiseen edes tarkistuspölyssä käytetty kaasujen vähäiseksi arvioitun määrän vuoksi.

Lauhduttimen jälkeisestä jakolaatikosta nesteet johdettiin vedenerottimeen, joka oli pysty sylinteriastia. Vedestä erottunut voitelu- tai kevytöljytis meni sitten mittasäiliön kautta raakaöljysäiliöihin. Näistä pumputtiin kulloinkin kysymyksessä ollut öljytisle pesusäiliöön. Lipeäpesua varten määritettiin voiteluöljytisleestä neutraloimisluku, jonka perusteella laskettiin tarvittava lipeämäärä. Teoreettiseen arvoon lisättiin 50 %. Voiteluöljytisle lämmitettiin 90 °:seen ja annosteltiin sen sekaan tarpeellinen määrä 4-%:sta NaOH-liuosta, jonka lämpötila niin ikään oli 80–90 °. Huolellisen potkuripumppusekoituksen jälkeen annettiin näin pestyn voiteluöljyn erottua syntyneestä mustalipeästä, jonka ominaispainoa tarpeen tullen korotettiin lisäämällä pesusäiliöön n. 4 % alkuperäisen öljyn



Kuva 40. Heinolan öljytehtaan pyrolyysipatojen lämmityshuone.

Fig. 40. Retort heating room in tar oil factory, Heinola.

painosta ruoka- tai glaubersuolaa. Saatu neutraaliöljy kuivattiin ja varastoitui tarkoitusta varten varattuihin säiliöihin, joista se edelleen siirrettiin lähetystä varten rautatiesäiliövaunuihin tai peltitynnyreihin. Valmiin tuotteen suodatusta ei tervaöljytehtaissa suoritettu.

Mustalipeä pumputtiin lohkomissäiliöön, jossa siihen lisättiin tarpeellinen määrä rikkihappoa. Lämpötila nostettiin n. 85 °:seen, sitten lisättiin tarvittaessa ruoka- tai glaubersuolaa ja sekoitettiin potkuripumpulla. Kerrostumisen jälkeen erotettiin alkaliliukoinen hapan öljy, joka pyrolysoitiin ja tislattiin vesihöyryllä uudelleen.

Raakapolttoöljy pestiin periaatteessa samalla tavalla, mutta käsittelykertoja oli kaksi. Lipeälisäys oli aina yhtä suuri riippumatta neutraloimisluvusta, jota ei lainkaan määritettykään. Saatu neutraali polttoöljy varastoitui ja lipeäluuteesta erotettiin rikkihapolla raakafenoli, jonka myynti tuotti heti alusta lähtien vaikeuksia.

Tervaöljytehtaiden rakentamisvaiheet ja toiminta-aika

Maahamme rakennettiin neljä tervavoiteluöljytehdasta. Kevätkesällä 1944 tähdensivät kansanhuoltoviranomaiset aikaisemmin pääasiassa mainosmielessä julkisuudessa mainitun 10 000 tervatonnin ja sitä vastaavan öljyntuotannon vuositavoitteen saavuttamisen tärkeyttä. Samana vuonna tehtyen Oy Tervaöljy Ab:n ja öljynvalmistusyhtiöiden välisissä, jo edellä selostetuissa sopimuksissa kaavailtiin siten tehtaiden yhteiseksi vuosituotannoksi

4 000 tonnia tervavoiteluöljyä. Laskelman perustana oli 300 käyntivuorokautta vuotta kohti. Eri tehtaiden tuotantokykytavoite oli tämän mukaan seuraava:

	sopimus- päivä- määrä	tervan tarve, tonnia vuodessa	öljyn tuo- tanto, tonnia vuosi- dessa neljän- neksessä
Puukemia Oy, Heinola	21. 6. —44	4 500	1 800 450
Oy Kanter Ab, Seinäjoki	2. 5. —44	1 800	720 180
Oy Petko Ab, Virala	22. 9. —44	1 800	720 180
Suomen Forsiitti-Dynamiitti Oy, Hanko	9. 6. —44	1 800	720 180

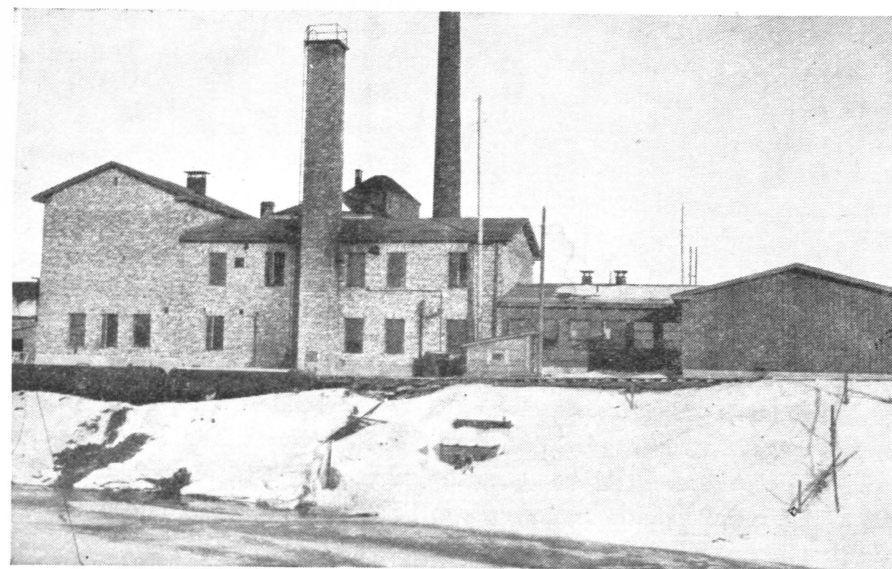
Oy Tervaöljy Ab suunnitteli, kuten jo edellä mainittiin, varsinaisesti vain Heinolan voiteluöljytehtaan. Muut yhtiöt vastasivat itse suunnittelutyöstä ja käyttivät enemmän tai vähemmän ensinmainitun yhtiön asiantuntemusta hyväkseen neuvottelujen ja kirjeenvaihdon avulla.

Tervaöljytehtaiden koneiston asennukset saatiin ripeästi vauhtiin sitä mukaa kuin niitä johtamaan saatiin tämänlaatuisen työhön kouliutunutta henkilökuntaa, jonka hankinnassa Oy Tervaöljy Ab eräissä tapauksissa avusti tehdasyhtiöitä.

Hangon tehdas, joka koetehdaskoneistoja ja omintakeisesti tehtyjä kojeistokehitelmiä hyväksi käyttämällä saatiin käyntiin heinäkuun lopussa 1944, valmisti saman vuoden jälkipuoliskolla vajaat 100 tonnia tervaöljyä. Kun tuotannon oli sopimuksen mukaan määrä nousta ensimmäisten kolmen käyntikuukauden aikana puoleen edellä esitettyyn taulukkoon merkitystä tavoitteesta, vastasi alkuvauhti n. 50 %:ia tavoitellusta.

Seuraavana tuli käyntiin Seinäjoen öljytehdas 7 kuukauden rakentamisajan jälkeen vuoden 1944 joulukuussa. Tehdas sijoitettiin Seinäjoen kauppala vuokratulle pienehkölle tonttimaalle paikkakunnan höyryvoima-aseman viereen. Näin vältettiin oman voimalaitoksen rakentaminen. Kantavin tiiliseinin tehdyn kaksikerroksisen varsinaisen tehdasrakennuksen nettotilavuus oli n. 2 000 m³, minkä lisäksi osassa rakennusta oli 150 m³:n suuruinen kellari valmiiden öljytuotteiden varastointia varten. Viereisten tehdaslaitosten ratapihan yhtä raidetta oli öljytehtaan vuoksi jatkettava pari sataa metriä.

Tervan varastosäiliöitä pystytettiin tehtaalle puolet sopimuksen edellyttämästä määrästä eli 90 m³. Nämä säiliöt olivat makaavia 30 m³:n vetoisia teräsastioita. Niiden tehtaan sisälle sijoittamisen vuoksi jouduttiin osa välipermantoa rakentamaan 2 000 kg:n neliömetrikuorman kantavaksi. Käyttövesi pumputtiin tehtaaseen viereisestä joesta, joka sittemmin mm. v. 1947



Kuva 41. Oy Kanter Ab:n voiteluöljytehdas.
Fig. 41. Tar lubricating oil factory of Oy Kanter Ab.

vallinneen suuren kuivuuden aikana oli vedetön. Tehtaassa oli kaksi 5 000 litran vetoista pyrolyysipataa, joiden lämmityshuone oli tehtaan pohjakerroksessa ja muusta tehtaasta ovettomoin väliseinän palosuojelutarkoituksessa eristetty. Esilämmityspatoja ei tehtaassa ollut lainkaan. Tehtaan muuna säiliökojeistona käytettiin »äitiyhtiöltä», Oy Nobel-Standard Ab:ltä, lainattuja pienehköjä valmiita öljysäiliöitä. Sinänsä hieman ahtaiden ylä- ja alalin käryiseksi käynnyttä ilmapiiriä koetettiin myöhemmin raitistaa ilmanvaihtopuhaltimilla. Tehtaantoimisto, laboratorio, miehistön pesuhuoneet ja kemikaalivarasto sijaitsivat matalammassa yksikerroksisessa puisessa jatkorakennuksessa, jonka suuruus oli n. 600 m³. Tislaus- ja lämmityshöyry saatiin tehtaaseen viereisestä Seinäjoen kauppalan voimalaitoksesta.

Heinolan öljytehtaan rakentaminen vei suurine betonisine terväsäiliöineen ja muutenkin isompana yrityksenä aikaa 8 kk eli kuukauden pitemmän ajan kuin edellinen. Tätä tervanjalostamoa varten vuokrattiin Heinolan Pahlvi Oy:ltä valmis tehdasrakennus, joka oli tarkoitukseen kylläkin matalanpuoleinen. Kun se tilavuudeltaan kuitenkin oli 5 000 m³, saatiin kojeistot sinne lopulta sijoitetuksi aika kätevästi. Tehtaassa jouduttiin kuitenkin välituotteiden siirtoon käyttämään tavallista enemmän pumppuja. Varsinaiseen tehdassaliin rakennettiin betoninen välitaso. Matalapainehöyry saatiin tehtaan

vanhoista höyrykattiloista, joten vain niiden jälkeinen höyryntulistin jouduttiin hankkimaan. Sähköenergia, jonka saannissa pyrki aika ajoin esiintymään pieniä häiriöitä, ostettiin Heinolan kaupungilta.

Hyvällä onnella saatiin tämän tehtaan monet pienemmät säiliöt hankituksi erästä näihin aikoihin romutetusta kotkalaisesta sulfaattiselluloosatehtaasta. Putkien saanti höyryntulistimeen ja moniin lauhduttimiin sekä tehdasjohdoiksi tuntui aluksi aivan mahdottomalta, kun lisensejä ulkomaisiin hankintoihin voitiin antaa äärimmäisen säästeliäästi. Käytettyjä putkia mahdollisimman paljon hyväksi käyttämällä selvittiin tästäkin pulmasta. Sähkölaitteiden hankintaa helpottivat pahvitehtaassa ennestään olleet voimansiirtokaapelit ja -kojeistot. Oy Tervaöljy Ab:n varaamista teräs-, kupariym. tarvikkeista oli valtaosa käytettävä tervatehtaiden pystyttämiseen.

Oy Petko Ab:llä oli tässä suhteessa Viralan öljytehdasta rakentaessaan myös suuria vaikeuksia, koska jo yhtiön monet tervatehtaat pyrkivät nielemään kaiken irti saadun teräsaineksen. Tästä syystä Viralan öljytehtaan rakentaminen veikin aikaa runsaan vuoden.

Öljytehtaan sijoittamisesta Viralaan koitui se hankaluus, että sekä terva että valmiit öljytuotteet oli autokuljetuksin siirrettävä n. 10 km:n matka, jonka etäisyyden päässä lähin rautatieasema, Turenki, sijaitsee. Toisaalta säästyttiin melkoisilta pääomakustannuksilta, kun voitiin pystyttää öljytehdaskojeistot sikäläiseen valmiiseen rakennukseen ja käyttää entisen hiivitehtaan vanhoja terässäiliöitä siellä hyväksi. Viralan tervaöljytehdas lähti käyntiin elokuussa 1945.

Sekä Heinolan että Viralan öljytehtaisiin hankittiin hiukan suuremmat pyrolyysipadat kuin Seinäjoelle. Niiden tilavuus oli 6 000 litraa. Nämä kojeet samoin kuin lauhduttimet valmisti Wä r t s i l ä - y h t y m ä O y:n K o n e ja S i l l a n k o n e p a j a.

Heinolan voiteluöljytehtaan lähdettyä käyntiin maaliskuussa 1945 huomattiin pian, ettei tervaa riittäisikään suunnittelujen mukaiseen öljyntekovauhtiin. Maassa olleen liuskeöljyn turvin ja ostamalla Ruotsista siellä jo ohi menneen öljyrynnistyksen jäännöstervaa saatiin kuitenkin tehtaiden raaka-ainekysymys hoidetuksi niin, että tehtaat saattoivat olla yhtä aikaa käynnissä vuoden 1945 viimeisen kolmanneksen ja seuraavan vuoden ensimmäisen neljänneksen. Tämän jälkeen tehtaat sitten pysähtyivät vuoronsa perään. Niiden kokonaiskäyntiaika ja öljyntuotanto muodostuivat seuraaviksi:

	pysäyttämispäivämäärä	käyntiaika, kk	öljyntuotanto, tonnia
Heinola	31. 3. 1946	12	1 798
Hanko	15. 5. 1946	23	605
Seinäjoki	31. 5. 1946	17	972
Virala	15. 6. 1946	10	701

Keskimäärin tehtaat olivat siis käynnissä runsaat 15 kuukautta, ja niiden valmistaman voiteluöljyn määrä oli yhteensä 4 076 tonnia.

Tervaöljytehtaiden lähtöraaka-aine

Hautatervan teon kukoistuksen aikoihin toimivat tervahovit sekä tavaravälivarastoina että tarkkailuasemina. Kun otetaan huomioon valmistajien saamaan tervan myyntihintaan sisältyvien puuastioiden melkoiset kustannukset sekä usein varsin pitkä ja hankala tynnyrien venekuljetus, oli luonnollista, että hautaterva pyrittiin jo valmistuspaikalla saamaan mahdollisimman vedetömäksi. Siitä huolimatta osoitti kokemus, että räkkärien vielä tervahoveissa tynnyreistä poistama puuhappomäärä oli keskimäärin 6—8 % tervan painosta (S n e l l m a n 1939).

Näitä hautatervakokemuksia muistellessa voidaan todeta, että huolimatta tervatehtaiden kojeistojen ja hiiltomenetelmien edellisessä luvussa kerrotuista pienistä virheistäkin öljytehtaiden vastaanottama terva saatiin alkuvaikeuksien jälkeen keskiarvona laskien laadultaan hyväksi. Vaunuretorttihiiltämöjen tervassa todettiin ylen harvoin maksimirajan ylittäviä vesipitoisuuksia, ja uusien taljaretorttihiiltämöjen terva antoi tässä suhteessa vain poikkeustapauksissa aihetta hinnan alennuksiin. Ramén-tehtaatkin yrittivät parhaan kykynsä mukaan saada tuotteensa tyydyttävälle tasolle.

Tervan vesipitoisuuden määrittämisestä sovittiin terva- ja öljytehtailijoiden edustajien keskisessä neuvottelussa vuoden 1945 alussa. Valantehnyt näytteenottaja, »räkkäri», otti säiliövaunua tyhjennettäessä 20 minuutin väliajoin 1 litran suuriset tavaränäytteet tyhjen nyspumpun paine johdossa olleesta hanasta, ja saadut näytteet yhdistettiin ja sekoitettiin keskenään perusteellisesti. Yhteisnäytteestä otettiin sitten kolme 1 litran suurista näytettä, joista yksi analysoitiin ostajan laboratoriossa, toinen lähetettiin myyjälle ja kolmas Keskuslaboratorio Oy:lle, joka toimi puolueettomana analyysin tekijänä. Tynnyreistä tervanäyte otettiin joko astioiden valutusrännistä tai valutusvälisäiliön jälkeisen pumpun paine johdon hanasta. Vesipitoisuuden ollessa alle sallitun maksimirajan analyysikustannukset maksoi öljytehdas, kun taas sen ollessa suurempi kustannukset jäivät tervatehtaan kärsittäväksi.

Erään taljaretorttitervan vesivalitusasian yhteydessä tehtiin lokakuussa 1945 siihen mennessä eri öljytehtaille toimitettujen tervojen keskiarvoisen vesipitoisuuden vertailulaskelma, johon otettiin mukaan tuotettaan kaikille öljytehtaille — Viralaa lukuunottamatta — lähettä-

neitä erityyppisiä tervatehtaita. Tulokseksi saatiin, että Heinolan tehtaan vastaanottamien tervojen vesipitoisuus oli keskimäärin 4,33 %, Seinäjoen tehtaan 4,23 % ja Hangon 4,10 %. Tämän katsottiin osoittavan, että vesipitoisuuden määrittämisessä sovellettu näytteen ottopata antoi tasaisia tuloksia. Pienempien tervaerien suhteen muutettiin menetelmää kuitenkin niin, että näytteitä otettiin tervapumpun painejohdon hanasta 10 minuutin väliajoin. Koskeamman tervan keskiarvoisen näytteen ottoa häiritsee se, että vain osa vedestä on kolloidisesti tervaan liuenneena toisen osan ollessa tervan pinnalla, pohjalla tai seassa suurempina erotumina.

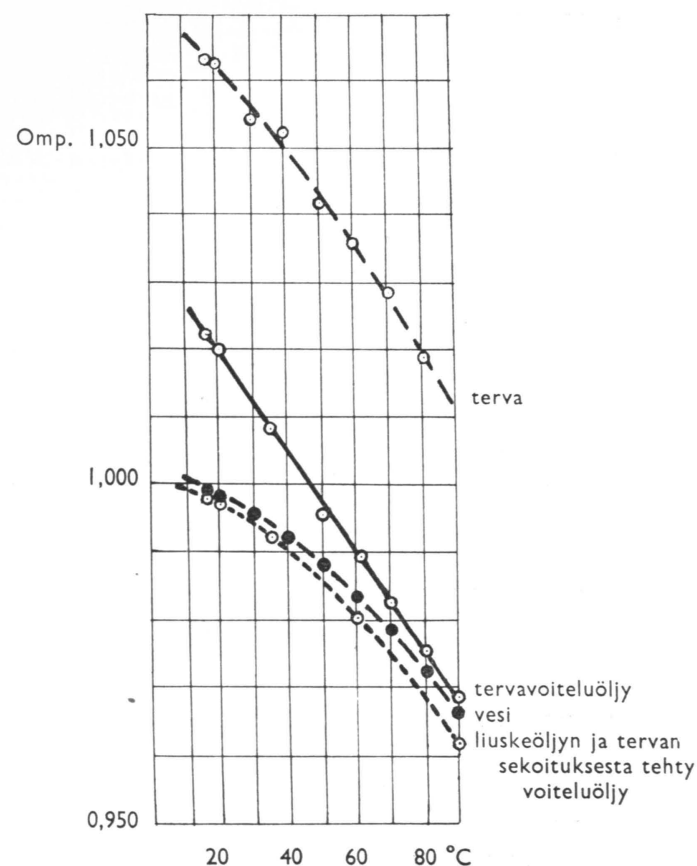
Viralan tehtaassa käytettiin oman yhtymän tervatehtaiden tuotetta lähtöaineena, ja vesipitoisuus oli yleensä hieman korkeampi kuin muissa öljytehtaissa.

Myös Ruotsista syksyllä 1945 ostetun 500 tonnin tervaerän keskiarvoinen vesi- ja tärpättipitoisuus ylitti kotimaisen tervan sallitut ylimmäisrajat. Öljytehtaille ei kuitenkaan tullut sen käytöstä tappiota hieman alhaisemman ostohinnan johdosta. Varsin tervetullut oli tähän tervatoimitukseen sisältynyt rautatynnyristö.

Varsinkin alkuaikoina jätti tervan mekaaninenkin puhtaus paljon toivomisen varaa, sillä sekä säiliövaunuissa että astioissa oli puupalasia, kiviä, pultteja, muttereita, rääsyjä, paperia ja muita sentapaisia epäpuhtauksia. Myöhemmin saatiin tällaiset painonlisääjät vähenemään.

Vuoden 1945 kesästä lähtien oli pakko käyttää tervan jatkeena huomattavia määriä maahan aikaisemmin tuotua liuskeöljyä, jonka laadulle ei voitu asettaa mitään vaatimuksia. Aluksi tehtiin yhteispyrolyyseja, joissa tervan ja liuskeöljyn suhde oli 1:1, mutta myöhemmin täytyi suhde muuttua vielä epäedullisemmaksi (1:2). Erikseen pyrolysoimalla saatiin suurempi voiteluöljynsaalis, mutta yhteiskäsittelyssä oli öljyn laatu parempi. Liuskeöljyä tervan jatkeena käytettäessä ilmeni tehtaissa vaikeuksia raakatisleen vedestä erottamisessa. Näihin aikoihin suoritettiin Keskuslaboratorio Oy:ssä kantotervan ja tästä sekä sen liuskeöljyseoksesta valmistettujen voiteluöljyjen ominaispainonmääritykset, joiden tulokset veden erillämpötilaisiin ominaispainoihin rinnastettuina ovat kuvassa 39. Varsinkin korkeammissa lämpötiloissa lähentelivät veden sekä tervan ja liuskeöljyn seoksesta (1:1) tehdyn voiteluöljyn ominaispainot toisiaan.

Neutraloimisluku ei antanut luotettavaa perustaa myöskään lipeäpesun suoritukselle, mikä johtui kaikesta siitä, että liuskeöljyn happamet ainekset ovat pääasiassa fenolinluonteisia. Liuskeöljy oli huomattavasti halvempaa kuin terva, joten Lt-öljyn nimellä kauppaan lasketun seosöljyn valmistushinta määrättiin alhaisemmaksi. Liuskeöljystä saatiin kuitenkin suurempi öljynsaalis kuin tervasta, joten öljytehtaat saivat hieman korvausta tervan vesipitoisuuden ja tärpättipitoisuuden tuottamista lisäkustannuksista. Suhteellisesti eniten sai liuskeöljyä käytettäväkseen valtion omistama Puukemia



Kuva 42. Lämpötilan vaikutus voiteluöljyn, veden ja tervan ominaispainoihin.

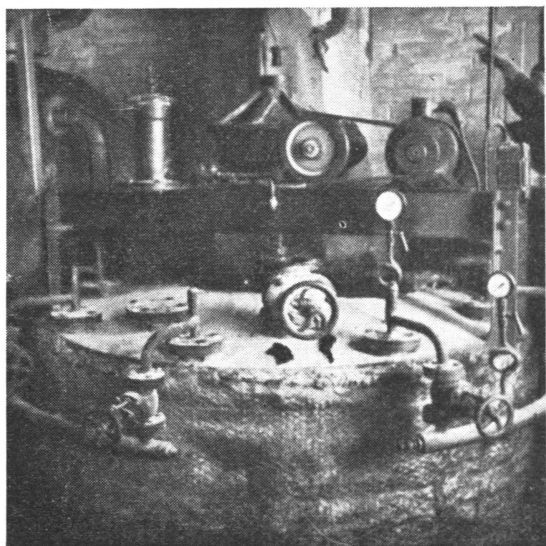
Fig. 42. Effect of temperature on specific gravity of lubricating oils, water and tar.

Oy:n Heinolan öljytehdas, jossa liuskeöljyn osuus oli 46 % koko käytetystä raaka-ainemäärästä. Voiteluöljytehtaat jalostivat yhteensä n. 6000 tonnia tervaa ja 3000 tonnia liuskeöljyä.

Käyttökokemukset ja kojeiston parannukset

Tehdastus osoitti laboratorio- ja koetehdasmittakaavavaiheet läpäisseen menetelmän ja suunnitellut laitteet käyttökelpoisiksi. Joitakin epäkohtia paljastui tietysti jatkuvassa tuotannollisessa valmistuksessa. Niinpä suoritettiin eri tervaöljytehtaissa eräitä pieniä parannuksia.

Teräksisten pyrolyysitilaispatojen saattoi jo koetehdashavaintojen perus-



Kuva 43. Seinäjoen öljytehtaan pyrolyysipata.

Fig. 43. Retort in oil factory, Seinäjoki.

teella odottaa syöpyvän melkoisesti. Heinolan tehtaassa suoritetuissa teräslevykattiloiden toistuneissa tarkastuksissa todettiin, että ensimmäisten 50 pyrolyysin ja tislauksen jälkeen oli seinämissä runsaasti pistemäisiä syöpymiä, jotka olivat n. 2 mm:n syvyisiä ja sijaitsivat joukkoesiintymänä yläpintarajan tienoilla. Myöhemmät mittaukset 100, 150 ja 200 tislauksen jälkeen osoittivat, etteivät syöpyvät sanottavasti syventyneet. Ehkäisevänä tekijänä oli patojen seiniin tarttunut pikikalvo. Padan pohja, jota tulikaasut eivät lainkaan pyyhkineet, säilyi parhaiten (Larinkari 1946 a).

Patoja kuluttikin ylikuumennuksen aiheuttama ulkopuolinen hilseily huomattavasti voimakkaammin kuin sisäpuolinen kemiallinen syöpyminen. Heinolassa havaittiin neljän tislauksen jälkeen patojen ulkopinnassa savukanaalien kohdalla 1 mm:n paksuinen hilseily. Myöhemmin ei tämä haitallinen ilmiö edistynyt yhtä nopeasti, mutta 200 tislauksen jälkeen oli kattilan alkuperäisestä 10 mm:n seinävahvuudesta jäljellä vain 40 %. Tästä 6 mm:n kulumisesta laskettiin kolmannes kemiallisen syöpymisen ja loput palamisen tilille. Pistoliekin vaikutusta koetettiin estää tervatchaiden retorttien vanhoihin suojelumenetelmin muuraamalla padan seinäpintaan eniten uhattuihin kohtiin 30 mm:n paksuinen suojakerros karhuniitti-sementin ja tavallisen tulenkestävän saven seoksesta tehtyä massaa, joka ei kuitenkaan pysynyt kiinni padan seinässä. Seinäjoen tehtaassa käytettiin lappeelleen asennettua

tiiltä suojamuurauksena sen jälkeen, kun padan seinä oli ohentunut 5 mm n. 5 kk:n käytössä. Siellä pyrolyysipata paikattiin hitsaamalla pahimmin palaneelle kohdalle uusi teräslevykappale. Suojamuuraukset eivät täälläkään kokonaan estäneet jatkuvaa hilseilyä.

Paremmen kemiallisen ja palamiskeston saamiseksi suoritettiin Puukemia Oy:n öljytehtaalla epäonnistunut kokeilu piivalupadoilla. Käytetyn valun piipitoisuus oli kaiketi liian suuri ja teki padat jaksoittaisen kuumennuksen aiheuttamia lämmönvaihteluja kestäättömäksi. Ainevahvuus niiden seinissä oli 30 mm.

Tislauspadan lisälaitteista joutuivat suurimmalle koetukselle padan sisällä olevat höyryputket, joissa kemiallinen syöpyminen aiheutti hitsausten aukemisia. Tällöin pääsi sekoitin vääntyilemään ja näin joskus katkomaan viereisetkin höyryputket.

Käytäntö osoitti sekä Seinäjoen että Heinolan tehtaassa pisaraloukkujen rengastäytteen helposti tukkeutuvaksi, minkä vuoksi se muutenkin hyödyttömänä poistettiin. Lämmitysvaiheiden aikana toisinaan sattuneiden hyvinkin voimakkaiden vesi- ja tärpähtikuohumusten aiheuttamia häiriöitä ei pieni loukkutorni jaksanut estää. Heinolan tehdassalin mataluus ja lähestymässä ollut toiminnan lopettaminen aiheuttivat sen, että pisaratornin tilalle suunniteltu pyörre-erotin toteutui vain paperilla. Viralan öljytehtaassa sen sijaan saatiin alusta alkaen tällaisesta pyörreytimestä varasäiliöineen hyviä kokemuksia.

Patojen pohjalle laskeutunut piensekainen rauta- ja kalkkisakka vaikeutti kevytrakenteisen ja vain ylhäältä laakeroidun sekoittimen toimintaa usein jopa pysäyttäen sen. Tämän estämiseksi suunniteltiin Oy Tervaöljy Ab:n toimistossa nostettava sekoitinkoneisto. Samaan aikaan Heinolan tehtaalla suoritettut kokeilut rautakatalyytin liuottamiseksi reaktiopadan ulkopuolella johtivat kuitenkin pian käyttökelpoiseen ratkaisuun, joten sekoittimen muutostajatuksista voitiin luopua.

Tässä uudessa kojeistossa, joka kehitettiin Keskuslaboratorio Oy:ssä ja Heinolan tehtaan omassa laboratoriossa tehtyjen tutkimusten perusteella, oli sorvinlastuilla aika ajoin täytetty, putkistolla esilämmityspataan kytketty sylinterisäiliö sekä tämän pohjasta ylöspäin suunnatun tervanvirtauksen aikaansaava kierrätyspumppu. Esilämmityksessä kuumeneva terva liuotti analyysitarkkailun mukaan riittävästi rautaa käytettävissä olleiden 12 tunnin aikana. Tarpeelliseksi minimimääräksi osoittautui tehdaskäytössä 0,2 % Fe tervan painosta.¹ Katalyytin riittävyys puntarina oli raakavoiteluöljyn

¹ Laboratoriotutkimuksessa ilmeni myös näihin aikoihin, että 0,2 % rautaa oli kutakuinkin yhtä tehokas mäntyöljyhartsin dekarboksiloinnin katalyyssinä kuin 1 % (Enkvist ja Mäkelä 1948).

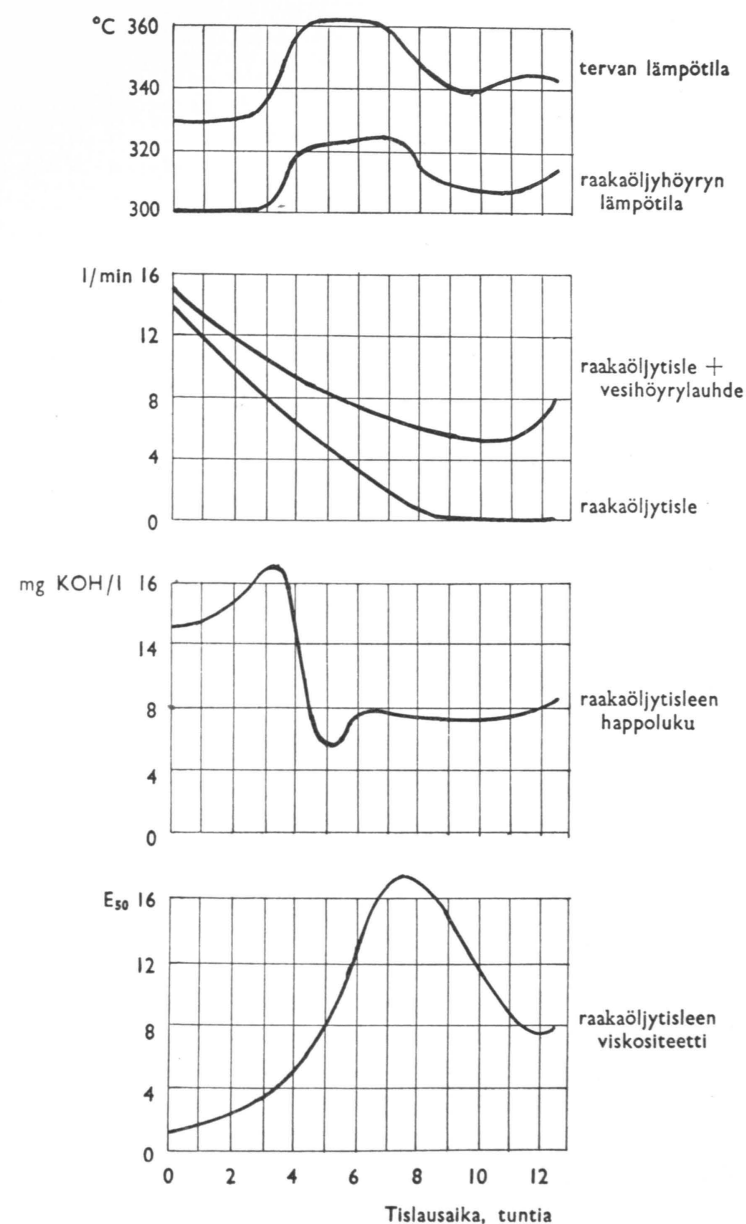
alkaliliukoisen jakeen suuruus. Laite toimi alusta alkaen moitteettomasti, mutta sitä ei ennätetty toteuttaa muissa tehtaissa. Seinäjoella kehitti Oy Kanter Ab:n voiteluöljytehtaan rakentaja, ins. H. j. S t r ö m myös erikoistyyppisen katalyyttijärjestelmän. Rautakloridia liuotettiin alkaliliukoiseen öljyyn ja seos pumputtiin tislaukspataan. Varjopuolena oli tämän katalyytin aiheuttama kojeiston voimakas syöpyminen. Parissa Heinolan tehtaassa satuneessa tislauksvaiheen häiriössä joutui pata tervoineen olemaan pitemmän aikaa 380°:ssa¹, jolloin seurauksena oli runsas retkeenin muodostuminen.

Koetehdaskokemusten perusteella suunniteltu tervan esilämmitys tislaukshöyryjen lauhtumisessa vapautuvaa lämpö määrää hyväksi käyttäen epäonnistui käytännössä lämmönvaihtimen virheellisen rakenteen vuoksi. Käytetyssä putkikojeessa tapahtui tervan virtausnopeuden pienuuden ja kaiketi myös sen lämmönjohtokyvyn huonouden johdosta vaillinaisen lämmön siirto tervaan, jonka lämpötila ei noussutkaan juuri lainkaan. Virhettä ei ainespulan vuoksi kyetty korjaamaan sen jälkeen, kun oli huomattu myös tämän lämmönvaihtimen tavallisten teräsputkien syöpyvän nopeasti tervan puolelta. Tislaukshöyrytkin syövyttivät ajan mittaan teräsputkia, jotka vaihdettiin sittemmin kuparisiin. Kun jäähdytysnesteeksi muutettiin vesi, tuli kojeesta tavallinen tislehöyryjen lauhdutin.

Tässä yhteydessä mainittakoon, että pumputtaessa Heinolan tehtaalla tervaa vastaanottoasemalta varastosäiliöihin syöpyi käytetyn 200 metrin pituisen 60 mm:n sisäläpimittaisen putken 2,5 mm:n vahvuinen seinämä alle 1 mm:n paksuiseksi yhdessä vuodessa 2 000 tervatonnin siirron aikana. Tervan lämpötila pumputtaessa oli n. 50°. Syöpymistä oli ehkä omiaan lisäämään se, että putki oli pumppuamisten välillä ilmaa täynnä, minkä tilanteen todettiin sota-ajan epäsäännöllisen käynnin aikana suuresti edistäneen myös maamme selluloosatehtaiden putkistojen ja muidenkin laitteiden käyttökeltvottomaksi muuttumista.

Koetehdaskokemusten jäädessä suunnittelukiireissä kai hieman hätäisen kypsyttelyn varaan rakennettiin tervaöljytehtaiden tislehöyryjen lauhdutus jo aikaisemmin kerrotuista kielteisistä tulostoteamuksista huolimatta laboratoriahahmottelujen mukaisesti vaiheittaiseksi, myöhemmissä tehtaissa kylläkin enemmän varakojeiston saantitarkoituksessa. Kun laboratoriossa ja koetehtaassa ei ollut tullut mitatuksi lauhtumattomien kaasujen määrää, oli lauhtuttimien tarkka mitoituslaskenta vaikeata suorittaa. Sarjakytkentää käytettäessä osoittautuivatkin käytetyt putkilauhtuttimet reippaasti ylimitoitetuiksi. Parempihan on kuitenkin tällaisessa tapauksessa kojeen sopiva yli- kuin alimitoitus. Terva-annoksen esilämmitykseen (20–300 °C), pyro-

¹ Ko. lämpömittaria ei ollut tarkistettu.



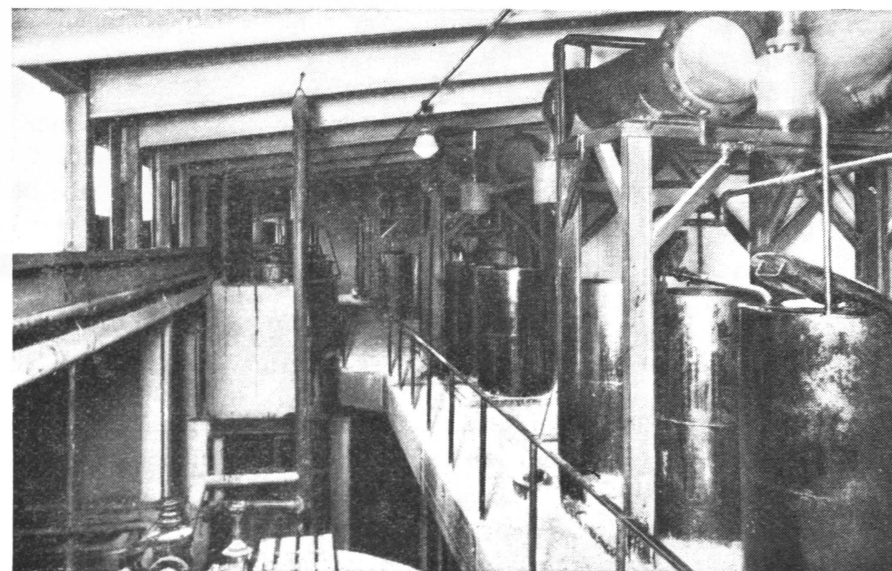
Kuva 44. Heinolan öljytehtaan vesihöyrytislauk n:o 42.

Fig. 44. Steam distillation n:o 42 in oil factory, Heinola.

lyysiin ja vesihöyrytislaukseen kului Seinäjoen tehtaassa padan täyttöineen ja tyhjennyksineen aikaa normaalisesti 24 tuntia. Korjaukset ja käyntihäiriöt pitensivät käsittelykiertoajan keskimäärin 29 tunniksi. Vesihöyrytislauksevaihe vei aikaa 12 tuntia. Viralan öljytehtaassa oli kiertoaika sama, mutta Heinolassa tuntuvasti pitempi eli 39 tuntia. Tämä johtui siitä, että terva-annos oli Heinolassa huomattavan suuri, 77 % padan tilavuudesta (Seinäjoella 72 %, Viralassa 68 %).

Kuvassa 44 esitetään 4. 5. 1945 Heinolan öljytehtaassa suoritettujen öljykeiton vesihöyrytislauksevaiheen tarkkailun tulokset. Lämpötilalukemat ja raakaöljynäytteet otettiin puolen tunnin väliajoin. Tervan lämpötilakäyrä osoittaa, ettei tehtaassa noudatettu Keskuslaboratorio Oy:n antamia ohjeita 300 °:n pyrolyysilämpötilan käytöstä 5 °:n tarkkuudella. Osaksi tämä johtui alkukäynnin aikana siitä, että patojen kaukolämpömittarit lämmityshuoneeseen sijoitettuihin tauluineen saatiin tehtäisiin myöhästyneinä. Tervan lämpötilan ja pizaraloukun yläosassa mitatun tislehöyrylämpötilan ero oli n. 30 °. Vaikka vesihöyryn käyttö alussa oli varovaisempaa, oli raakaöljyn happoluku alkutislauksen aikana suhteellisen suuri. Raakaöljyn happoluvun voimakas aleneminen n. 4 tunnin kuluttua tislauksen alusta lukien johtui ilmeisesti pyrolysoitavan tervan lämpötilan merkittävästä noususta. Erityisesti Heinolan matalaan tehdasrakennukseen soveltui makaava lauhdutin paremmin kuin sinänsä tehokkaampi pystytyyppi, koska näin ei tarvinnut tehdä vuokratilakennuksen ulkokattoon reikiä (kts. kuva 45).

Vedenerottimissa öljytisleistä poistettuun veteen jäi varsinkin liuskeöljyä tervan korvikkeena käytettäessä jonkin verran öljyä hienona emulsiona, jota koetettiin kyllä ottaa vielä talteen erityisissä öljynkeräimissä. Oy Tervaöljy Ab:n insinöörin ehdottama erotteluastiatkaisu perustui veden ja öljyn ominaispainoeroon. Laite toimi jaksoittaisesti, ja talteen saatu öljymäärä jäi pieneksi. Pienemmissä tehtaissa se pystyi kuitenkin hyvin hoitamaan tehtävänsä. Heinolassa suunnittelivat tehtaassa käyttöpäällikkö, dipl.ins. J. Larinkari ja ylimestari, tekn. I. Härkönen jatkuvatoimisen öljynkeräimen, jonka talteen ottama öljymäärä käynnin loppuun mennessä todettiin 114 000 litraksi, mikä vastaa 6,3 %:ia koko voiteluöljyntuotannosta. Näin pääsi Heinolan tehdas, jossa lauhduttimien jälkeiset vedenerottimet olivat ainespulan vuoksi alimitoitettuja, voiteluöljynsaaliin suhteen aikaisemmin käyntiin lähteneen ja siihen mennessä johdossa olleen Seinäjoen tehtaassa tasolle. Toimintaperiaatteeltaan laite vastasi Kaukopään ja Oulun selluloosa-tehtaille sodan aikana rakennettuja virtauslaattikotyyppisiä tärpätinerottimia. Siinä saatiin talteen sekä vettä kevyempää polttoöljyä että raskaampaa voiteluöljyjaetta.



Kuva 45. Yleisnäkymä Heinolan tehtaan pesuosastolta.

Fig. 45. General view of refining equipment in oil factory, Heinola.

Pesusäiliöissä käytettiin alkuaikoina öljytisleen ja lipeäliuoksen sekoittimena Pionius-potkuripumppua, jonka kierrosluku oli 3 000/min. Pumppu toimi 90 °:n käyttölämpötilassa mekaanisesti moitteettomasti, mutta oli vaikutukseltaan sikäli liian tehokas, että syntyi emulsiota ja ilmeni mustalipeän erottumisen vaikeuksia. Pesussa siirryttiinkin paineilumasekoitukseen, joka oli riittävän tehokas ja aikaansai alkaliliukoisen öljyn neutraaliaineesuuden pienenemisen. Samalla öljyn aineosat ehkä jonkin verran hapettuivat, vaikka merkittävää viskositeetin nousua ei havaittukaan.

Polttoöljyn pesussa saatavan raakafenolin valmistaminen osoittautui hyvin pian taloudellisesti kannattamattomaksi heikon kysynnän vuoksi. Natriumhydroksidin saannin keväällä 1945 kiristyttyä luovuttiinkin polttoöljyn pesemisestä ja tyydyttiin sen vedestä erottamiseen ja kuivaukseen. Polttoöljy oli suhteellisen halpaa, 15 mk:n hintaisena kilolta, jalostamattomanakin tuotteena helposti myytävissä vallinneen polttoainepulan aikana. Ryhdyttäessä käyttämään liuskeöljyä tervan jatkeena olisi raakafenolin laatu tullut entistäkin epämääräisemmäksi, koska liuskeöljyn lipeäliukoisten aineosien kemiallinen koostumus oli tervaan verrattuna varsin poikkeava.

Alkalipesussa käytettiin alun perin 4-%:sta lipeäliuosta, mutta jyrkempään erottamiseen pääsemiseksi siirryttiin koetehtaassa jo aikoinaan kokeil-

tuun 10-%:sen NaOH-liuoksen käyttöön, joka esim. kasviöljyjen puhdistustekniikassa näyttää olevan yleistä. Tämä väkevyys soveltui hyvin myös liuskeöljytisleiden pesuun. Raakavoiteluöljytisleen alkaliliukoinen jae, jossa oli enemmän hartsi- ja rasvahappoja kuin tervassa, pyrolysoitiin ja tislattiin vesihöyryllä uudelleen joko tervaan sekoitettuna tai yksinään. Katalyyttisäys oli kaksinkertainen, ja emulgoituneen neutraaliaineksen johdosta oli päätuotteen saalis usein suurempikin kuin tervasta.

Tehtaiden käyntivauhti ja käyttötalous

Liuskeöljyn käytöllä voitiin tervavoiteluöljytehtaille yleensä varmistaa niiden sinänsä lyhyeksi muodostuneen toiminnan ajaksi mahdollisuus valmistaa voiteluöljyä niin paljon kuin laitteilla oli mahdollista. Aika ajoin oli kyläkin pieniä apukemikaalien saantivaikeuksia, ja juhlapäivät, tulipalot sekä suuret korjaustyöt aiheuttivat myös lyhyitä ja pitkäköjäkin seisokkeja. Oy Tervaöljy Ab:lle lähetetyissä kuukausi-ilmoituksissa oli oma sarake seisokkiaikojen suhteelliselle osuudelle, joka eri tehtaiden keskiarvona laskettuna vaihteli koko käynnin aikana välillä 14,4–33,5 %. Tasaisimmassa käynnissä oli tässä suhteessa Seinäjoen öljytehdas, jonka käyttöpäällikkönä koko ajan toimi maist. A. E h r s t r ö m. Tehtaiden keskimääräiset kuukausituotannot olivat jo edellä mainittuihin arvioituihin tuotantoteholukuihin verrattuna seuraavat:

	käynti- kuukau- sia	arvioitu tuotanto- kyky tonnia/kk	voiteluöljyntuotanto		
			tonnia	%	
			koko aika	käynti- kk:ta kohti	tavoit- teesta
Hanko	20	60	596	30	50
Heinola	12	150	1 788	150	100
Seinäjoki	17	60	972	57	95
Virala	10	60	702	70	116

Yleensä tehtaat pystyivät siis valmistamaan edellytetyt määrät voiteluöljyä, kun tavoitelaskelman perustana käytetään sopimuksessa mainittuja tervamääriä ja öljynsaalislukuna perussuunnitelmissa oletettua 40:tä prosenttia. Kun saaliit todellisuudessa olivat suurempia, eivät tehtaat oikeastaan pystyneet käsittelemään sopimusten edellyttämiä raaka-ainemääriä, mutta itse asiassahan oli vain ilahduttavaa, että tuotantotavoitteet saavutettiin

taloudellisesti edullisemmin. Viralassa saavutettiin tuotantotavoitteen ylitys tehtaiden suunnittelutekniikassa yleensä hyväksi todetulla tavalla. Lähinnä Savonlinnan tervan suuremman tärpättipitoisuuden perusteella haluttiin Oy Petko Ab:n öljytehtaan kojeiston mitoituksessa näet varmistaa sopimuksen edellyttämä tuotantoteho. Reaktiopadan suuruudeksi valittiin Heinolan tehtaan tapaan 6 000 litraa, joten pyrolyysin terva-annos saattoi olla n. 20 % suurempi kuin Seinäjoella, jossa pata oli vain 5 000 litraa. Ylimitoitus, jota kokeneet tehtaansuunnittelijat aina käyttävät jossain määrin, teki siis järjestelmällisen ja tiukan käytön ohella mahdolliseksi tässä lyhimmän aikaa käynnissä olleessa tehtaassa saavuttaa suhteelliseen tuotantovauhtiin nähden paras tulos. Viralan tehtaan suunnittelusta ja rakentamisesta vastasi lähinnä ins. N. E. S v e n s s o n, ja tehtaan käyttöpäällikkönä toimi fil.maist. E. K. H e i n o, jolla oli öljytehtaan lisäksi valvottavanaan sen yhteyteen myöhemmin perustettu tervapien lakkajalostamo.

Voiteluöljynsaaliiseen vaikuttaneista tekijöistä olivat olennaisimmat tervan laatu ja liuskeöljyn osuus. Lisäksi vaikuttaa tällaiseen tulokseen aina jossain määrin tuotantolaitoksen suuruus, koska pienessä tehtaassa pyrkivät esimerkiksi jätevesien mukana kulkeutuvat jalostehäviöt muodostumaan suuriiksi. Näin ollen ei ole oikeastaan mahdollista suhteellisen lyhyen käynnin perusteella ryhtyä arvioimaan tehtaiden paremmuusjärjestystä tässä suhteessa, vaikka alla esitetyssä asetelmassa esiintyykin pienehköjä eroja niiden tuloksissa. Tervavoiteluöljytehtaiden vuosineljännestuotanto ja tervan painosta laskettu öljynsaalis olivat seuraavanlaiset:

vuosi- neljännes	Hanko		Seinäjoki		Heinola		Virala	
	tonnia	%	tonnia	%	tonnia	%	tonnia	%
1944 III	53,5	38,7	—	—	—	—	—	—
IV	43,3	41,6	21,6	34,0	—	—	—	—
1945 I	61,3	36,2	136,7	42,7	46,0	28,4	—	—
II	68,5	40,4	136,9	47,6	239,9	36,1	—	—
III	91,2	47,5	241,5	55,5	465,6	52,8	135,6	35,0
IV	115,8	50,0	169,3	46,5	550,1	50,3	205,2	38,0
1946 I	111,1	47,0	145,5	57,6	485,9	45,7	223,1	44,7
II	50,7	46,8	120,6	47,7	—	—	137,5	41,9
	595,4	45,0	972,1	48,7	1 787,5	47,3	701,4	39,9

Koska välituotteiden määrät vaihtelivat eri käyntikuukausien lopussa, on asetelmassa esitetty tulokset 3 kk:n jaksoin luotettavan kuvan saamiseksi käynnin tasaisuudesta. Vaikka Hangon tehdas sai noin yhden vuoden

ajan hieman alhaisempia öljynsaaliita, oli tämän tehtaan lopullinen keskiarvoinen öljynsaalis kuitenkin tehtaan pienemmyyden huomioon ottaen hyvä. Tuotanto oli suurimmillaan käynnin jälkipuoliskon aikana, jolloin liuskeöljyn käyttö huomattavasti kaunisti öljynsaaliin lukuja. Seinäjoen tehtaan tuloksissa havaitaan vuoden 1945 alkupuoliskon aikana saadun käyttöharjaantumisen vaikutus tulokseen. Senjälkeinen voimakas tuotannon kasvu ja öljynsaaliin paraneminen johtuivat liuskeöljyn käytöstä. Saman vuoden viimeisen neljänneksen lasku taas aiheutui tehtaan osalle tällöin sattuneesta puhtaan tervavoiteluöljyn tekemisvelvollisuudesta. Heinolan tehdas hyötyi, kuten sanottu, liuskeöljyn runsaasta osuudesta, mutta toisaalta se joutui kärsimään märkien ja runsastärpättisten Ramón-tervojen pääasiallisesta sinne suuntautumisesta. Tervan laatu vaikutti myös Viralan tuloksiin alentavasti, minkä lisäksi liuskeöljyn osuus oli siellä kaikkein pienin.

Pää- ja sivutuotteiden valmistus oli tervaöljytehtaissa koko käynnin aikana seuraavanlainen:

	Hanko tonnia	Seinäjoki tonnia	Heinola tonnia	Virala tonnia
voiteluöljyä	596	972	1 788	702
polttoöljyä	121	216	389	222
tärpättiä	—	24	116	105
raakafenolia	12	19	18	—
pikeä	258	418	712	340

Saalistus oli %:ina tervan ja liuskeöljyn yhteispainosta:

	Hanko %	Seinäjoki %	Heinola %	Virala %
voiteluöljyä	45,0	48,7	47,3	39,9
polttoöljyä	9,0	10,8	10,2	12,6
tärpättiä	—	1,2	3,1	6,0
raakafenolia	0,9	0,9	0,5	—
pikeä	19,2	21,0	21,3	19,3
Yhteensä	74,1	82,6	82,4	77,8

Tervavoiteluöljytehtaiden käytön tarkkailu

Keskuslaboratorio Oy:ssä suoritettiin jatkuvasti tervan vesi- ja tärpättipitoisuuksien tarkkailua tutkimalla kaiken kaikkiaan noin 700 öljytehtailla otettua näytettä. Niin ikään tehtiin siellä Oy Tervaöljy Ab:n toimeksiannosta

Oy Santasalo-Sohlberg Ab:n valmistamien vedenmäärityskojien, Engler-viskosimetrien ja leimahduspisteen määrityskojien tarkistuksia käyttöohjeiden laadintoihin.

Varsinainen käytöntarkkailu suoritettiin tervavoiteluöljytehtaiden laboratorioissa. Heinolan öljytehtaassa, jossa siis valmistettiin yhteensä n. 1 800 tonnia voiteluöljyä, suoritettiin koko käyntikautena säiliövaunuissa ja tynnyreissä saapuneesta tervasta 114 ja öljytehdasrakennuksessa olleesta välisäiliöstä otetuista tervanäytteistä 64 vesipitoisuuden sekä yhteensä 124 tärpättipitoisuuden määrittystä (L a r i n k a r i 1946 a). Sorvinlastukatalyytin käytäntöön oton jälkeen tehtiin 89 raudanmäärittystä tervasta. Raakaöljytisleistä suoritettiin 714 happoluvun kaksoismäärittystä. Liuskeöljyn tultua tervan jatkeena käytäntöön tehtiin pehmenemispisteen määrittäviä 58 jätetäpiknäytteistä. Valmiista voiteluöljystä tehtiin 583 neutralointiluvun määrittystä, joista noin viidennes säiliövaunulähetysieristä. Yhtä paljon ja samassa suhteessa tehtiin öljyn viskositeetinmäärittäviä, mutta leimahduspisteenmäärittäviä pantiin kojeen saannin viivästyksen vuoksi käyntiin vasta kolme kuukautta tehtaan käyntiinlähdon jälkeen. Voiteluöljyn viskositeetinmäärittäminen tehtiin tehtaissa yleensä vain 50 °C:ssa. Engler-kojeen työtarkkuus todettiin tervavoiteluöljytehtaissa heikoksi, minkä vuoksi Heinolan tehtaassa käytettiin enimmäkseen Höppler-kojetta. Seinäjoen öljytehtaan tuloksia tarkistettiin Oy Nobel-Standard Ab:n hyvin varustetussa öljylaboratoriossa Helsingissä. Seinäjoen tehtaassa suoritettiin viskositeetinmäärittäminen jokaisesta pesusta saadusta voiteluöljyerästä, ja tulos merkittiin käyttöpäällikön toimistohuoneen seinälle sijoitettuun diagrammiin.

Heinolan tehtaan laboratoriossa tehtiin aika ajoin polttoöljyn ja voiteluöljyn tislusanalyysia Widmer-kolonnia käyttäen. Polttoöljyn todettiin sisältävän 16—50 % voiteluöljynluonteista jaetta, jonka E₅₀-viskositeetti oli n. 2,2. Erään tervanpyrolyysin lämmitysvaiheessa otettiin polttoöljyn näytteitä puolen tunnin väliajoin, ja mainitun yli 300 °C:n lämpötilassa höyrystyvän voiteluöljyn jakeen osuuden todettiin polttoöljyissä vaihtelevan 13—27 %. Voiteluöljyissä puolestaan todettiin olevan 8—10 % alle 300 °C:n lämpötilassa höyrystyvää polttoöljyn luonteista jaetta.

Tervavoiteluöljytehtaiden kustannus- ja kannattavuuslaskennan perustana olleiden, kuukausittain ja vuosineljänneksittäin tehtyjen käyttötilastojen laadinta yhtenäistettiin Oy Tervaöljy Ab:ssä laadittujen lomakkeiden käytöllä. Höyry- ja voimatalouden rinnastelussa tuotti mm. polttoaineiden kirjavuus pientä lisävaivaa. Voiteluöljytonnia kohti laskettu raaka-aineiden, apukemikaalien ja päätarvikkeiden kulutus koko käyntiajan keskiarvona tehtaiden tiedotusten mukaan on esitetty seuraavalla sivulla:

	Hanko	Seinäjäki	Heinola	Virala
tervaa ja liuskeöljyä, kg ...	2 209	2 290	2 125	2 504
sammutettua kalkkia tai				
kalkkikiveä, kg	38	35	22	31
rautakloridia, kg	24	14	7	—
katalyyttirautaa, kg	12	7	5	12
lipeäkiveä, kg	63	33	21	14
keitto- ja glaubersuolaa, kg	14	19	10	9
riikkihappoa, kg	111	27	28	25
halkoja, p-m ³	9,9	6,6	6,8	9,6
sähköenergiaa, kWh	56	81	147	170

Polttoainetta käytettiin tervavoiteluöljytehtaissa pyrolyysipatojen lämmitykseen ja höyryn kehitykseen. Höyryä taas käytettiin tislauksessa, öljyn puhdistusastolla ja talvisaikaan lämmitykseen, mutta tehtaissa ei ollut kojeita eri tarkoituksiin käytetyn höyryn määrän mittaamiseksi. Tilastoista ei aina ilmene höyryn valmistukseen tervavoiteluöljytehtaissa käytetty polttoaineen määrä. Näissä tapauksissa on höyryluvat muunnettu halkopinokuutiometreiksi arvioitua kattilan hyötysuhdetta perustana käyttäen. Niinikään on asetelmaa laadittaessa turpeen, koksen ja kivihiilen kulutukset laskettu haloiksi. Luotettavimmat luvut lämpötaloudesta on saatu Heinolan tervavoiteluöljytehtaalta (L a r i n k a r i 1946 a). Viralan tapauksessa öljytehtaan lämpö- ja voimataloutta rasitti ilmeisesti myös viereinen tervatehdas sekä pikeä raaka-aineenaan käyttävä lakkatehdas.

Käyttäen perustana sivulla 112 esitettyjä tervatehtaiden tuotantolukuja — tervansaalis 28 kg/p-m³ tervaksia eli tervaksien kulutus 36 p-m³/tonni tervaa — sekä arvioiden voiteluöljyn saaliiksi 45 % tervan painosta voidaan laskea tervaksia tarvittun n. 78 p-m³/tonni voiteluöljyä. Polttohalkoja voidaan arvioida tervatehtaissa käytetyksi tähän verrattuna neljännes eli n. 20 p-m³/tonni voiteluöljyä. Tervavoiteluöljytehtaissa käytetty polttoainemäärä oli siis tervatehtaiden lähtöraaka-aineen ja polttoaineen kulutuksiin verrattuna suhteellisen vähäinen.

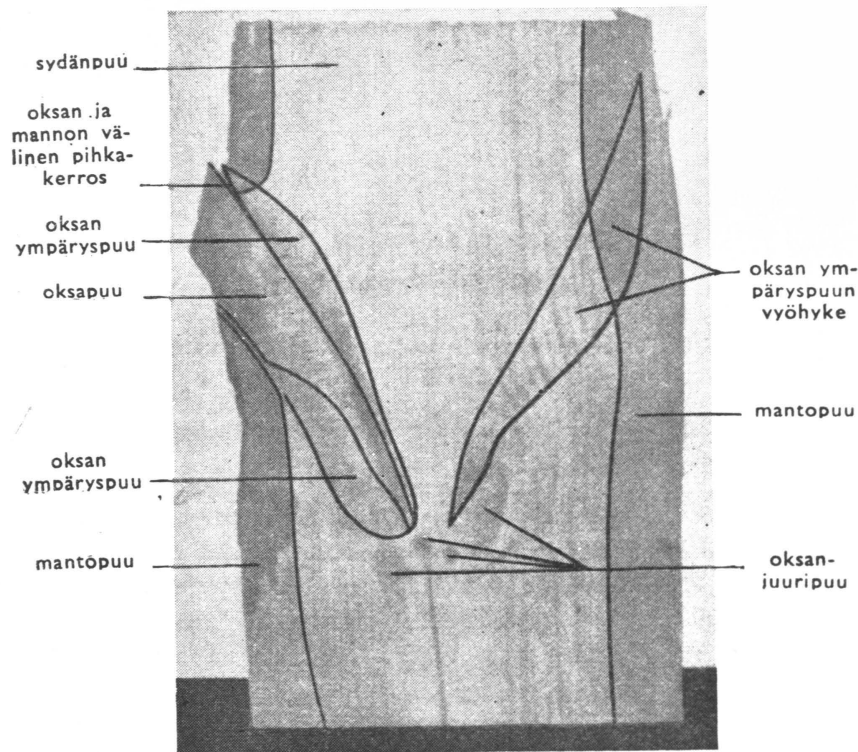
Yhden tervavoiteluöljy-tonnin valmistukseen kului yhteensä n. 105 p-m³ aines- ja polttopuuta.

VII Sulfaattiselluloosateollisuuden sivutuotteet voiteluöljyn raaka-aineena

Pihkatuotteiden talteenotto sulfaattiselluloosatehtaassa

Sulfaattiselluloosapuun pihka ja sen koostumus

Männyn pihkan yleisluonnetta ja sen syntyä tervasten yhteydessä tarkasteltaessa tuli edellä jo esiin tämän sivuaineksen määrän varsin erilainen paino-osuus eri rungonkohtien puukudoksesta. Männyn pihkapitoisuutta uuttomäärityksin analysoitaessa ei tähän vaihtelevuuteen aina ole kiinnitetty tarpeeksi huomiota, ja laajempiakin tutkimuksia tehtäessä lienee aniharvoin otettu keskiarvoja laskettaessa huomioon puun läpimitan ja tilavuuspainon vaihtelun vaikutusta tuloskeskiarvojen laskentatekijöissä. Kun lisäksi metsien maantieteellinen sijainti ja käytetyn ainespuun tyyppi vaikuttavat ratkaisevasti männyn etteri-, alkoholi- ja asetoniuutepitoisuuksien suuruuteen, on todettava, ettei maamme sulfaattipuussa tehtäisiin vuosittain kulkeutuvaa pihkan määrää aivan tarkalleen tiedetä. Sulfaattitehtaiden raaka-aineenahan käytetään harvennuspuun ohella sahatukkien latvuksia ja pintapuujätteitä, joiden osuuksista tehtaiden puuraaka-aineesta ei kuitenkaan ole tarkkoja laskelmia olemassa. Ei myöskään mäntyä yleensä vähäpihkaisemman kuusen määrästä liene sulfaattitehtaillamme varmaa tietoa nimenomaan monilta vierailta sahoilta ostetun jätetuun tapauksissa. Näin ollen on tässä yhteydessä turhaa esittää eri tutkijoiden pistokokeenluonteisten pihkapitoisuuden määritysten tuloksia, varsinkin kun tiedetään käytettyjen analyysimenetelmien kirjavuus ja epätarkkuus erityisesti pihkan haihtuvan jakeen suhteen. Mainittakoon kuitenkin, että pari vuotta sitten valmistuneessa selluloosapuun laatututkimuksessa (M u r t o 1950) todettiin mäntyisen pienpuun haihtumattoman asetoniuutteen määrä Rovaniemeltä otetuissa 15 rungossa painollisena keskiarvona 4,9 %:ksi (vaihtelu eri metsätyypeillä 3,5—7,8 %) ja Helsingin vierestä otetuissa 16 rungossa 2,6 %:ksi (1,2—4,5 %). Jonkin verran pienemmän kuusipienpuuaineiston asetoniuutepitoisuudet olivat vastavasti 1,9 ja 1,5 %.



Kuva 46. Oksaisen männyn rungon pituusleikkaus. Metanolibentseeniuutteet:

mantopuu	3,5 %
sydänpuu	5,9 »
oksan ympäröivä puu	12,1 »
oksanjuuripuu	29,1 »
oksapuu	29,5 »

Fig. 46. Longitudinal section of pine stem with knots.

Sekä mänty- että kuusipuun uutepitoisuusarvot saatiin oksattomasta puusta. Wegelius (1939) on väitöskirjatutkimuksessaan määrittänyt yli 400 kuusisisäoksan eetteriuutepitoisuuden ja saanut keskiarvoksi 5,4 %. Normaalkuusipuuhun verrattuna tätä arvoa voitaneen pitää 3-kertaisena. Jos lasketaan selluloosapuussa olevan oksakudosta ja sen viereistä pihkakasta ympäriskudosta yhteensä 5 %, päädytään siihen, että oksat lisäävät kuusipuun pihkapitoisuuden korkeintaan 1,1-kertaiseksi. Tutkimuksessa, joka lie-
nee laajin oksakysymystä puunkäyttöopin kannalta käsittelevä työ, esitetään tietoja mm. juuri oksan ympäröivä puun määristä erityyppisissä suomalaisissa kuusipuissa. Mäntypuusta ei vastaavanlaajuisista tutkimuksista ole tehty. J a y m e ja B l i s c h n o k (1938) ovat suorittaneet suunnistavan analysoin-

nin erään Saksassa kasvaneen mäntysahatukinpuolikkaan oksien ja niiden ympäröivä puu — yhteinen tilavuusosuus n. 5 % ko. rungonosan puukudoksesta — pihkapitoisuuksista metanolibentseenillä. Tulokset mantoon ja sydänpuuhun rinnastettuina selviävät kuvan 46 liittyvästä asetelmasta. Hägglund ja Larsson (1937) ovat todenneet, että kuusilankuista irrotetuista sisäoksista saadun puujauheen pihka-aineet liukenevat huonosti eetteriin. Asetoniutepitoisuus oli näet eetteriuutepitoisuuteen verrattuna noin kaksinkertainen (15,4 ja 8,1 %).

Kuusesta sulfaattiselluloosatehtaissa saatavat pihkatuotteet ovat siksi vähäisiä, että voidaan tyytyä lähinnä mäntyisen pääraaka-aineen fysiologisen pihkan koostumuksen tarkasteluun. Kotimaisten tutkimusten tyystin puuttuessa esitettäkään parin ulkomaisen tutkimuksen tuloksia:

	Kurth 1938		Linder 1941
	longleaf ja mantopuu	shortleaf pine sydänpuu	ruotsalainen mänty
eetteriuutepitoisuus	2,4	6,2	—
happoluku, mg KOH/g	60	95	—
saippuoitumisluku	194	189	—
tärpätittömän pihkan koostumus:			
rasvahappoja, %	63	19	44
hartsihappoja, %	17	66	40
saippuoitumatonta, %	10	15	6

Kurthin tuloksista havaitaan, että kasvutuoreen männynrungon mannon pihkassa on rasvahappojen osuus merkittävästi suurempi kuin sydänpuun pihkassa. Sieber osoitti jo aikaisemmin, että rasvahappojen osuus säännöllisesti kasvaa havupuun ytimestä pintaan mentäessä. Erityisen runsaasti niitä esiintyy hänen mukaansa männyn sisäkuoressa eli »petussa» (1925, vrt. Pajari 1943).

Kurthin tuloksissa herättää huomiota myös manto- ja sydänpuun pihkojen erilainen happoluku, joka on seurausta aikaisemmin mainitusta rasvahappojen esiintymisestä osaksi estereinä puussa. Gabrielson (1950) on laskenut eräistä Bergströmin ja Trobeckin v. 1945 julkaisemista ruotsalaisen mäntypuun glyserolipitoisuuden määrityksistä, että rasvahapoista on mantopuussa 10 % ja sydänpuussa 4 % estereinä. Jäljempänä esitetään eräitä tietoja selluloosapuun pihkan harts- ja rasvahappojen luonteen muuttumisesta varastoinnin aikana.

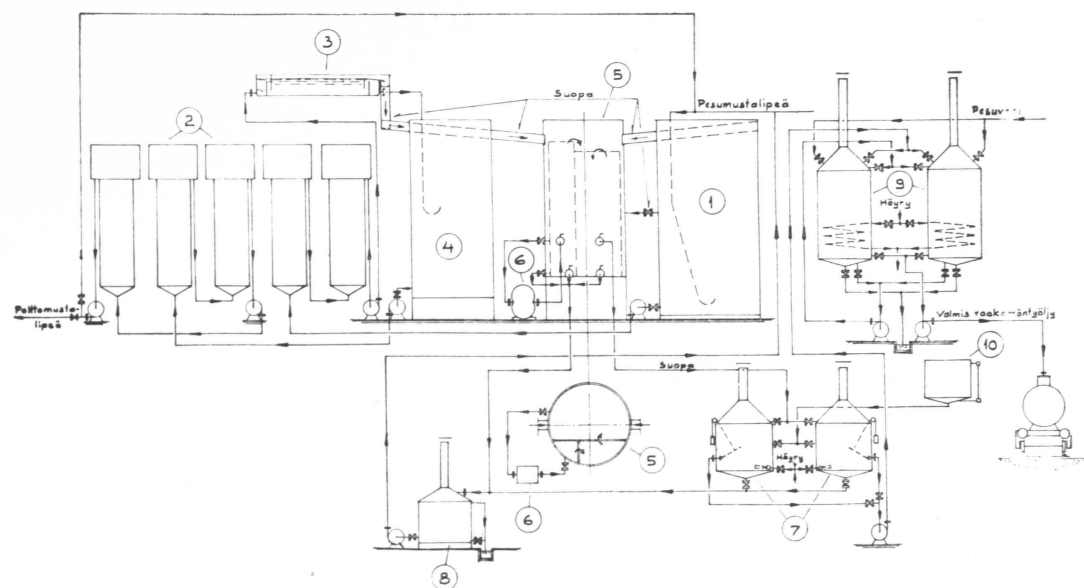
Männyn fysiologisen pihkan haihtuvan jakeen, tärpätin, kemiallisesta koostumuksesta ei Pohjois-Euroopan osalta ole analyysseja olemassa (USA:n

osalta kts. Hägglund 1939; Kurth 1946). Kirjallisuudessa esitetyt vähäiset tiedot koskevat useimmiten eräiden pienissä määrin esiintyvien terpeeniyhdisteiden identifiointeja. On siis tyydyttävä tuonnempana esitettyihin tietoihin sulfaattitehtaissa talteen otetun tärpätin koostumuksesta. Puun tärpättipitoisuuden tarkka määritys on vaivalloista. Sieber on 1910-luvulla suorittanut soodaselluloosakeittoja puulastuista, ja ottamalla tarkoin talteen keiton yhteydessä tärpätin hän on saanut sen pitoisuudeksi mäntypuussa 0,8 ja kuusipuussa 0,1 paino-% (Venemark 1941; vrt. Hägglund 1939). Sandermann on esittänyt kätevän kojeiston pihkan haihtuvan jakeen määrittämiseksi (1943). Toisessa yhteydessä on kuvattu hänen käyttämänsä tekniikkaa kasvavien puiden pihkatutkimuksissa, joita olisi mielenkiintoista saada Suomessakin suoritetuksi.

Sulfaattitehtaiden sivutuotteiden saalituksen tehostaminen

Mäntyöljyn raaka-aineet — puun hartsi- ja rasvahapot — muuttuvat, kuten tunnettua, sulfaattiselluloosan keitossa saippuaksi eli raakasuvoksi, joka pesupöntössä tai imusuodattimissa erotetaan keittojäteliuokseen eli mustalipeään liuenneena selluloosakuiduista. Kun pesumustalipeää hieman väkevöidään haihduttamon toiminnan varmistamiseksi, erottuu siitä säiliöinnissä sopivan kuiva-ainepitoisuuden tultua saavutetuksi mainittua raakasuvopaa, joka kuoritaan mustalipeän pinnalta omaan seisontasäiliöön. Raakasuvon saalista voitiin melkoisesti nostaa ryhtymällä sitä sotavuosina varsinkin suuremmissa sulfaattitehtaissamme erottamaan mustalipeästä toisessakin portaassa, mikä ajatus oli Ruotsissa patentoitu jo v. 1916 (Venemark 1942). Teräslevyjen saannin rajoittaessa uusien säiliöiden rakentamismahdollisuuksia ratkaistiin raakasuvon jälkimmäinen erotteluporras matalin virtauslaatikkorakentein, ensin Oulun sulfaattitehtaassa ja myöhemmin parissa muussakin. Koelaatikko tehtiin puusta, mutta myöhemmin siirryttiin teräslevyrakenteeseen. Kuva n 47 kaaviosta selviää raakasuvon talteenotto ja sen tavanomainen edelleen jalostus raakamäntyöljyksi.

Mainitussa suovan erottelulaatikossa havaittiin saannin tehostuvan johdettaessa mustalipeän joukkoon sen tyhjänalaisena toimivassa syöttöpumpussa pieni määrä ilmaa. Toisaalta tämä oli omiaan tekemään raakasuvon mustalipeäpitoiseksi ja kuohkeammaksi. Tässä yhteydessä tehdyt yritykset puhdistaa raakasuvopaa mustalipeä-epäpuhtauksistaan linkoamalla jäivät sota-ajan vaikeuksissa puoliteknilliselle asteelle. Sen sijaan otettiin eräissä tehtaissa käytäntöön raakasuvon pesu natriumsulfaattiliuoksella, ja sopivin järjestylin voitiin tähän tarkoitukseen käyttää myös suovan lohkomiskeitossa saatua hapanta jäteliuosta.



Kuva 47. Sunilan sulfaattiselluloosatehtaan raakasuvon erottelun ja raakamäntyöljyn valmistuksen kaavio v. 1947.

1. laihamustalipeäsäiliö, 2. haihduttamosarja, 3. suovan erotuslaatikko, malli Murto, 4. väli-mustalipeäsäiliö, 5. suopasäiliö, 6. suopapumppu, 7. raakamäntyöljyn keittimet, 8. erotusastia, 9. raakamäntyöljyn pesu- ja kuivausastiat, 10. rikkihapposäiliö.

Fig. 47. Flow sheet of scummings recovery and crude tall oil manufacture in the Sunila sulphate mill, 1947.

Yleensä on maamme sulfaattiselluloosatehtaiden raakamäntyöljyn talteenottokejoiston suhteen aivan kuin tervatehdaskoneistoihinkin nähden tapahtunut varsin hidasta kehitystä. USA:ssa, jossa sulfaattiselluloosan tuotanto on tehtaidemme valmistuskykyyn verrattuna yli kymmenkertainen, ryhdyttiin sivutuotteiden talteenottoon vakavissaan vasta viime sodan aikana. Tällöin tuli esiin uusia mielenkiintoisia ratkaisuja, joista esimerkkinä mainittakoon Cirvesin mäntyöljyn talteenottojärjestelmä (1943). Suovan erottelu on tässä menetelmässä täysin jatkuvaa, ja sen yhteydessä sekoitetaan mustalipeään tehokkaasti ilmaa. Näin saatu kuohkea suopa saadaan tiiviiksi ja puhtaaksi linkoamalla, minkä jälkeen lohkomiskeitto tehdään myös kestoperiaatteisessa keitinsäiliössä raakamäntyöljyn lopuksi joutuessa lingonnan alaiseksi. Cirves mainitsee amerikkalaisissa tehtaissa käytettävän myös suovan höyrytystä seisontasäiliössään. Tällöin mustalipeän ja raakasuvon emulsio särkyy, ja suopa saadaan puhtaammaksi.

Sulfaattiraakatarpatti, joka on siis peräisin havupuun pihkan haihtuvasta jakeesta, otetaan tehtaissa talteen selluloosakeittimien ns. kaasus-

tuksen yhteydessä lauhduttamalla ulos tulevat vesi- ja tärpättihöyryt sekä erotamalla lauhdeseoksesta pinnalle nouseva tärpätti erityisessä seisotusastiassa omaan kirkastumissäiliöön. Raakatärpätin saalista voidaan parantaa ottamalla höyryseosta ulos keittimestä pitkin keittoa, mutta lopullinen tulos riippuu suuresti ennen keittimen tyhjennystä tapahtuvan loppukaasutuksen tehokkuudesta, jota voidaan tarkkailla keittopaineen alenemista seuraamalla. Tätä työvaihetta pyrkii varsinkin suurissa keittimissä häiritsemään vesihöyryn mukaan tempautuva runsassuopainen lipeäkuohu, jota lauhduttimien eteen kytkeytyt suurehkot pyörretynerottimet eivät aina jaksa riittävästi poistaa. Kaasutus saatiin kuitenkin helpohoitaiseksi ja näin siis raakatärpätin talteenottoakin tehostumaan järjestämällä kaasutusjohdon alkupää laajaläpimittaiseksi, poistohöyryjen nopeutta hidastavaksi »pisaraloukuksi» ja sijoittamalla tämän yläpuolelle sähkölampulla valaistu tarkkailupesä. Tämä kaasutusjärjestelmä kehitettiin Oulun sulfaattitehtaassa v. 1942, ja sen jälkeen se tuli muissakin tehtaissa yleiseen käyttöön. Eräissä tehtaissa alettiin ottaa myös ennen loppukaasutusta saatu raakatärpätti ns. puolipuhaana laatuna erilleen, ja tällöinkin oli mainitusta kaasutuskehityksestä pientä etua. Muutamissa tapauksissa lisättiin tärpättilauhduttimien lämmönvaihtopinta-alaa ja rakennettiin tehokkaampia tärpätinerottimia, osaksi virtauslaattakoperiaatetta hyväksi käyttäen. Parissa tehtaassa ilmeni tärpätin erotusvaiheessa emulsiovälikerroksen muodostumista. Emulsio saatiin hävitetyksi johtamalla se valkolipeäkerroksen lävitse. Menetelmä poikkesi siis hieman Falkin yli 40 vuotta sitten kehittämästä tavasta johtaa kaasutushöyryt ennen lauhdutinta lipeäkerroksen lävitse (Bergström ja Fagerlind 1908). Viimeksi mainittuun järjestelmään sisältyvää porrastettua lauhdutusta rikkipitoisten yhdisteiden rikasteen erille saamiseksi tärpätin pääjakeesta ei Suomessa liene teknillisessä mittakaavassa kokeiltu (vrt. Smedslund 1951). Tiivistymättömät myrkylliset kaasut on Suomessa niin ikään tapana nykyisin johtaa polttamatta ulkoilmaan.

Koska viime pula-aikana Ruotsin sulfaattiselluloosatehtaat pääsivät omia tuotantolaitoksiamme parempiin sivutuotteiden saalislukuihin, on syytä esittää kirjallisuustietoja siellä tehdystä tutkimustyöstä rinnasteltuina eräisiin viime vuosien aikaisiin omiin tutkimusteamuksiimme, ensin raakamäntylöllyn ja sitten raakatärpätin suhteen.

Svenska Pappersbruksföreningen antoi sodan alussa Tukholman hiiltolaboratoriolle tehtäväksi selvittää sulfaattitehtaiden mahdollisuuksia lisätä raakamäntylöllyn saalista. Bergströmin ja Trobeckin mukaan tutkimusta suoritettiin IVA:n ja Svenska Cellulosa Ab:n myöntämien tutkimusmäärärahojen avulla, ja pääkohteiksi työssä muodostuivat seuraavat kysymykset (1943 b):

1) sulfaattipuussa, keiton jälkeen pestyssä selluloosassa ja sen sulppuvedessä sekä mustalipeässä olevien mäntylöllyaineksen määrien analysointimenetelmät,

2) puussa olevan mäntylöllyaineksen koostumus,

- 3) eri sulfaattitehtaiden mäntylöllyaineksen bilanssit,
- 4) mustalipeän väkevyyden ja lämpötilan muutosten sekä natriumsulfaatti- ja natronlipeäisäyksen vaikutus raakasuoan liukoisuuteen,
- 5) rautalevyä säästävän suovan erottelulaitteen kehittäminen suurien mustalipeäsäiliöiden tilalle ja
- 6) kuusesta ynnä männyn manto- ja sydänpuusta saatava mäntylöllyn saalis sekä kaato- ja varastoimisajan vaikutus siihen.

Tehtävä jäseneltäni siis selväpiirteisesti, ja tavoitteet olivat osaksi samoja kuin Suomen tehtaissa, joiden keskustutkimuslaitokseen v. 1941 perustetun orgaaniskemiallisen osaston voimat oli noin viiden vuoden ajaksi sidottu tervavoiteluöljynerottelmen kehittämiseen. Tukholman hiiltolaboratorionkin työ sulfaattitehtaiden sivutuotteiden suhteen keskittyi ensi sijassa siellä keksityn omaperäisen jäteliipeän polttomenetelmän, ns. BT-soodakattilan kehittämiseen ja siinä välituotteena saadun kuivan mustalipeäjauheen polttoöljyksi krakkaamiseen. Eräitä mielenkiintoisia tuloksia saatiin raakamäntylöllyn saalistuksen tutkimuksissakin syntymään.

Sulfaattipuulastut uutettiin pihka-aineen määrityksessä tavallisessa koossaan (Bergström ja Trobeck 1944 b), joten saanti ei liene ollut täydellinen varsinkaan isokokoisista oksalastuista (vrt. Jensen 1948, s. 22). Uuttokojeiston metallikangaspohjainen lastusäiliö oli 15 l:n vetoinen, ja liuottimena käytettiin alkoholia. Selluloosaan pesussa jäävien ja siitä massasäiliön sulppuveteen liuenneiden pihka-ainejäännösten analysoinnissa käytettiin uusia menetelmäkehityksiä, ja myös soodakattiloissa poltettavan mustalipeän mäntylöllypitoisuuden määritykseen saatiin kehitetyksi menetelmä (Bergström ja Trobeck 1944 a), joka tosin Suomessa myöhemmin tehdyissä tutkimuksissa on todettu hieman liian suurien arvoja antavaksi (Kahila 1950).

Ruotsin sulfaattitehtaiden mäntylöllyn uutossa saadun pihkan analyysia ei toistaiseksi ole julkaistu. Mäntylöllyn talteenottoasteen tarkistamiseksi suoritettiin 7 sulfaattitehtaassa keuhkalla 1943 bilanssitutkimus, jota varten otettiin 12 perättäisen vuorokauden aikana lastusnäytteitä joka selluloosakeitosta ja 1 tunnin väliajoin näytteet selluloosasta, sen sulppuvedestä ja polttomustalipeästä. Nämä näytteet yhdistettiin tehtaittain neljäksi 3 käyntipäivän yhteiseräksi, joista sitten sopivin menetelmin otettiin pienemmät keskiarvonäytteet analyysia varten (Bergström ja Trobeck 1944 b). Kokeilukauden raakasuoansaalista laskettiin raakamäntylöllyn valmistuksen perusteella järjestämällä erottuneen suovan varasto tutkimuksen alussa ja lopussa tyhjäksi. Mäntylöllyn talteen saadun määrän todettiin tehtaissa olevan 9–32 kg selluloosatonnia kohti ja 37–70 % lasturaaka-aineen haihtumattoman pihka-aineksen määrästä. Polttomustalipeään oli vastaavasti laskien jäänyt 17–35 %, kun taas selluloosan ja sulppuveden mäntylöllyhäviöiden osuus oli 4,5–31 %. Huonoimmassa tapauksessa oli kuusen osuus raaka-aineesta n. 60 %, ja männystäkin oli tällöin melkoinen osa ollut varastoituna 4–6 vuoden ajan. Puulastuista saatiin tässä tehtaassa vain 1,2 % alkoholiuutetta, kun se muissa tehtaissa oli 1,8–2,4 %, mikä vastaa raakamäntylöllyn tavoitesaalista 36,5–48,5 kg selluloosatonnia kohti. Suorittamiinsa bilanssitutkimuksiin nojautuen Bergström ja Trobeck arvioivat mainittujen tehtaiden mäntylöllyhäviöiden perusteella, että 4,8 % alkoholiuutetta sisältävää mäntypuuta raaka-aineena käytettäessä olisi voitu saada talteen 76–85 kg mäntylöllyä selluloosatonnia kohti. Suomessa hiljattain suoritetuissa tutkimuksissa on raakamäntylöllyn tavoitesaalista selvitetty kaikissa sulfaattitehtaisissamme pesumustalipeän suopapitoisuutta perustana käyttäen (Kahila 1950). Keskiarvoisen mustalipeän näytteenotto on kuitenkin osoittautunut epävarmaksi, joten käytettyä 1 vuorokauden tutkimusaikaa täytyy pitää liian lyhyenä.

Mustalipeän kuiva-ainepitoisuuden ja lämpötilan vaikutuksia raakasuoan liukoisuuteen tutkittiin Ruotsissa laboratoriomittakaavassa, mutta toistaiseksi on julkaistu vain hyvin pientä koeaineistoa koskevat suunnistavat tulokset (Bergström ja Trobeck 1943 b). Niiden mukaan on edullista erottaa suopaa mustalipeästä, jonka lämpötila on 60–70° ja kuiva-ainepitoisuus 25–35 %. Mitä laimeampaa mustalipeä oli, sitä enemmän lisäsi välillä 60–90° tapahtunut lämpötilan nousu suoan liukoisuutta. Polttoon menevästä mustalipeästä ei enää suopaa erotu, vaikka sitä siinä olisi runsaastikin. Natriumsulfaatti- ja natronlipeälisäysten ei voitu todeta tehostavan raakasuoan erottumista mustalipeästä.

Yksinkertaisen suovanerottelulaitteen kehittämistyössä Bergström ja Trobeck (1943 a) päätyivät vähintään 1 m:n läpimittaiseen ja n. 10 m korkeaan rautalevysäiliöön (vrt. sivu 167; Bergström ja Trobeck 1938; Thielens ja Fuller 1946; Khudovkov ja Kartseva 1950).

Sulfaattipuun varastoinen ja laadun vaikutusta raakamäntyöljyn saaliiseen tutkittiin läntisessä naapurimaassa sota-aikana mm. Husumin sulfaattitehtaassa, joka sai runsaspihkaisesta mäntyraaka-aineestaan Ruotsin parhaat sivutuotteiden saaliit. Tehdastutkimusten tuloksia selostaessaan Venemark (1941) esittää ensin aikaisemmin mainitun Schwalben ja Schulzin toteamuksen mäntypuun uutepitoisuuden alenemisesta. Tämän ilmiön on todettu johtuvan ilman häpettavästä vaikutuksesta, ja toisaalta on havaittu, että pihkaan näin muodostuvat petrolietteriin liukenemattomat oksihapot erottuvat mustalipeästä vaikeammin kuin muut raakasuoan aineosat. Pölly- ja rankapuun kenttävarastoinnissa tapahtuu samanlaista häpettämistä, joskin hitaammin kuin lastujen varastoinnissa. Kesäaikana kentälle varastoidusta sulfaattipuusta on Husumissa saatu seuraavan vuoden tammi–toukokuussa selluloosatonnia kohti 15 kg vähemmän raakamäntyöljyä kuin välittömästi noston jälkeisenä syksynä. Jos puuta on varastoitu vielä yhden vuoden aika, on lisävähennys ollut 10 kg. Uiton ja vesivarastoinnin aikana ei Venemarkin mukaan tapahdu pihka-aineiden liukenemista havaittavissa määrin. Sahausjätteenä käytetystä pintapuusta hän ilmoittaa saadun 50–67 % pienpuurankojen mäntyöljynsaaliista.

Sulfaattipuun varastointiajan vaikutusta raakamäntyöljyn saaliiseen tutkittiin vuoden 1943 aikana myös Ruotsin selluloosatehtaiden keskuslaboratoriossa Tukholmassa (Larsson 1944). Lastunmuotoisesta puusta saadun saaliin suuruuden arvostelun perustana olivat saatujen asetoniuutteiden haihtumattoman aineosan määrät. Todettiin nytkin, että kokeittojen mustalipeästä saostui vain tämän aineosan se jae, joka oli petrolietteriin liukenevaa. Toisin sanoen puun varastointikuivauksen aikana pihkan häpettuessa syntyvät oksihapot eivät erottuneet raakasuoan mukana. Etelä-Ruotsin mäntypuussa oli alun perin enemmän rasvahappoja kuin Norrlandin männynsä, mutta rasvahappojen herkemman häpettämisen vuoksi raakamäntyöljynäytteiden rasvahappopitoisuuksien suhde oli päinvastainen. Tehtiinpä sellainenkin toteamus, että mainitut oksihapot muodostavat puujauhetta suoraan petrolietterillä uutettaessa melko pian läpitunkemattoman kerroksen, joka poistuu vasta uusittaessa uutto toisella liuottimella. Näiden tutkimuksien perusteella on Ruotsissa siirrytty asetonin käyttöön pyritäessä uutteiden määrän perusteella arvioimaan nimenomaan raakamäntyöljyn talteenoton mahdollisuuksia sulfaattitehtaissa. Sulfaattipuun tehdasvarastoinnin vaikutusten suhteen tehtiin Venemarkin tulosten kanssa yhtä pitäviä havaintoja. Koeaineisto oli niin pieni, ettei mäntypuun iästä, puiden kasvupaikan meren pinnasta luetusta korkeudesta ja senluonteisista tekijöistä voitu tehdä johtopäätöksiä. Vaikka asetoniuutteiden määrät olivat melko tasaisia, oli Etelä-Ruotsin tehtaiden lasturaaka-aineen suuren oksihappopitoisuuden vuoksi mäntyöljyn saalis alhainen Norrlandin tehtaisiin verrattuna.

Venemark on teorioinut myös raakasuoan mustalipeään liukenevuuden perusteita ja korostanut mm. oksihappojen suoan erottumista estävää vaikutusta (1942). Niin ikään hän

pitää raakamäntyöljyn saannin kannalta tärkeänä, että selluloosan keiton jälkeisessä pesussa käytetään riittävän kuumaa vettä ja että pesu viedään tarpeeksi pitkälle, koska Bergström ja Cederqvist ovat osoittaneet, että nimenomaan suoan pois peseytyminen kuidusta on vaikeata (1934). Edellä mainitut Tukholman hiitolaboratoriossa tehdyt tulostoteamukset mustalipeän olotilanmuutosten vaikutuksesta suoan erotukseen Venemark selittää Stokesin lain perusteella, jonka mukaan erottuminen on suoraan verrannollinen aineiden ominaispaineroon ja suopahiukkasten kokoon, mutta kääntäen verrannollinen mustalipeän viskositeettiin. Toisen erotteluportaan käytöllä saatiin Ruotsin tehtaissa 1940-luvun alussa mäntyöljyn saantia lisätyksi vähintään 5–10 kg selluloosatonnia kohti.

Raakatäpätin saaliiseen vaikuttavia tekijöitä on selvitetty niin ikään Venemarkin julkaisuissa (1941 ja 1942). Varastoinnin aikana tiedetään täpätin aineosien haihtuvan ja myös häpettävän. Tästä on seurauksena sen saaliin huononeminen sulfaattiselluloosan keiton yhteydessä ja samantapainen kausivaihtelu kuin mitä raakamäntyöljyn saannin suhteen edellä esitettiin. Sahausjätepuusta on Husumin tehtaassa saatu 50 % pyöreän puun täpätinsaaliista.

Keittimestä on Venemarkin mukaan kaasutuksessa poistettava vähintään 60 kg höyryä selluloosatonnia kohti, jotta 97 % lastujen täpätistä — edellyttäen sen kokonaismääräksi 15 kg — saataisiin tulemaan sen mukana. Tällöin on edellytetty keittimessä olevan suhteellisen suuri nestetäyttö eli pieni höyrytila ja täydellinen tasapaino höyry- ja nestefaasien välillä. Keiton nousuvaiheen aikana (140–170°) saatiin Husumin tehtaan keittimistä mainitun vesihöyrymäärän mukana tulemaan kuitenkin vain 67 % täpätistä. Ennen tyhjennystä suoritettavan loppukaasutuksen aikana oli vielä poistettava vesihöyryä 5-kertainen määrä, jotta täpätti saatiin käytännöllisesti katsoen kaikki talteen otetuksi. Vaikeinta on saada irrotetuksi keittimen mustalipeään emulgoitunut täpätti, koska keittoliemestä on suuri osa vielä lastun muodossa olevan selluloosan sisällä. Loppukaasutuksen aikana on lipeää keittimessä kierrätettävä pumpulla, mutta tämä tietää melkoista sähköenergian kulutusta. Tyhjennyspuskun aikana mustalipeässä jäljellä oleva täpätti erkane kokonaan, mutta sen talteenotto on varsin hankalaa. Puskuhöyryn lauhteen väristä voi päätellä siihen emulgoituneen täpätin määrää. Venemarkin tislusanalyysien mukaan lauhteisiin emulgoituneessa ja loppukaasutuksessa saadussa täpätissä on enemmän 180°:n yläpuolella kiehuva jae kuin alkukaasutustäpätissä. Täpätin hyvän saaliin edellytyksenä on tehokas tehdastarkailu, ja sen määrät on mieluummin mitattava työvuorittain.

Esitettyjen tutkimustulosten perusteella on ymmärrettävää, että raakamäntyöljyn ja raakatäpätin talteenoton tehostus yli tietyn optimirajan aiheutti Suomenkin sulfaattitehtaissa myyntituloksen ylittävän kustannusten nousun. Jossain määrin parannettiin mäntyöljyn saantia, edellä jo esitettyjen kojeistonmuutosten ohella, runsaampien keittokemikaaliannosten käytöllä ja haihduttamon höyrynkulutusta lisäävillä massanpesun pitkityksillä. Tehdaspuun kentälleenoston suoritusajalla ei poikkeuksellisissa oloissamme voitu saannotavasti tuloksiin vaikuttaa, koska sen määräsi työvoiman saanti ja usein myös niputus- ja nostokoneiden teho. Joskus saattoi esim. selluloosapuun maallenenoston järjestely rasittaa tehtaan sodan johdosta harvalukuisia konstruktöörjä ankarastikin, joten sivutuotteiden saalituksen hyväksi tehtävä työ tuntui monta kertaa mahdolltomalta suorittaa. Uittotuoreen puun käyttö merkitsee sulfaattitehtaille myös lämpötaloudellista lisärasitusta, jonka

Venemark on Husumin tehtaassa todennut helposti nousevan 300 kg:aan höyryä selluloosatonnia kohti (1942). Vastaisen varalle olisi syytä suorittaa käyttöteknillisiä laskelmia ja tarkkailuja, jotta sulfaattipuun varastoinnille saataisiin näissä suhteissa selvät perusteet. Eräissä tehtaissamme kaukokuljetuksen luontainen kulku tietää kentälleenoston alkua jo kesäkuussa, toisissa taas heinäkuun lopussa. Tärpättikaasutusten suurentumisen aiheuttama lämpimän veden lisävalmistus saattaa merkitä myös tehtaan lämpötalouden lievää huonontumista, koska sulfaattitehtaissamme pyrkii lämpimiä vesiä valkaisuamatonta massaa valmistettaessa muutenkin kertymään liiaksi.

Ruotsissa otettiin tehtyjen laajaperäisten tutkimusten perusteella sodan aikana käytäntöön raakamäntyöljyn ja raakatärpätin lisätalteenotosta palkkiot, mutta meillä ei onnistuttu tällaista järjestelmää aikaansaamaan eri tehtaiden palkkiorajojen määräämisvaikeuksien vuoksi. Näin ollen tyydyttiin asettamaan likimääräisiä talteenottotavoitteita, jotka olivat erilaisia Pohjois-, Itä- ja Lounais-Suomen tehtaiden ja eri sulfaattipuutyyppien kohdalta (Juvonen 1950; Lassenius 1950). Lapin runsaspihkaista mäntyä jalostava Ab Kemi Oy:n sulfaattiselluloosatehdas oli sivutuotteiden saannissa tehtaistamme ensi sijalla.

Raakamäntyöljyn ja raakatärpätin valmistus ja saalis selluloosatonnia kohti ovat Suomen Selluloosayhdistyksen teknillisen osaston tilastojen mukaan vv. 1938—50 olleet seuraavat (Lassenius 1950 ja 1951):

vuosi	sulfaattiselluloosaa,	raakamäntyöljyä		raakatärpättä	
	tonnia	tonnia	kg/ tonni sell.	tonnia	kg/tonni sell.
1938	562 000	12 984	23,9	3 625	6,4
1939	406 000	10 150	25,1	2 692	6,6
1940	234 000	5 695	24,3	1 815	7,8
1941	237 000	6 450	27,4	1 823	7,9
1942	199 000	7 180	36,4	1 783	9,0
1943	231 000	7 794	34,5	2 086	9,3
1944	185 000	5 452	30,4	1 502	8,6
1945	200 000	6 932	34,9	1 777	9,3
1946	306 000	9 618	31,3	2 690	9,1
1947	412 000	13 806	33,3	3 696	9,0
1948	461 000	14 537	31,5	3 853	8,4
1949	389 000	12 450	32,1	3 056	7,9
1950	476 000	14 425	30,3	3 633	7,6

Mainittakoon, että Ruotsissa oli aikana 1937—39 raakamäntyöljyn vuosituotanto 20 400—22 000 tonnia, ja v. 1950 sen on ilmoitettu olleen n. 28 000 tonnia (Sarratt 1951 b), siis Suomen vastaavaan tuotantoon verrattuna kaksinkertainen. Amerikan Yhdysvalloissa arvioidaan raakamäntyöljyn vuosituotanto nykyisin n. 200 000 tonniksi (Tähtinen 1951).

Raakamäntyöljyn ja mäntyöljyjen koostumus

Aikaisemman esityksen mukaan männyn natiivipihkan ja kantotervan kemiallista koostumusta on tähän mennessä selvitetty vain pistokokeenluonteisesti. Sen sijaan sulfaattiselluloosatehtaissa normaaliaikoinakin merkittävässä määrin talteen otettujen sivutuotteiden markkinointi ja edelleenjalostus ovat vaatineet näiden aineiden koostumuksen yhä tarkempaa tuntemusta.

Mäntyöljyn historian katsotaan alkaneen v. 1893, jolloin K. L. S. on totesi sulfaattimustalipeässä olevan hartsihappoja (mm. McKee ja Blengsl 1936). Ruotsalainen insinööri E. Larsson alkoi v. 1901 valmistaa raakamäntyöljyä Skutskärin sulfaattiselluloosatehtaassa. Hän (1905) ja saksalainen Fahrion (1909) julkaisivat ensimmäiset tiedot tuotteen kemiallisesta koostumuksesta. Sandquist on esittänyt laajahkon kuvauksen raakamäntyöljyn varhaistutkimuksesta (1922) ja mainitsee Rinmanin v. 1911 todenneen raakamäntyöljystä erottuvan kiteistä hartsihappoa, jonka rakennetta ei ko. julkaisussa kuitenkaan selvitetty. Suurimman työn raakamäntyöljyn koostumuksen tutkimuksessa on suorittanut Bergström, joka aloittuaan v. 1908 työnsä tällä alalla saattoi neljä vuotta myöhemmin julkaista tuotteen kokonaisanalyysin, joka vielä tänäkin päivänä pitää pistokokeenluonteisena paikkansa pääaineiden, hartsihappojen, rasvahappojen ja neutraaliaineiden osuuksien suhteen. Hän sai raakasuovasta esiin myös steroliriekasteen, joka oli epäpuhtaampi kuin Sandquistin myöhemmin raakamäntyöljystä eristämä »fytosteroli» ($C_{44}H_{76}O_2$).

Sandquist on edellä mainitun julkaisunsa yhteydessä esittänyt myös mielenkiintoisia tietoja raakamäntyöljyn hinnan kehityksestä kahden ensimmäisen vuosikymmenen aikana Ruotsissa. Kaupan alkaessa v. 1903 oli kilohinta 15 äyriä, josta se vuoteen 1909 mennessä laski hiljalleen minimiinsä 9 äyriin. V. 1915 alkoi sodan aiheuttama mäntyöljyn »suuri aika» sarastaa; vaiheessa 1915—16 oli kilohinta 50 äyriä ja vuotta myöhemmin jo 2 kruunua. Vuoden 1917 lopussa noteeraus oli runsaat 4,5 kruunua, ja seuraavana kesänä kilohinta hipoi jopa 7:ää kruunua. Pian tämän jälkeen valtiolta alensi hintaa n. 40 %. Pulan hellittyä oli raakamäntyöljyn hinta v. 1921 jälleen 15—20 äyriä/kg. Ruotsin vuosituotanto oli näihin aikoihin 2 000—3 000 tonnia.

Sandquist mainitsee myös, että suomalaiset kemistit intoutuivat 1910-luvun lopulla selvittämään mäntyöljyn hartsihappojen koostumusta. Niinpä

Aschan ja Ekholm löysivät hartsihappoyksilönä pitämänsä pinabietiinihapon tislatus määntööljyn kiteytymästä, ja Virtanen (1918) selvitteli alustavasti sen rakennetta väitöskirjatutkimuksessaan.

Aina II maailmansodan alkuun asti tehtiin sitten hiljaista työtä mäntööljyn aineosien tutkimuksessa. 1940-luvulla on tietous raakamääntööljyn koostumuksesta merkittävästi tiivistynyt osaksi nyt huomattavaksi tuottajamaaksi kehittyneessä USA:ssa ja osaksi Ruotsissa ja Suomessa tehdyn tutkimuksen ansiosta.

Raakasuovasta rikkihappokäsittelyllä saatu ja sen jälkeen pesty ynnä kuvattu raakamääntööljy on tummahko, sitkeäntuntuinen ja tuoreena huoneenlämpötilassa nestemäinen aine, joka on ohuena kerroksena väriltään punaisen ruskea tai keltainen. Sen haju on epämiellyttävä ja pistävä. Raakamääntööljy ei liukene veteen, mutta kylläkin useihin orgaanisiin liuottimiin. Etenkin kylmässä ulkoilmassa varastoitaessa siitä erottuu kiteistä ainetta. Lämpötila ja raakamääntööljyssä olevien hartsihappojen sekä erilaisten oksihappojen määraosuudet vaikuttavat sen tervaan verrattuna suurehkoon viskositeettiin merkittävästi, kuten eräät graafisestikin esitetyt eri tutkijoiden saamat tulokset osoittavat (Gabrielson 1950). Raakamääntööljyn suurin sallittu vesipitoisuus on Suomessa nykyisin 1 %, ja tuhka-aineita siinä on 0,1–0,2 %. Silloin tällöin raakamääntööljyn kuivauksessa tehtaissa esiintyvät vedenerottamisvaikeudet johtunevat useimmiten rikkihapolla tai Ruotsissa paljon käytetyllä natriumvetysulfaattiliuoksella¹ tehdyn raakasuovan lohkomis-keiton epätäydellisyydestä (Sandquist 1922). Amerikkalaisen jatkuvatoimisen mäntööljykeiton tarkkailu lieene tässä suhteessa helppoa käyttämällä esim. piirtäviä pH-mittareita. Cirvesin mukaan on USA:n sulfaatti-tehtaissa havaittu, että jättämällä raakamääntööljyyn 3–5 painosadannesta vettä estetään varastoinnin aikana tapahtuva kiteisten aineiden erottuminen, joten kuljetusastioiden tyhjentäminen on näin menetellen vaivatonta (1943). Raakamääntööljy suhtautuisi siis tässä mielessä varsin eri tavalla kuin mäntöpuun balsamikanavien natiivipihka (Sander mann 1943).

Suomalaisen raakamääntööljyn yleiskoostumusta on selvitetty useilla analyyseisarjoilla. Kahila on julkaissut tulokset kahtena peräkkäisenä vuotena Oy Keskuslaboratoriossa suoritetuista raakamääntööljyn analyyseista, joissa käytettiin rinnan yleisesti tunnettua gravimetristä sekä uutta, Suomessa tähän tarkoitukseen sovellettua potentiometristä menetelmää (1948). Kaikkien yhdeksän sulfaattitehtaamme valmistamien alle 1 % vettä sisältäneiden raakamääntööljyjen pääaineksien paino-osuudet vaihtelivat ensinnä mainittua analyyssitapaa käytettäessä seuraavasti:

¹Kienitz totesi rikkidioksidin soveltuvan männynkannoista saadun raakasuovan lohkomiseen rikkihappoa paremmin (1936).

hartsihappoja	32–51 %
rasvahappoja	37–58 »
saippuoitumattomia neutraaliaineita	9–14 »
petrolieetteriin liukenemattomia oksihappoja, ...	
rikkiligniiniä ym.	1–7 »

Rasvahappoja on siis raakamääntööljyssä likimain yhtä paljon kuin hartsihappoja. Potentiometrinen menetelmä on nopea suorittaa ja sovelias mäntööljyn laadun jatkuvaan tarkkailuun ynnä kaupallisiin analyyseihin. Siinä määrittyy myös estereinä esiintyvien rasvahappojen jae, joka on 5–10 % raakamääntööljyn painosta. Neutraaliaineiden erikoisanalysointi osoitti raakamääntööljyssä olevan 3–4 % steroleja ja 5–9 % hiilivetyjä. Raakamääntööljyn ominaispaino oli 0,95–1,01. Merkinä mäntööljyn analytiikan vireästä kehityksestä sodanjälkeisessä Suomessa voidaan mainita vielä Jensenin miehenkiintoiset tutkimukset, joissa on sovellettu kolonnikromatografiaa tähän tarkoitukseen (1949 a,b ja 1950). Erityisesti mäntööljyn neutraaliaineet määrittyivät hänen käyttämällään menetelmällä kätevästi, ja tulokset pitivät tältä osalta yhtä gravimetrisen analyyssimenetelmän kanssa. Raakamääntööljyn karkeassa analytiikassa on Ruotsissa tapana määrittää tuotteen vesi- ja tuhka-aineiden pitoisuus, vesiliukoiset hapot, happo- ja saippuoitusluku sekä hartsihappojen, rasvahappojen ja neutraaliaineiden osuudet, harvemmin myös ominaispaino, väri ja viskositeetti (Anon. 1946).

Juvosen mukaan puuraaka-aineen laadun muutokset aiheuttavat raakamääntööljyn koostumuksen merkittäviä vaihteluja (1947):

	mäntypienpuu	mäntysahausjäte
hartsihappoja	52–57 %	30–39 %
rasvahappoja	29–36 »	49–62 »
neutraaliaineita	9–11 »	5–12 »

Pohjois- ja Etelä-Suomen tehtaissa valmistettujen raakamääntööljyjen hartsihappopitoisuuksissa ei hänen esittämiensä analyyssitulosten mukaan ole eroa otettaessa huomioon ainespuun tyyppi. Kuusesta saadussa raakamääntööljyssä on rasvahappojen osuus-% 8–10 yksikköä suurempi kuin mäntyä raaka-aineena käytettäessä.

Gabrielson (1950) on esittänyt 27 eri tutkijan saamat analyyssitulokset eri maissa valmistetuista raakamääntööljyistä sekä mm. joukon näiden rasvahappojen erittelyjä. Sandströmin analyyssit osoittivat erään ruotsalaisen tislatus mäntööljyn rasvahappojakeen sisältäneen 41 % öljyhappoa ($C_{18}H_{34}O_2$), 47 % linolihappoa ($C_{18}H_{32}O_2$) ja 6 % linoeni-

happoa ($C_{18}H_{30}O_2$). Sarkanen ja Kahila (1950) ovat analysoineet kaikkien sulfaattitehtaittemme raakamäntööljynäytteistä esteröinnin avulla eristettyjen ja tyhjötislauksella puhdistettujen rasvahappojakeiden koostumukset ja todenneet niissä olleen 28–51 % öljyhappoa, 37–64 % linoli-happoa, 0,6–2 % linoleenihappoa sekä 6–18 % tyydytettyjä rasvahappoja. Viimeksi mainitun jakeen eri rasvahappoyksilöiden osuuksia ei tarkoin määritetty, mutta raakamäntööljyssä tiedetään olevan mm. lauriini-, myristiini-, palmitiini-, steariini- ja lignoseriinihappoja. Linoleenihappoa oli eniten Lapin männystä valmistetussa mäntööljyssä, tyydytettyjä rasvahappoja taas Etelä-Suomen tehtaiden sahausjätteistä tehdyissä mäntööljyissä. Suomessa on mäntööljyn rasvahappoja identifioinut Hasselström (1925). Hänen tutkimustensa mukaan palmitiinihappoa syntyy sulfaattiseluloosakeitossa öljyhaposta (1927 ja 1944).

Sandermannin mukaan (1942) tislatus mäntööljyn hartsi-happojakeessa on dekstropimaarihappoa 25 %, abietiinihappoa 50 % ja pyroabietiinihappoa (dehydro- ja dihydroabietiinihappoa) 25 %. Kuten edellä jo esitettiin, on hartsihappoyksilöitä Sandermannin mainittujen tutkimuksien jälkeen identifioitu lisää. Eri yksilöiden osuudet erilaisissa pihka-tuotteissa voidaan mukavasti määrittää Harrisin kehittämällä analysointimenetelmällä, jolla saatuja tuloksia on pinus palustriksen natiivipihkan hartsihappojakeen, pihkomis- ja uutoshartsin suhteen nähtävissä kuvan 34 asetelmissa sivulla 122. Ko. uutta analytiikkaa soveltavien mäntööljytutkimusten tuloksia ei vielä ole saatettu julkisuuteen, joten toistaiseksi ei ainakaan meillä Suomessa ole täysin varmaa tietoa siitä, miten mäntypuun 8 tunnettua hartsihappoa muuttaa rakennettaan sulfaattiseluloosakeiton aikana.

I maailmansodan aikana harjoiteltiin jo Ruotsissa ja Suomessa myös raakamäntööljyn tislauspuhdistuksen tekniikkaa (Sandquist 1922; Hellström 1939), jonka lähempi tarkastelu ei kuulu tämän tutkimuksen piiriin. Mainittakoon kuitenkin, että ins. A. Hellström yhdessä siv.ins. H. Bergströmin kanssa on ollut Skandinaviassa tämän alan uranuurtaja sekä että hänen kehittämiään tyhjötislaimeja on yhä käytännössä kaikissa kolmessa tämän hetken mäntööljynjalostamossamme. Suomessa on varsin vähän ollut kiinnostusta raakamäntööljyn karkeaan puhdistukseen selektiivisellä liuotusmenetelmällä, jota mm. Blengslin kehitti väitellesään chemical engineering -aiheisella tutkimuksellaan filosofian tohtoriksi prof. R. H. McKeen opastuksella (1936 b). Raakasuoivan varomattomalla kiuvausella luonnottomasti suurennettun oksihappojakeen sai Blengslin poistetuksi raakamäntööljystä bensiiniliuotusmenetelmää käyttäen. Osaksi tämä on kai-kehti johtunut liuottimen kalleudesta maassamme ja osaksi mäntööljyteollisuuden varsinaiseen selluloosan valmistukseen verrattuna pienistä puitteista sekä

itse normaaliaikaisten mäntööljytuotteiden tervaankin rinnastettuna halvasta hinnasta (kts. kuva 59). Raakamäntööljyn koostumuksen stabilointiin lievällä pyrolyysillä ja tähän liittyvään dehydroabietiinihapon kiteyttämällä erottamiseen tislattomasta mäntööljystä (Hasselström 1944) on maamme teollisuus niin ikään suhtautunut tietyin varauksin. Mäntööljytutkimusten ja -tekniikan monipuolisessa selvittelyssään on Tähtinen (1951) tähden-tänyt sitä, ettei hartsihappojen kiteytyserottelu suoraan raakamäntööljystä voi tulla kysymykseen, koska näin saatu hartsiuote on liian epäpuhtas.

Mm. runsaahkon rasvahapposisäilyksen vuoksi on mäntööljyn käyttö muodostunut osaksi erilaiseksi kuin vanhempien kilpailevien tuotteiden, pihkomishartsin ja kannonuutoshartsin. Tiedetäänhän, että mäntyisen runkopuun pihkasta valmistettiin Skandinaviassa jo ainakin puolisoistiasataa vuotta sitten saippuaa, kynttilöitä ja maaliöljyä (Anon. 1830). Mäntööljyalalla eritoten 1930- ja 1940-luvuilla tehdystä yllättävän moninaisesta tutkimus- ja keksijä-työstä saa käsityksen tutustumalla laadittuihin kirjallisuus- ja patenttiviitekokelmiin. Ruotsalaisen Jakobssonin tällaisissa »kirjallisuuskatsauksissa» (1939, 1940, 1943, 1944, 1949 ja 1950) on tähän mennessä luetteloitu 304 julkaisua ja 459 patenttia. Amerikkalaisen Westin aihepiireittäin järjestetyissä yhteensä 215 sivua käsittävissä »tutkimuksissa» on nimeltä mainittu 239 julkaisua ja 499 patenttia (1942, 1945, 1948). Männyn pihkaa jalostavalle teollisuudellemme on luonnollisesti enemmän hyötyä kriittisesti laadituista kirjallisuustutkimuksista (esim. Tähtinen 1951), joiden laadinnassa mainitut hakuteokset ovat suureksi avuksi ja jollaisia töitä tämänkin tutkimuksen tekstissä ja lähdekirjallisuuden joukossa on eräitä mainittu. Niin kirjavia ja mainoksenluonteisia kuin useat teknillisen kemian julkaisut ja patenttiselosteet ovatkin, menettäneen moni Suomen teollisuuslinja helpohkon ja halvan kehittymismahdollisuuden ollessaan käyttämättä oikein organisoitua kirjallisuustutkimusta hyödykseen (vrt. sivu 84). Metsäteknologian alalla on kirjallisuustutkimus Suomessa kauan ollut tehokasta päätellen jo oppikirjoiksi valituista teoksista (esim. Trendelenburg 1939; Kollman 1951). Teknillistieteellisen puukemian alalla ovat oppikirjat lyhyine pihkakemian esityksineen nykyisin myös kirjallisuustutkimuksien luonteisia (Hawley 1946; vrt. Hägglund 1939). Selluloosateknologian alalla tätä tapaa noudatetaan vähemmän (esim. Stephenson 1951). Kirjallisuus on tällä alalla erinomaisen laaja, mikä selviää mm. mäntööljy- ja tärpättiteknologiaakin sisältävästä Westin laatimasta 1946-50-vuosien yhteenvedosta (1951).

Mäntööljypiki saadaan jätteenä puhdistettaessa raakamäntööljyä tyhjötislauksella, vesihöyryä käyttäen tai ilman sitä. Tislausastiassa olevan mäntööljyn lämpötila on korkeimmillaan 250–285°, ja sen aineosissa tapahtuu luonnollisesti myös lievän pyrolyysin aiheuttamia muutoksia. Juvosen mukaan (1947) saatiin mäntööljypikeä tällaisessa tehdastuksessa ainakin vielä muutama vuosi sitten n. 30 % raakamäntööljyn painosta, ja sen koostumuksen hän ilmoitti seuraavanlaisiksi:

hartsihappoja	39–48 %
rasvahappoja	28–40 »
saippuoitumattomia neutraaliaineita ...	12–48 »
oksihappoja, rikkiligniiniä ym.	4–8 »

Enkvist on Ruotsissa tutkinut sikäläisiä mäntyöljypikiä kiinnittämällä erityisesti huomiota niiden metoksylinmäärityksen perusteella todettavissa olevaan rikkiligniipitoisuuteen (1947 b), jonka Gabrielson (1950) on laskenut hänen tuloksiansa mukaan voivan nousta jopa 12 %:iin. Enkvistin tutkimuksien mukaan mäntyöljyjen eri yhdisteiden keskimääräinen molekyylipaino on n. 650 eli mäntyöljyn rasva- ja hartsihappoihin verrattuna likipitään kaksinkertainen.

Sulfaattitärpätin koostumus

Keitettäessä selluloosaa tavallisella soodamenetelmällä, siis käyttämättä keittonesteessä veden oheisen toisen pääkemikaalin, natriumhydroksidin, lisäksi rikkiyhdisteitä, on talteenotettu tärpätti verrattain puhdasta ja miellyttävän hajuista. Sulfaattikeiton yhteydessä esiintyvät epämiellyttävät hajut huomataan erityisen selvästi kaasutuksissa keittimistä poistuvissa tärpättihöyryissä. Bergström ja Trobeck ovat tehneet laboratorio- ja tehdasolosuhteissa sulfaattikeiton kaasutushöyryistä rikkiyhdisteiden määrityksiä ja todenneet keitossa syntyvän metyyliimerkaptaania, joka levittää sulfaattiselluloosatehtaalteille ominaista voimakasta hajua ympäristöön, selluloosatonnia kohti n. 1 kg (1945). Sitä paitsi syntyy merkittäviä määriä rikkivetyä ja dimetyylisulfidia, joista jälkimmäinen on raakatärpätin määrältään suurin rikkiyhdiste-epäpuhtaus (vrt. Smedslund 1951). Viime sodan aikana suoritettiin Ruotsissa sulfaattiselluloosatehtaiden eri osastoilla laajahko selvittely terveydelle vaarallisten kemiallisten yhdisteiden pääsymahdollisuuksista rakennusten sisäilmaan. Työstä laaditussa kirjallisessa yhteenvedossa on Bergström esittänyt eräiden amerikkalaisten lähteiden mukaan ko. rikkiyhdisteiden myrkyllisyydestä seuraavan rinnastelun (1946):

1 tunnissa kuoleman aiheuttava väkevyys	g/m ³ ilmaa	myrkyllisyys- kerroin
rikkivety	1,4	1
metyyliimerkaptaani ...	20	1/14
dimetyylidisulfidi	20	1/14
dimetyylisulfidi	140	1/100

Skärblom ja Linder ovat Ruotsin puolustusvoimien laboratoriossa kehittäneet erikoislaatuisen tärpättiöljyjen analysointimenetelmän, joka perustuu tarkkaan jakotislaukseen ja saatujen tislauksijakeiden ns. vetyluvun määrittämiseen (1937). He käyttivät analyysitislaimessa Podbiealnakin USA:ssa ensiksi esittämää lankakierukkakolonnin periaatetta, jota he

siis sovelsivat nimenomaan monoterpeenien jakotislaukseen soveltuvaan kojeistoonsa. Kolonnin teoreettisten pohjien luku oli 30–35, ja palautus oli siinä laajoissa rajoissa säädettävissä. Ruotsalaista sulfaattitärpättiä 85-kertaisella palautuksella tislattaessa saatiin n. 40 %:n jae puhdasta α -pineeniä ja vajaan 16 %:n jae 95 %:sta Δ_3 -kareenia. Vetyluku, jolla tarkoitetaan katalyyttisessä hydrauksessa yhtä terpeenimoolia kohti kuluvien vetymoolien lukua, määritettiin Holden »hydrauslukukokeessa» huoneenlämpötilassa. Yhden kaksoissidoksen hiilirungossaan sisältävien bisyklisen monoterpeenien vetyluku on 1, monosyklisen 2 ja olefiinisten 3. Edellä mainitun kareenijakeen vetyluku oli 1,05, joten siinä siis oli 95 % bisyklisiä ja 5 % monosyklisiä terpeenejä; lisäksi oli näytteessä 1 % symeeniä, joka on monoterpeenejä rakenteeltaan vastaava aromaattinen hiilivety. Vetylukumääritys on tarkempi kuin jodi- ja bromilukumääritykset, joissa halogeenien kaksoissidokseen liittymisen ohella aina tapahtuu myös substituutioreaktioita.

Sulfaattiraakatärpätin tislauksikäyrä alkoi Skärblomin ja Linderin kokeissa n. 38°:ssa eli dimetyylisulfidin kiehumispisteessä. Metyyliimerkaptaanin kiehumispiste on 6° ja dimetyylidisulfidin 110°. Yli 183°:ssa kiehuvia seskvi- ja polyterpeenejä oli ko. sulfaattiraakatärpätissä n. 4 % tislauksijakeen tehdessä n. 2 %. Määritettäessä esim. edellä mainittuja rikkiyhdisteitä ja monosyklisiä terpeeniyksilöitä sulfaattiraakatärpätissä suosittelevat tutkijat n. 5 litran lähtöainemäärän karkeahkoa esitislauksia täytekappalekolonnissa, minkä jälkeen saadut esitislajakeet tarkoin jakotislataan lankakierukkakolonissa, jossa ainemäärä on 25–100 g. Skärblomin ja Linderin julkaisussa on esitetty tavallisimpien mono-, bi- ja trisyklisen sekä olefiinisten monoterpeenien rakennekaavat, kiehumispisteet, ominaispainot ynnä optiset ominaisuudet. Sulfaattitärpätin seskvi-, di- ja triterpeenien rakennekaavoja ei terpeenikemian julkaisuissa ole toistaiseksi esitetty, joten ne lienevät osaksi tuntemattomia. Mainittuja ruotsalaisia lankakierukkakolonneja on muutamia hankittu myös Suomeen. Olisi tärpätin kemiallisen jalostuksen kannalta suotavaa saada tehdyksi eri sulfaattitehtaittemme tärpättituotteiden analyysit, jotta tietous niiden koostumuksesta olisi likimain samalla tasolla kuin mäntyöljytuotteiden. Tässä suhteessa havaittava epämääräisyys johtuu siitä, että sulfaattitärpätti maassamme nykyisin käytetään terpeniseoksena lähinnä väri- ja lakkateollisuuden liuottimeksi ja ohennusaineeksi. Analyysin täsmennystä kaivataan myös merkittävästi meikäläisten vähäterpeeniseemmiksi tiedettyjen hiiltotärpättien tapauksessa. Viime vuosisadan lopulla oli kiinnostus eri tärpättilaatujen koostumuksen suhteen Euroopassa suurehko, kun niitä ajateltiin ja alettiinkin käyttää mm. kamferin ja isopreenin raaka-aineena (Austerweil ja Roth 1917). Ruotsissa valmistettiin 1940-luvulla sulfaattitärpättistä symeeniä ja trinitrotolueenia.

Barduishev (1950) on apulaisineen hiljattain analysoinut venäläisiä tärpättilaatuja. Hänen tuloksiensa mukaan puhdistetussa sulfaattitärpätissä on n. 70 % α -pineeniä ja runsaat 10 % Δ_3 -kareenia. Monien muidenkin tutkijoiden mukaan nämä kaksi hiilivetyä ovat mäntypuusta saadun sulfaattitärpätin luonteenomaisimmat aineosat. Barduishevin mukaan siinä on vain n. 3 % β -pineeniä. Hiiltotärpätille ominaista monosyklista dipenteeniä on sulfaattitärpätissä vain aivan vähäisiä määriä.

Venemark on Engler-tislausanalyysin osoittanut, että vesilauhteen erottelussa sulfaattitehtaassa emulsioksi jäävän tärpätin koostumus on muuhun tärpättiin nähden melkoisesti poikkeava. Välillä 155–180 ° höyrystyvää jaetta oli siinä vain 57 %, kun sen osuus alkukaasutustärpätissä oli 94 % ja epäpuhtaassa loppukaasutustärpätissä 80 % (1942). Tällaistenkin tärpättituotteiden koostumusta olisi syytä nykyaikaisin tarkkuusvälinein selvittää.

Mainittakoon vielä, että Ruotsissa arvostellaan nykyisin sulfaattitärpätin laatu vakioidulla menetelmällä (Anon 1945), jossa tehdään sekä Engler-tislaus että tarkka jakotislaus juuri lankakierukkakolonnia käyttäen. Lisäksi määritetään ominaispaino, leimahduspiste, taitekerroin ja haihdutusjäännös vesihauteella. Viimeksi mainittu koe ilmaisee raakatärpätin polyterpeenien määrän.

Sulfaattitärpätin käyttöä ovat sen edellä mainitut rikkiyhdiste-epäpuhtaudet aikoinaan paljon rajoittaneet, joskin näiden aineiden myrkyllisyyttä on liioiteltu. Nykyisin melkein kaikki sulfaattitärpätti puhdistetaan Suomessa tislamalla. Ulkomailla se on mitä moninaisimman jalostuksen kohteena (Kahila ja Kurkela 1950).

Mäntyöljytuotteet voiteluöljyn raaka-aineena

Laboratoriotutkimukset

Raakamäntyöljynkään käyttö voiteluöljynkorvikkeiden lähtöaineena ei sinänsä ole 1940-luvun keksintö. Tästä on pienenä todisteena Wahlbergin I maailmansodan aikana Ruotsissa kirjoittama julkaisu (1917), joka kaikessa lyhykäisyydessään on suomennettuna seuraavanlainen.

»Kuten tunnettua voidaan hartsista valmistaa öljyä. Sulfaattitehtaisamme saadaan sivutuotteena juoksevaa hartsia, mäntyöljyä. Larssonin (1905) ja Fahrionin (1909) mukaan tämä hartsi on koostumukseltaan kolofonia (pihkomishartsia) muistuttavaa.

Happoluku on hyvin suuri; eräässä tutkimassani näytteessä se oli 177. Happolukua voidaan kuitenkin alentaa. Yksinkertaisimmin tämä tapahtuu

kuumentamalla 250 °:seen. Tällöin poistuu vain vähäinen määrä hajoamistuotteita (CO_2 , H_2O , org. happoja), mutta happoluku alenee parissa tunnissa 106:een.

Aivan hapottomia öljyjä saadaan kuivatislaamalla mäntyöljyn suoloja. Yksinkertaisinta on lähteä alun perin saadusta hartsisaippuusta, joka kuivatistaan mahdollisen kalkkilisäyksen jälkeen johtamalla sisään indifferenttiä kaasua, esim. vesihöyryä. Parhaan tuloksen sain kuivatislaamalla »keitetyn» mäntyöljyn (happoluku 106) kalkki- ja magnesiumsuoloja.

Vaikka tällä tavalla valmistettu öljy tulee kalliiksi¹, näyttää menetelmä kuitenkin olevan huomion arvoinen nykyisen suuren voiteluöljypulan aikana.»

Julkaisusta ei siis esim. selviä, mikä viskositeetti saadulla öljytuotteella oli ja kiteytyikö öljystä ehkä kiinteitä aineita. Korvikeöljyjen vaatimukset olivat näihin aikoihin kuitenkin melko lieviä, koskapa sulfaattisuopa sellaisenaankin ja raakamäntyöljyn tislauksessa saadut jälkijakeet kelpasivat Sandquistin kertoman mukaan (1922) »kärrynrasvaksi». Vielä 1930-luvulla Bergström ja Cederqvist nimenomaan ehdottivat ohueen tervavoiteluöljyyn lisättäväksi reteeniä eli tervitalia paksuntamismielessä (1933).

Näiden ideoiden ja mietteiden esittämisen jälkeen siirryttäkään suoraan 1940-luvun tutkimustyöhön raakamäntyöljyn pyrolyysin alalla. Keskuslaboratorio Oy:ssä suoritettiin jo tervavoiteluöljytutkimuksien yhteydessä suunnistavia raakamäntyöljyn katalyyttisiä pyrolyysikokeita. Myönteisiltä näyttäneiden, sinänsä kyllä varsin suppeiden kokeilujen tulosten perusteella ryhdyttiin syksyllä 1944 rakentamaan Tampereelle pientä voiteluöljytehdasta, jossa oli tarkoitus suorittaa myös tervaöljyjen jatkokrakkausta. Kun tehtaassa oli aluksi todettu raakamäntyöljyn katalyyssikumennusta edeltävän kalkkilisäyksen merkittävästi alentavan voiteluöljynsaalista, alettiin jälleen vireille pannuissa laboratoriokokeissa kalkki panna pyrolyysiastiaan juuri ennen vesihöyrytislausta (Enkvist ja Kahila 1950). Teoreettista perustelua raakamäntyöljyn tervasta poikkeavaan suhtautumiseen pyrolyysissä ei tähän mennessä ole esitetty. Tässä mielessä on syytä ehkä ensiksi muistaa, että terva jo sinänsä on pyrolyysituote, jonka hiilivetytipitoisuus on merkittävän suuri ja jossa sitä paitsi on jo vähäinen määrä rautaa liuenneena. Kalkkiyhdisteet, joilla tervavoiteluöljyn valmistuksessa oli tietty syövytystä vähentävä vaikutus, muodostivat tervassa lähinnä asetaatteja, mäntyöljyssä taas hartsi- ja rasvahappojen suoloja, joten vaikutuksen erilaisuus on ehkä ymmärrettävissä jo tältäkin kannalta. Käytettyjen katalyyttien lieväksi havaittu vaikutus mäntyöljytuotteiden pyrolyysiin saattoi puolestaan johtua

¹ V. 1917 oli raakamäntyöljyn kilohinta 4,5 kruunua (vrt. sivu 173).

joistakin katalyyttimyrkyistä (vrt. Klingstedt 1947), esim. rikkiligniinistä ja eräistä muista rikkiyhdisteistä. Voitaneen myös ajatella, että tervaksien pihka-aineiden ensimmäisessä pyrolyysissä, siis retorttihillossa, läsnäoleva puuaineksi ja tästä muodostuva hiili, joka tiettyssä syntyvaiheessa saattaa esiintyä aktiivisena, poistavat tervasta jatkopyrolyysia jarruttavia aineksia, samalla kun ne toisaalta itse ehkä omaavat katalyyttistä vaikutusta hiilto-retortissa tapahtuvaan pihka-aineiden pyrolyysiin.

Raakamäntööljyn suurehko viskositeetti oli yhtenä syynä siihen, ettei kalkin käyttöä tehdasmittakaavassa sanottavasti voitu kokeilla. Neutraaliksi lipeällä pestyn voiteluöljyn saalis laboratoriomittakaavassa oli rautajauhe- ja rautakloridikatalyytteja käytettäessä lähes 60 % raakamäntööljyn painosta. Saatu voiteluöljy tutkittiin tavallisesti kahtena eri jakeena, joista ohuemman jähmettymispiste oli yleensä alle -20°C :n. Paksumpi jälkijae jähmettyi joissakin tapauksissa jo $+8^{\circ}\text{C}$:ssa. On merkittävää, että mäntööljyn harts- ja rasvahappojen hajaantumisen synty jähmettymispistettä korottavia kiinteitä aineosia huomattavia määriä, vaikka laboratorio-kokeissa lämpötila ei vesihöyrytislauksen aikana noussut yli 307°C :n. Koska reteenin syntyä ei pidetä todennäköisenä vielä 360°C :ssakaan, on ilmeistä, että kysymyksessä on rasvahapoista syntyvien ketonien muodostuminen. Jos tämä olisi voitu laboratorio-kokeiden tuloksia ajoissa julkaisemalla selvästi osoittaa, olisi raakamäntööljyn jalostamisesta voiteluöljyksi luultavasti luovuttu ja otettu tälle linjalle raaka-aineeksi yksinomaan mäntööljypiki, kuten Enso-Gutzeit Oy:n sivutuotejalostamon tekn. johtaja, dipl. ins. V. V. Juvonen pariin otteeseen vakavasti ehdotti. Alkaliliukoisesta öljystä, jossa rasva- ja hartsihappojen osuuksien suhde oli n. 3:1, valmistettiin laboratorio-kokeissa uusintakatalyyysillä, vesihöyrytislauksella ja toistetulla lipeäpesulla neutraaliöljyä, jonka saalis oli toisinaan hieman suurempi ja toisinaan melkoisesti pienempi kuin analyysin osoittama, mukaan emulgoitunut valmiin neutraali-aineen osuus (Enkvist ja Kahila 1950). Tuloksen vaihtelevuus johtui todennäköisesti vesihöyrytislauksen epätasaisesta kulusta laboratorio-olosuhteissa. Alkalipesu olisi kaiketi voitu kehittää sellaiseksi, että tämä runsaasti rasvahappoja sisältävä jae olisi voitu käyttää saippuan raaka-aineeksi.

Kun Tampereelle rakennettu pienoistehdas ei onnistunut aluksi käytetyllä menetelmällä valmistamaan raakamäntööljystä voiteluöljyä mm. vesihöyrytislauksessa saadun raakaöljyjakeen vaikean pestävyyden vuoksi, muutettiin myöhemmin laboratoriometelmää jättämällä kalkkilisäys kokonaan pois ja korottamalla katalyytilämpötila 320°C :seen. Laboratoriossa saatiin tällä menetelmämuunnoksella n. 58 %:n saalis voiteluöljyä (Enkvist ja Kahila 1949), mutta mainituissa tamperelaisessa tehtaassa ei tälläkään menetelmä tuottanut tuloksia. Lyhyen aikaa tervavoiteluöljyä valmistettuaan

tehtaan oli lopetettava toimintansa kannattamattomana. Jäljempänä selostettavassa Oulun raakamäntööljynjalostamossa saatiin toista tislausmenetelmää käyttäen voiteluöljyn valmistus onnistumaan rautakatalyyttia pyrolyysissä käytettäessä.

Mäntööljypiestä tehtiin myös voiteluöljyn valmistuskokeita laboratoriossa, ja erään julkaistun kokeen mukaan oli saalis rautakloridikatalyyttia käytettäessä n. 55 % lähtöraaka-aineen painosta (Enkvist ja Kahila 1950). Vesihöyrytislauksessa saadun raakaöljytisleen happoluku oli koetulosten aritmeettisena keskiarvona laskettuna 33 mg KOH/g, ja tästä johtuva neutralointipesun vaikeus ilmeni kaiketi myös Hangon pienoistervaöljytehtaassa suoritetuissa kokeissa. Pikivoiteluöljyn jähmettymispiste oli paksussa jälkijakeessa $+5^{\circ}\text{C}$.

On ilmeistä, että katalyyttisen menetelmän soveltaminen olisi koetehtaassakin saatu onnistumaan, jos kokeita olisi siellä jatkettu pitemmälle myös kojeistossa muutoksia tekemällä. Kun tutkimukset suoritettiin Oy Tervaöljy Ab:n kustannuksella, on luonnollista, että sulfaattiselluloosatehtaiden sivutuotteet jäivät vähemmälle huomiolle. Toisaalta on edellä esitettyjen tutkimustulostenkin valossa ymmärrettävää, että mäntööljyraaka-aineen suhteen menttiin eräissä tehtaissa katalyyttia tai oikeastaan hyvin pientä rautakatalyyttimäärää käyttäen suoritettujen termisen hajotuksen linjalle. Onhan nimittäin ilmeistä, että nimenomaan rasvahappojen hajaantuminen ketoneiksi sai aikaan tästä raaka-aineesta valmistettujen voiteluöljytuotteiden suhteellisen korkean jähmettymispisteen ns. katalyyttisessäkin menetelmässä. Eri tehdasmenetelmien perustaksi tehtyjen laboratorio- ja puoliteknillisten tutkimuksien kaikkia tuloksia ei ole saatettu julkisuuteen.

Ruotsissa, jossa sulfaattiselluloosatehtaiden sivutuotteita käytettiin varsin vähän voiteluöljytuotteiden valmistukseen, onnistuttiin laboratoriotutkimusten perusteella kehittämään mäntööljyhartsia raaka-aineena käyttävä kaapeliöljyn valmistusmenetelmä (Lagerqvist ja Sandström 1944), joka Suomessa laboratoriomittakaavassa kokeiltaessa ei antanut tyydyttäviä tuloksia. Lisäksi oli Ruotsissa pari pientä pyrolyysilaitosta, joissa tehtiin raakamäntööljystä poraöljyä ja sulfaattipiestä värttinäöljyä, mutta menetelmiä koskevia laboratoriotutkimuksia ei ole julkaistu.

Raakamäntööljyn tehdaspyrolyysi

Ab Kemi Oy:n mäntööljynjalostamo. Samoihin aikoihin kuin Oy:ssä Keskuslaboratorio oli voiteluöljyn valmistus tervasta ja sulfaattipiestä saatu kehitetyksi koetehdasasteeseen soveltuvaksi, alkoivat fil.

maisterit K. R. W. Waller ja L. H. Böök suorittaa tutkimuksia raakamäntyöljyn pyrolyysimenetelmän kehittämiseksi niin ikään voiteluöljyn tekoa silmällä pitäen (Walden 1950). Ab Kemi Oy:n kiinnostuttua heidän menetelmänsä suoritettiin myös puoliteknillisiä kokeiluja mainitun yhtiön sulfiittiselluloosatehtaan keittämöön sijoitetulla kojeistolla.

Tässäkin menetelmässä oli kysymys harts- ja rasvahappojen katalyytista pyrolyysista. Katalyytti, jona kojeistossa jossain määrin liuenneen raudan lisäksi käytettiin suhteellisen vähäisen määrän meesaa eli kalsiumkarbonaattia¹⁾, oli kuitenkin vaikutukseltaan niin mieto, että pyrolyysilämpötilana täytyi päävaiheessa käyttää 360°:ta ja pehmeän välipien jatkokäsittelyssä 380°:ta. Entiseen kalkkiuunirakennukseen sijoitettuna saatiin tehdas käyntiin keuhällä 1944. Myöhäiskesällä samana vuonna tuhosi tulipalo kuitenkin tehtaan puisine välipermantoinen perusteellisesti. Kuukausi myöhemmin Kemien seutu joutui sodan pyörteeseen, ja Ab Kemi Oy:n tehdaslaitokset kärsivät siinä tuntuja vaurioita.

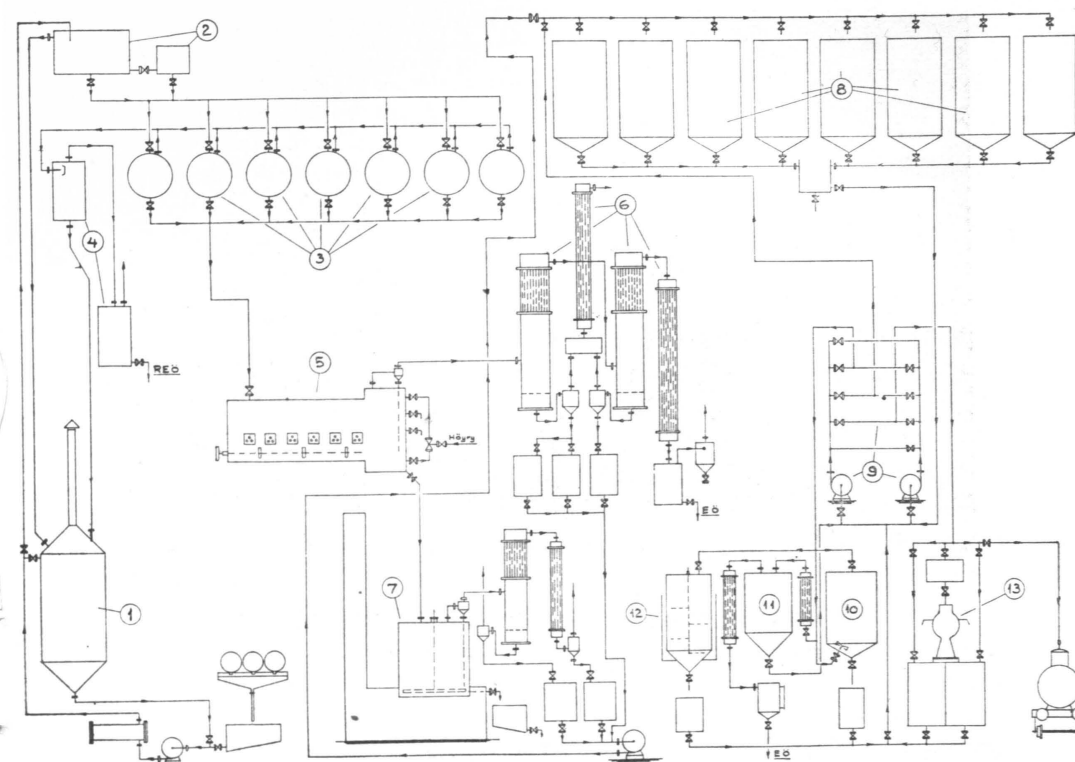
Välirauhan tultua voimaan heräsi voiteluöljytehtaan ajatus Kemissä jälleen eloon vaikeuksista huolimatta. Maaliskuussa 1945 saatiinkin uusi, dipl. ins. E. Waldenin rakentama mäntyöljyn pyrolyysilaitos käyntikuntoon. Pyrolyysin päävaihe, välipien jatkokrakkaus sekä puolivalmisteiden loppupuhdistus oli nyt kukin sijoitettu omaan rakennukseensa, joten palosuojelunäkökohdat oli otettu huomioon korostetusti. Tehtaan puolijatkuvasti toimineessa kojeistossa pystytettiin käsittelemään 5 tonnia raakamäntyöljyä vuorokaudessa. Voiteluöljyn saalis oli 50–55 % raakamäntyöljyn painosta. Lisäksi saatiin n. 11 %:n saalis jäännöspikeä sekä 1–1,5 %:n saalis kevyttä polttoöljyä, josta osa kelpasi puhdistettuna automootorien polttoaineeksi.

Kuvassa 48 kaaviollisesti esitetyn öljytehtaan tärkeimmät työvaiheet olivat siinä käytetyn numeroinnin mukaan ryhmiteltyinä seuraavat:

1. Raakamäntyöljyn kuivaus tehtiin tavanomaisessa pystyasentoisessa sylinterisäiliössä kierrättämällä mäntyöljyä pumpulla höyrylämmittimen kautta. Samalla pumpulla siirrettiin mäntyöljy tynnyrien tyhjennyskaukalosta kuivaussäiliöön ja tästä edelleen varsinaiseen öljytehtaan.

2–4. Raakamäntyöljy mitattiin 500 litran erin seitsemään jaksoittaisesti toimivaan esilämmittimeen, joissa sen lämpötila 5–6 tunnin kuluessa nostettiin 300°:seen sähköelementtikuumennuksin. Lämmitysteho oli kojetta kohti 24 kW ja putkien lämmönvaihtopinta-ala 1,8 m². Lämmitysastioiden panostuksen yhteydessä lisättiin mäntyöljyyn myös katalyyttikemikaali. Esilämmittimissä poistui raakamäntyöljystä joukko kevyttä jaetta, joka osaksi tiivistyi nesteeksi kahdessa ilmalla jäähdytetyssä lauhdutusastiassa. Tämä hapan esitise palau-

¹⁾ Aluksi lienee kokeiltu magnesiumkarbonaattia rauta-astiassa suoritettuna pyrolyysin lisäkatalyyttina, mutta sen vaikea saanti kai pakotti siirtymään meesaa käyttöön (vrt. siv. 128).



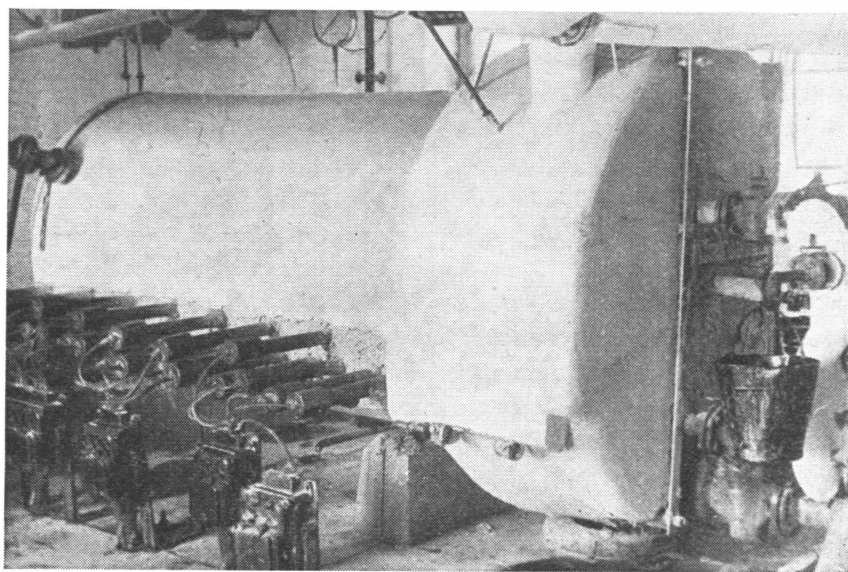
Kuva 48. Kemien mäntyöljynjalostamon kaavio.

Fig. 48. Flow sheet of tall oil pyrolyzing plant, Kemi.

tettiin osaksi raakamäntyöljyn joukkoon, osaksi otettiin erillisenä raakaesiöljynä (REÖ) talteen ja myytiin pääasiassa Helsingin kaupungin höyryvoimalaitokselle polttoaineeksi.

5. Varsinainen pyrolyysi tehtiin makaava-asentoisessa sylinteriastiassa, jossa oli vaakakselinen sekoitin estämässä lämmityspintojen läheistä liikakuumennusta ja katalyytin painumista pohjaan. Lisäksi paransi sekoitus tietysti putkiin (4,5 m²) koteloiduista sähköelementeistä (60 kW) mäntyöljyyn tapahtuvaa lämmönsiirtoa. Mäntyöljy syötettiin pyrolyysivaiheeseen esilämmittimistä 500 l kerrallaan. Pyrolyysiastian ulosottopään laajentumassa tapahtui samalla jatkuva vesihöyrytisläus. Raakamäntyöljyn ja tulistetun tislauhöyryn (360°) välistä sekoittumista edistettiin erityisin ejektorilaittejärjestelyin.

6. Vesihöyrytisläustuotteet kulkeutuivat pyörreintyyppisen pisaraloukun kautta porraslauhdutukseen. Pystyputkien päälauhduttimien alaosassa oli rengastäytteiset kolonnit tasoitamassa höyryn syötön pieniä epätasaisuuksia ja terävöittämässä jakotislausta. Näistä saatiin kaksi eri notkeata raakaöljynjaetta, jotka vesihöyrylauhteen poiston jälkeen mitattiin alapuolelle sijoitetuissa tislästoissa. Lisäksi oli järjestelmässä hönkähöyrynlauhdutin ja jälkilauhdutin. Edellisessä talteenotettu öljy yhdistettiin raakaöljyn pääjakeisiin, kun taas jälkimmäisen



Kuva 49. Kemin mäntyöljynjalostamon reaktioastia.

Fig. 49. Reaction vessel of tall oil pyrolyzing plant, Kemi.

pohjasta saatu esiöljy (EÖ) puhdistettiin edelleen erillensä ja käytettiin lähinnä moottorin-polttoaineeksi.

7. Pääpyrolyysivaiheen tehon todettiin jo puoliteknillisten kokeiden aikana huomattavasti paranevan, jos siitä poistettiin piki suhteellisen pehmeänä. Tämä välipiki, jonka ulosotto tapahtui jaksoittain, krakattiin haloilla lämmitetyssä pystyakselisella sekoittimella hämmennettävässä sylinteripadassa. Tulistetun vesihöyryn mukana kulkeutuneet öljyhaihteet lauhduttettiin kahdessa vaiheessa ja saadut tisleet yhdistettiin edellisen vaiheen pääjakeisiin.

8. Pääpyrolyysivaiheessa saatu raakaöljy, jonka happoluku vaihteli välillä 10–15 mg KOH/g öljyä, sekä välipien jatkokrakkauksessa tislautuva öljy, happoluvultaan 3–8, varastoitui puolivalmistesäiliöihin, joiden kanssa samaan ryhmään oli järjestetty myös valmiin öljyn säiliöt. Näiden tyhjennys tapahtui erityisen tarkkailulaatikon kautta, jossa poistettiin myös öljystä eronnut vesi. Säiliöistä käytettiin yhtä valmiin öljyn lopulliseen kuivaamiseen.

9. Raakaöljyn, valmiiden öljyjen ja öljyjalosteiden siirtoon käytettiin kahta keskipakopumppua, joista toinen oli samalla käyttöhäiriöiden sattuessa varakoneena. Pumppuamisten oikeata suoritusta helpotti pumppujen ääreen sijoitettu venttiilikeskus.

10. Raakaöljyjen lipeäpesu suoritettiin samantapaisessa sylinteriastiassa kuin tervaöljytehtaissa. Koska erät raakaöljyt olivat herkästi emulgoituvia, käytettiin tässä työvaiheessa tarpeen tullen raakaöljyn sisäänottoa pohjan kautta. Riittävä neutralointi saatiin tällöin aikaan antamalla raakaöljyn pulputella säiliön pohjalle otetun lipeäliuoskerroksen läpi. Pesuun käytettiin sulfaattiselluloosatehtaan valkolipeää.

11. Tehtaan alkukäymisen aikana kuivattiin öljyt ulkopuolisella höyrylämmittimellä yli 100 °C:n lämpötilassa. Sen jälkeen kun uusi höyrykierukka varustettu kuivaussäiliö oli otettu

käyttöön, tislattiin ko. kojeessa lievästi rikkipapolla käsiteltyä kevytöljyjaetta, ja tuloksena oli melkein väritön ja neutraali bensiinilaatu.

12. Kemin öljytehtaassa tehtiin valmiiksi sulfonoitua villaöljyä pystyakselisekoittimellisessa vesijäähdytteisessä sylinteriastiassa, jonka yläosa oli sisäpuolelta lyijylevyllä vuorattu.

13. Tekstiiliöljyn raaka-aineena käytettiin suhteellisen happamia raakaöljyjakeita. Näiden valkolipeäpesu oli hyvin vaikea suorittaa emulsion muodostumisen takia, jolloin öljy ei eronnut lipeästä yksinkertaisella seisonaerotuksella korkeahkossakaan lämpötilassa. Tähän tarkoitukseen käytettiin moottorikäyttöistä öljyseparaattoria, jonka läpi tarpeen vaatiessa muutkin öljyalaadut ajettiin. Näille riitti tavallisesti epäsuora höyrylämmitys, jolloin paineilmaa käytettiin öljyn sekoittamiseen.

Kemin voiteluöljytehtaan valmistuksen kulku oli päävaiheeltaan siis jatkuvatoiminen. Korkean pyrolyysilämpötilan vuoksi voiteluöljyjen viskositeetti oli suhteellisen alhainen, joten ilmeisesti olisi ollut syytä siirtyä jonkin tehokkaan katalyytin käyttöön. Tämähän olisi samalla kaiketi merkinnyt pientä lämpötalouden paranemista, jonka rinnalla esimerkiksi rautakatalyytin kustannukset olivat vähäisiä. Toisaalta on ilmeistä, kuten edellä jo mainittiinkin, että Keskuslaboratorio Oy:n alkuperäisen menetelmän mukainen 300 °C:n katalyytilämpötila on liian alhainen pyrolysoitaessa raakamäntyöljyä. Viskositeetin alhaisuuden ohella oli Kemin öljytehtaan valmistamien Wake-mol-nimisten öljyjen heikkoutena, tyhjötislauslaitteiden puuttumisen vuoksi, tumma väri ja samea ulkonäkö. Kaikkien mäntyöljyperustaisten voiteluöljyjen huonona ominaisuutena on niiden jo edellä mainittu suhteellisen korkea jähmettymispiste, joka ilmenee jäljempänä esitetyistä Kotkan ja Oulun tehtaiden tekemien öljyjen analyysiarvoistakin. Sen sijaan oli näiden öljyjen napakorkeus huomattavasti edullisempi ja hapetuksenkestävyys hieman parempi kuin tervaöljyjen ja tärpättipolymeraattien. Ab Kemi Oy pyrki mahdollisuuksien mukaan parantamaan öljytuotteiden laatua, mutta kojeistonhankintojen vaikeuksien vuoksi siihen ei ollut sellaisia mahdollisuuksia kuin Kotkan ja Oulun tehtaissa. Kansanhuoltoministeriön voiteluainetoimiston ja öljynmyyntiliikkeiden alettua kesällä 1946 kiristää sulfaattisivutuotteista tehtyjen öljyjen laatuvaatimuksia jouduttiin Kemin tehtaan öljyjen suhteen sellaiseen ratkaisuun, että ne toimitettiin neutraloituina Enso Gutzeit Oy:n Kotkan öljytehtaalte tyhjötislattaviksi. Kuten tuonnempana tarkemmin esitetään, oli Kemin öljytehdas edelläkävijänä kehitettäessä maassa kipeästi tarvittua kotimaista villaöljyalaatua.

Vielä mainittakoon, että raakamäntyöljyä pyrolysoitaessa joutui kojeisto ankaramman syövytysvaikutuksen alaiseksi kuin tervaöljytehtaissa. Laboratoriomittausten mukaan tavallisen hiiliteräslevyn syöpyminen oli raakamäntyöljyn tapauksessa 8-kertainen tervaöljynkeittoon verrattuna (Enkvist 1950; Enkvist ja Kahila 1950). Kemin tehtaassa oli esilämmittimet valmistettu haponkestävästä teräslevystä ja samoin myös pyrolyysi-

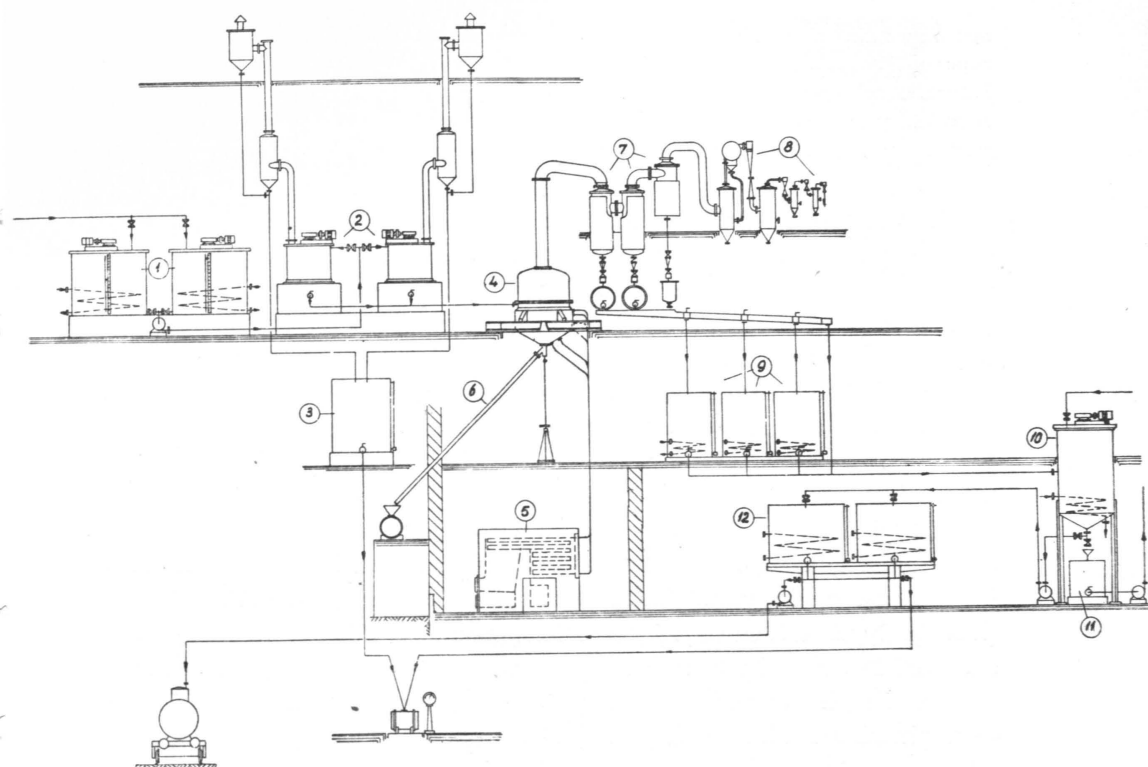
säiliön sähköelementtien suojusputket. Itse säiliö oli hiiliteräslevystä hitsaamalla koottu. Se jouduttiin uusimaan noin kahdeksan käyntikuukauden väliajoin.

Oulu Osakeyhtiön mäntyöljynjalostamo. Edellä selostettujen laboratoriokokeiden perusteella tultiin myöhemmin 1944 siihen tulokseen, että katalyyttisessä hajottamisessa on sopivaa käyttää rautajauhetta 1 % raakamäntyöljyn painosta, jolloin 6 tunnin pituisen katalyytikäsittelyn olisi pitänyt olla riittävä. Kokeissa tehtiin kuitenkin se havainto, että raakamäntyöljyn pyrolyysin jälkeisessä vesihöyrytislauksessa saadut raakaöljytisleet olivat yleensä hieman happamampia kuin vastaavasti tervasta saadut, joten niiden lipeäpesussa voitiin odottaa vaikeuksia. Kun mainittu Tampereelle rakennettu pienolaitos ei ollut suunniteltu toimimaan sulfaattiselluloosatehtaan yhteydessä, heräsi vähitellen arveluja myös siitä, että tämän vaikeasti käsiteltävän raaka-aineen voiteluöljyksi jalostamisessa tarvittaisiin »perinteistä harjaantumista».

Vuodenvaihteessa 1944–45 teki Oy Tervaöljy Ab:n voiteluöljyosasto aloitteen raakamäntyöljyn pyrolyysilaitoksen rakentamiseksi Oulu Osakeyhtiön sulfaattiselluloosatehtaan yhteyteen. Tähän oli nimittäin hiukan aikaisemmin saatu hankituksi raakamäntyöljyn tisluspata lauhduttimiseen ja tyhjöejektoreineen. Arveltiin, että suoritettaessa raakamäntyöljyn pyrolyysin jälkeen tyhjötislauks voitaisiin ehkä hajaantumisreaktio saada siinä jatketuksi vielä hieman eteenpäin ja näin saada myös raakamäntyöljystä happoluvultaan alhaisia ja helposti pestäviä raakavoiteluöljyjakeita.

Oulu Osakeyhtiö kiinnostui tehtyyn ehdotukseen, ja tehdas päätettiin perustaa. Sopimus allekirjoitettiin virallisesti vasta 23. 5. 1945, mutta jo sitä ennen Oy Tervaöljy Ab suunnitteli tarvittavat pyrolyysilaitteet ja avusti niihin tarvittavien teräslevyjen hankintaa. Sopimus poikkesi tervaöljytehtaiden kanssa tehdyistä sopimuksista siinä suhteessa, että katsottiin Oulun tehtaan erikoistyyppisen tislauksen muuttavan koko menetelmän toiseksi. Tällä perusteella Oulu Osakeyhtiö velvoitettiin öljykiloa kohti maksamaan vain puolet tervaöljytehtaiden suorittamista lisenssimaksuista.

Kuvasta 50 nähdään Oulun raakamäntyöljyn pyrolyysilaitoksen kojeistokaavio. Puhtaaksi pestyn ja kuivatun raakamäntyöljyn jatkovaluu ja lämmitys n. 150 °C:seen suoritettiin kahdessa 10 m³:n vetoisessa pystysekoittimella varustetussa ja haponkestävillä tiilillä vuoratussa rautalevyssä (kaaviossa kojeisto-osa 1). Näissä oli alumiiniputkikierukat, joissa käytettiin lämmitykseen 10 aty:n höyryä. Varsinainen pyrolyysi suoritettiin sähkölämmitteisessä (24 kW), niin ikään pystysekoittimellisessä teräslevypadassa (2), jonka tilavuus oli 3,5 m³ ja täyttötilavuus n. 2,5 m³. Rautakatalyyttiäkin käytettäessä täytyi lämpötila siis korottaa n. 320 °C:seen, jotta dekarboksylointi olisi saatu menemään tarpeeksi pitkälle. Sekä lisälämmitysvaihe että varsinainen pyrolyysi kestivät kumpikin n. 6 tuntia. Teräslevyn saanti-vaikeuksien vuoksi oli padat tehtävä liian ohuesta 6 mm:n paksuisesta levystä. Niitä jouduttiin



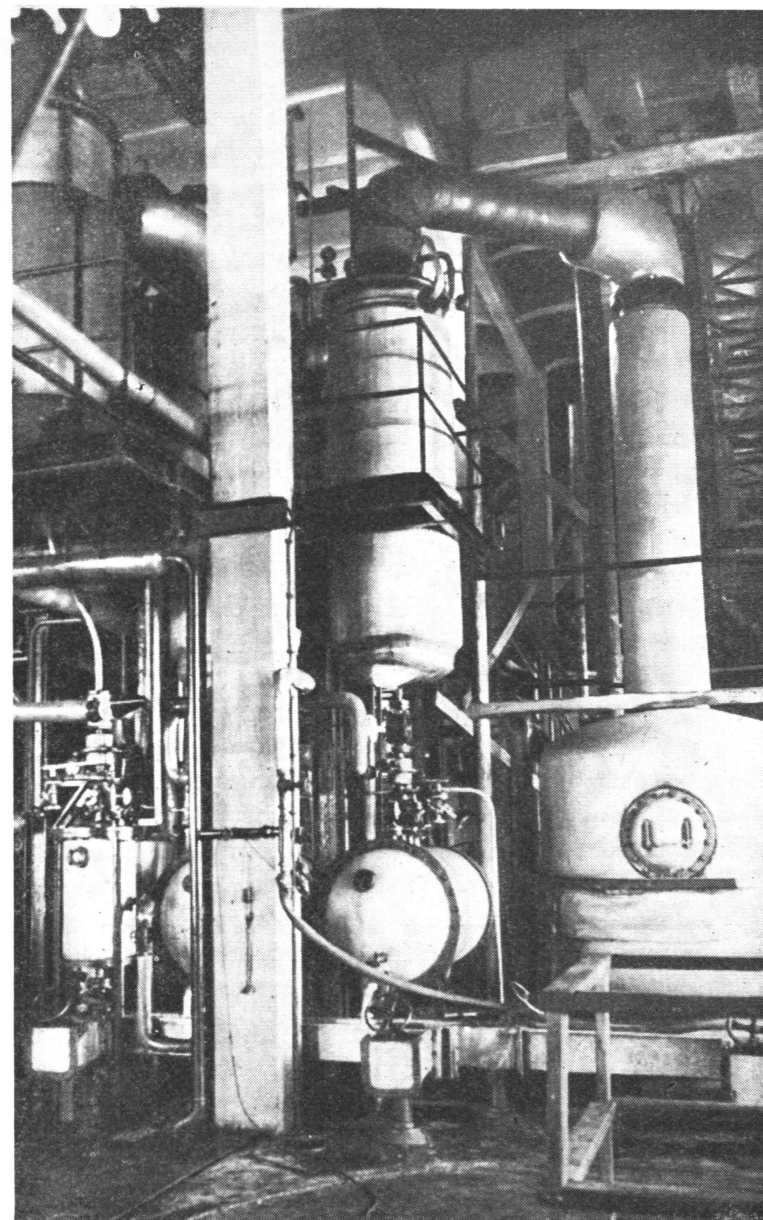
met oli valmistettu erikoisteräksestä. Siitä huolimatta nämä pyrkivät syöpymään verrattain nopeasti. Alkuperäinen taattu tyhjö oli 4 mm Hg/abs., mitattuna viimeisen tislauhduttimen jälkeen. Tislähöyryt tiivistettiin porraslauhdutuksella kolmessa eri vaiheessa erikoistyyppisillä alumiinilevystä tehdyillä lauhduttimilla (7), joille oli ominaista pieni painehäviö. Kahdessa ensimmäisessä käytettiin öljyä jäähdytysnesteenä ja kolmannessa vettä.

Alkutislaus suoritettiin tavallisesti ilman vesihöyryä, ja odotuksien mukaisesti oli tyhjöllä edullinen vaikutus tuloksiin. Noin puolet koko voiteluöljymäärästä oli happoluvultaan (mg KOH/g) varsin alhaista, mutta sekin neutraloitiin lipeäpesulla (10). Tämä alkutislauksessa saatu tuote oli ohutta, varttinäöljyn luonteista. Sen kauppanimi oli Oulu MV-öljy.

Sopivasta vaiheesta lähtien alettiin tislauksessa sitten käyttää vesihöyryä apuna. Näin saadun paksumman pääöljyjakeen happoluku oli keskimäärin 10. Lipeäpesu suoritettiin samaan tapaan kuin tervaöljytehtaissakin, käyttäen ilmasekoitusta ja tavallista natronlipeää. Pääöljytuotteen kauppanimi oli Oulu MK-öljy, ja sen laatuominaisuudet on analyysituloksina tarkemmin selvitetty sivulla 222. Vesihöyryn käyttö tummensi huomattavasti pääjakeena saadun öljyn väriä. Tislauksen loppuvaiheessakin auttoi tyhjön käyttö ehkä pyrolyysin dekarboksylointireaktion jatkumista niin paljon, ettei Oulun tehtaassa ilmennyt lipeäpesussa sanottavia emulgoitumisvaikeuksia. Tämä tulos saattoi johtua myös siitä, että tyhjöä käytettäessä tarvittiin lopputislauksessa suhteellisen vähän vesihöyryä, jonka runsas käyttö ulkoilman paineisessa tislauksessa ehkä suojelee hartsi- ja rasvahappoja dekarboksyloitumiselta. Lipeäpesuastia oli runsaasti mitoitettu (8 m³), joten pesu piti tehdä vain joka toinen päivä. Voiteluöljylaatujen vaatimuksia syksyllä 1946 kiristettäessä jouduttiin Oulun mäntyöljynjalostamossa osaksi käyttämään uusintatislauksia ja muitakin öljyn lisäpuhdistustapoja. Tämä oli omiaan suurentamaan piensaalista ja alentamaan voiteluöljynsaantia, joka oli koko käynnin keskiarvona laskien 41 % raakamäntyöljyn painosta. Pikeä saatiin vastavasti n. 25 % ja polttoöljynä käytettyä hapanta esitislettä vain alle 1 % n.¹) Voiteluöljyn laadun erilaisuuden ja uusintatislauksen vuoksi on siis saaliin pienuus laboratoriokokeisiin verrattuna ymmärrettävissä, ja myös Kemin raakamäntyöljyn pyrolyysilaitoksen voiteluöljytulos oli Kotkassa tehdyn tyhjötislauksen häviöt huomioon ottaen samaa suuruusluokkaa kuin Oulun tehtaassa. Vv. 1946–47 oli sulfaattiselluloosatehtaiden voiteluöljytuotteille asetettu tietyt viskositeettivaatimukset² (Oulu MK E₅₀ = 3,7). Enkvist on Oulun mäntyöljyn pyrolyysilaitoksen toimintaan nähden ollut sitä mieltä,

¹ Vrt. Jensenin koivuntuohen tyhjöpyrolyysin kokeet (1948).

² Enkvistin ja Kahilan vuoden 1949 julkaisussa oleva laboratorioöljyjen viskositeettipainovirhe on myöhemmin oikaistu arvoon E₅₀ = 2,6–4,5 (Kahila 1951).



Kuva 51. Oulun mäntyöljynjalostamon tislaukkojeisto.

Fig. 51. Still of tall oil pyrolyzing plant, Oulu.

ettei sikäläinen tislauksen menetelmä ”jatkokatalyyseineen” merkinnyt mitään etua laboratoriomenetelmään verrattuna (1950).

Pyrolyysipadan mitoituksen perusteella olisi Oulun mäntyöljynjalostamon tehon pitänyt olla noin puolet Seinäjoen tervaöljytehtaan tuotantokyvystä. »Katalyyssi»aika oli tosin mäntyöljyä käsiteltäessä pitempi, mutta toisaalta tislauksen erillisyyksistä tietyksi lisäsi tuotantokykyä. Pyrolyysipatojen toistuneet korjaukset ja uusintavaihdot tekivät vain yhden padan käytön mahdolliseksi kerrallaan ja alensivat näin Oulun tehtaan käyntivauhtia, joka parhaimmillaan lähenteli 40:ä tonnia voiteluöljyä kuukaudessa. Pelkkää tervaa jalostettaessa oli Seinäjoen öljytehtaan tuotanto keskimäärin 60 tonnia/kk. Vajaan kahden vuoden käynnissäolonsa aikana Oulun mäntyöljyn pyrolyysilaitos tuotti yhteensä 520 tonnia voiteluöljytuotteita. Näin sekin huomattavalla tavalla auttoi maan voiteluöljypulan torjuntaa. Erityisesti valmistusmenetelmien kehittämisen kannalta oli tehtaan perustaminen paikallaan, varsinkin kun otetaan huomioon, että rakenteilla olleen mäntyöljyntislaamon valmiit kojeistot muodostivat pääosan perustamiskustannuksista. MK- ja MV-öljyn kilohinta oli koko valmistusajan 48 mk, ja ne kuuluivat samaan hintaluokkaan kuin Oulu Osakeyhtiön jo aikaisemmin perustaman tärpättipolymeraattitehtaan öljyt.

Tässä ansaitsee tulla mainituksi, että Oulun mäntyöljynjalostamon yhteyteen rakennettiin myöhemmin myös pieni kattohuopatehdas, jossa on tutkittu mäntyöljystä saatavien pyrolyysi- ja tislausjätepikien käyttömahdollisuutta tähän tarkoitukseen. Tavallisessa tyhjötislauksessa raakamäntyöljystä saatua jätepikeähän on viime aikoina jouduttu käyttämään melkoisia määriä polttoaineena menekin puutteessa tai hinnan halpuuden vuoksi. Sopivasti edelleen jalostetun mäntyöljypien käyttö bitumin asemesta on sinänsä kansantaloudellisesti merkittävä tavoite ja pula-ajan vaikeuksia ajatellen sen ratkaisuun tähtäävä tutkimus- ja kokeilutyö hedelmällistä. Vuoden 1945 alusta toimii Oulu Osakeyhtiön Nuottasaaren tehtaiden yli-insinöörinä dipl.ins. G. Kulvik ja sivutuotteiden jalostamojen teknillisenä johtajana dipl.ins. M. Tähtinen.

Sulfaattipien jalostus voiteluöljyksi

Raakamäntyöljyn tislauksen puhdistusta on Suomessa harrastettu Enso Gutzeit Oy:n Kotkan tehtailla kohta neljä vuosikymmentä. Tässä käsittelyssä saadaan, kuten edellä mainittiin, tislauksjäännöksenä ns. sulfaatti- eli mäntyöljypikeä, raakamäntyöljyn laadusta ja tislattujen tuotteiden halutuista ominaisuuksista riippuen hieman vaihtelevia määriä, 25–40 % raakamäntyöljyn painosta. Sulfaattipikeä vietiin Suomesta ulkomaille 1930-luvun lopulla run-

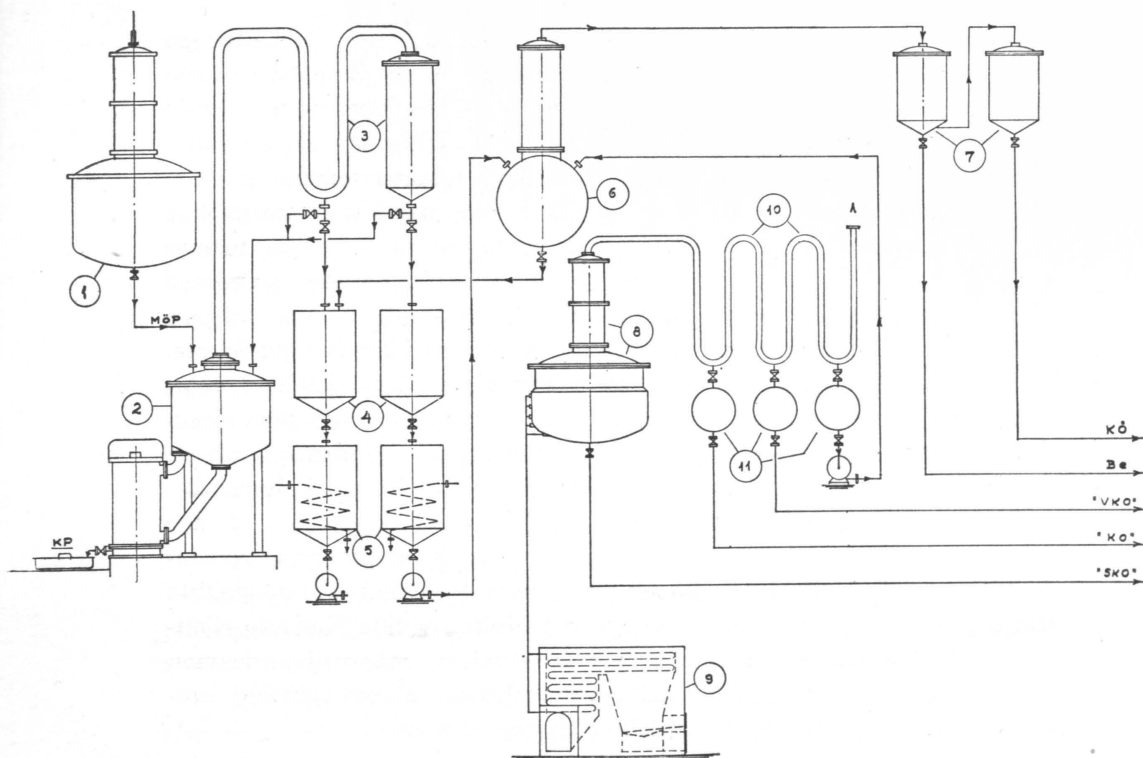
saat 2 000 tonnia vuosittain. Sulfaattiselluloosateollisuuden sivutuotteiden kotimaisen käytön muodostuttua kansakunnalle hyvin elintärkeäksi pyrittiin sulfaattipien samoin kuin raakamäntyöljyn ja sulfaattitärpätinkin vientiä mahdollisuuksien mukaan supistamaan. Mäntyöljy oli sodan aikana valtakunnan melkein ainoa saippuan raaka-aine, osaksi tislattomana ja osaksi tislattuna tuotteena (Lassenius 1950). Sitä paitsi raakamäntyöljyä käytettiin sellaisenaan myös paperihartsin valmistukseen. Vaikka mäntyöljyn tislauksessa jossain määrin jarrutettiin tämän raaka-aineen saamiseksi riittoisemmaksi moniin tarkoituksiinsa, kertyi tislauksjätettä kuitenkin sellaisia määriä, että sulfaattipien varaankin voitiin rakentaa pari korvikeöljytehdasta. Edellä esitetyistä tiedoista selviää, että mäntyöljypiki kemialliselta koostumukseltaan lähentelee tervaa sikäli, että siinä on valmiina neutraaleja aineksia merkittäviä määriä, huomattavasti enemmän kuin raakamäntyöljyssä, jonka rasvahappojen osuus taas piessä ilmenee melkoisesti pienentyneenä.

Enso Gutzeit Oy:n sulfaattipienjalostamo. Kuten sulfaattitärpätin polymerointi saatiin myös sulfaattipien pyrolyysi voiteluöljyksi ensinnä käyntiin Enso Gutzeit Oy:n tuotantolaitoksissa. Luonnollista näet oli, että tällainen jalostuslaitos syntyi mainitun yhtiön Kotkassa sijaitsevan sulfaattiselluloosatehtaan yhteydessä toimivan mäntyöljyntislaamon kylkiäiseksi. Sulfaattipikihän oli siellä syntyvaiheensa jälkeen valmiiksi kuumassa olotilassa ja siten helposti edelleen pyrolysoitavissa.

Kuvassa 52 nähdään tämän dipl.ins. K. Linkolan ja ins. M. Tevän pystyyn paneman voiteluöljytehtaan kojeistokaavio. Sulfaattipiki otettiin suoraan mäntyöljyn tyhjötislaukskatiloista (1) pyrolyysikojeeseen (2), joka oli samaa tyyppiä kuin Kotkan tehtailla aikaisemmin käytetyt sähkölämmitteiset Hellström-Hallman-mäntyöljyntislaukkipadat. Sulfaattipiki kuumennettiin kiertoputkistolla kattilaan liitettyssä sähköelementtilämmittimessä (teho 120 kW) n. 360 °C:n lämpötilaan. Sopivasta vaiheesta lähtien johdettiin pyrolyysikojeeseen tulistettua vesihöyryä. Öljytuotteen happoluku nousi huomattavasti, jos vesihöyryn käyttö aloitettiin liian varhain. Öljyhöyryjen lauhdutus (3) tapahtui kahdessa vaiheessa, joista ensimmäinen oli ilma- ja toinen vesijäähdytteinen. Katalyyttia ei tässä menetelmässä varsinaisesti käytetty, mutta jonkin verran liukeni kuitenkin rautaa sulfaattipikeen osaksi hiiliteräslävystä tehdystä pyrolyysikojeistosta. Jos piki poistettiin pyrolyysipadasta vasta useamman käsittelyn jälkeen, saattoi sen rautapitoisuus nousta likelle 5 %:ia. Tällöin karstoittuivat elementtien suojaputket. Rautakatalyyttia ei tästä syystä voitu Kotkan tehtaassa ottaa käytäntöön.

Lämmittimen sähköelementtien suojaputket oli tehty seosteräksestä. Suhteellisen pienen lämpöpinnanmitoituksen vuoksi — 8,3 kW/m² — nämä joutuivat melkoisen liikakuumennuksen alaisiksi, mistä oli seurauksena voimakkaita syöpymisilmiöitä ja melko pitkäaikaisiakin käynninkeskeytyksiä. Osaksi jouduttiin käyttämään tavallisia hiiliteräsputkiakin, joiden elinikä oli n. 30 pyrolyysiä. Reaktiopata oli 2,8 m³:n vetoinen, ja sen täyttötalavuus oli 2 m³.

Lauhduttamista raakaöljyt kerääntyivät lauhdeveden erotusastioihin (4) ja näistä edelleen höyryllä lämmitettyihin lipeäpesupönttöihin (5), joissa raakaöljyn neutralointipuhdistus



Kuva 52. Kotkan sulfaattipienjalostamon kaavio.

Fig. 52. Flow sheet of tall oil pitch pyrolyzing plant, Kotka.

tehtiin samaan tapaan kuin muissakin öljytehtaissa. Raakaöljyn happoluku (mg KOH/g) pidettiin yleensä arvossa 8 ja aina alle 10:n. Pyrolyysivaiheesta saatu piki (KP) jäädytettiin matalissa rautalaatikoissa ja myytiin lakkatehtaille paperisäkkeihin pakattuna murskeena. Muiden öljytehtaiden jätepikiin verrattuna oli Kotkan öljypiki laadultaan melko sitkeätä, joten se meni helposti kaupaksi vaikean bitumipulan aikana. Sen hinta — 18 mk/kg — oli myös huomattavasti suurempi kuin hauraan tervaöljypien (4 mk/kg).

Korkean pyrolyysilämpötilan johdosta oli Kotkan tehtaan voiteluöljy viskositeetiltaan melko ohutta, loppuaikoina jopa yksinomaan varttinäöljy-luokkaan kuuluvaa. Alkuaikoina Kotkan öljy kylläkin lähenteli tässä suhteessa tervavoiteluöljyä, jonka laatuvaatimuksia yleensä sovellettiin muihin kotimaisiin öljyihin. Lipeällä neutraaliksi pestyä voiteluöljyä saatiin 50—55% sulfaattipien painosta. Voiteluöljynsaalis parani merkittävästi sen jälkeen, kun sulfaattipien happoluku (mg KOH/g) jätettiin mäntyöljyn tislauksessa arvoon 100 aikaisemman happoluvun oltua 50—60. Myös jäljempänä selostetussa Painoväri Oy:n »krakkaamossa» saatiin runsaahkosti hartsihappoa sisäl-

tävästä sulfaattipiestä hyvä saalis ja sopiva painoväriöljyn laatu. Pien saalis Kotkan tehtaassa oli n. 20 % lähtöraaka-aineen painosta. Sivutuotteena talteen otettu kevytöljy pestiin myös lipeällä ja ositettiin sen jälkeen karkeassa tislauksessa (6—7) bensiini- ja kaasuöljyjakeisiin (Be ja KÖ). Bensiiniä saatiin 1,0 %, kaasuöljyä n. 4,5 % sulfaattipien painosta. Edellistä käytettiin hyvällä menestyksellä yhtiön omista autoista moottorin voima-aineena. Kaasuöljyä käytettiin venemoottoreissa ja sen raskaampia jakeita kuorma-autojen dieselmoottoreissa.

Kuvaan on piirretty myös voiteluöljyn vesihöyryttömän tyhjäjotislauksen kaavio. Tislauspataa (8), jona toimi eräs vanhatyyppinen mäntyöljyn tislaukskattila, kuumennettiin tässä vaiheessa koksilämmityksin (9) tulistetulla vedellä ja voiteluöljy ositettiin kolmeen eri jakeeseen: varttinä- eli VKO-, kone- eli KO- ja sylinteri- eli SKO-öljyiksi. Näistä muodosti varttinäöljy n. 90 % koko voiteluöljyn tuotannosta. Sylinteriöljy yhdistettiin tavallisesti koneöljyjakeeseen, joka loppuaikoina pyrolysoitiin uudelleen.

Enso Gutzeit Oy:n monilla tehdaslaitoksilla ilmeni sota-aikana suuria vaikeuksia saada muuntajaöljyä, ja niinpä lopulta tilattiin tätä öljytuotetta omasta sulfaattipien jalostamosta. Tämä öljytilaus sai aikaan erikoisella tavalla puhdistetun varttinäöljyn valmistuksen aloittamisen. Kotkan tehtaiden sivutuotejalostamojen tekn. johtajan, dipl.ins. V.-V. Juvosen ja pääkemistin, dipl.ins. J. Rautaman onnistui näet kehittää puhdistustapa, jolla varttinäöljystä sopivin rikkihappokäsittelyin sekä sen jälkeisin lipeä- ja vesipesuin poistettiin helposti hapettuvat ja hartsiintuvat aineosat. Toisaalta tämä merkitsi n. 8—10 painosadanneksen öljyhäviötä, mutta puhdistushappokäsittelyjen jälkeisessä tyhjäjotislauksessa saatiin varttinäöljy nyt suorastaan miellyttävän hajuiseksi. Tyhjäjotislauksen aiheuttama öljynhäviö oli n. 20 %. Näin valmistettu varttinäöljy säilytti myös vaalean värinsä, kun sen sijaan rikkihapolla käsittelemätön varttinäöljy seisoessaan tummeni aika tavalla. Muuntajaöljynä käyttöä haittasi vain tämän uudenkin öljytuotteen suhteellisen korkea jähmettymispiste. Tämän vuoksi öljyä ei käytetty talvella sellaisissa muuntajissa, jotka saattoivat olla aika ajoin kuormittamattomina. Erikoispuhtaan VKO-öljyn monista muista elintärkeistä käyttötavoista esittää tietoa toisessa yhteydessä.

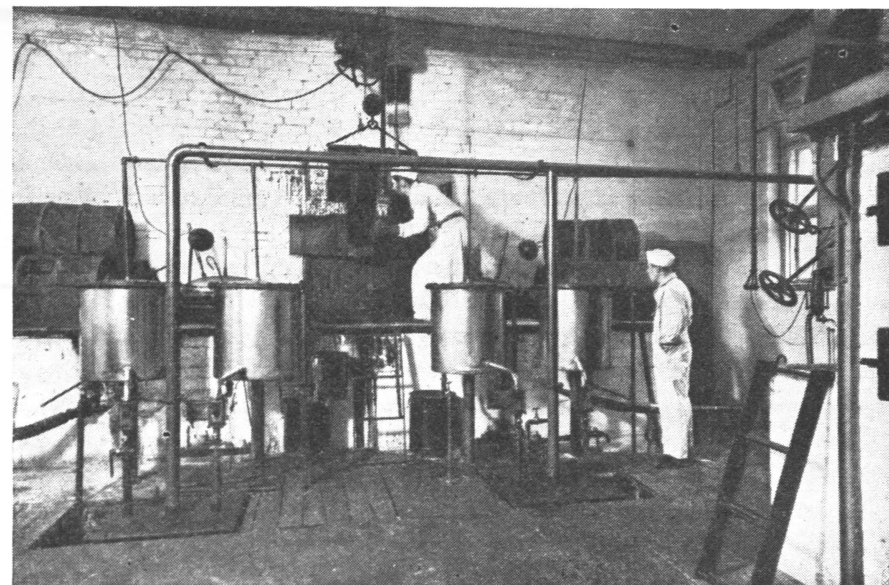
Enso-Gutzeit Oy:n öljytutkimuksissa sai muuten jähmettymispisteen parantamiskokeilu paljon huomiota osakseen. Pakkasessa erottuvaa kiteistä aineosaa yritettiin saada poistetuksi kahtakin menettelytapaa käyttäen. Tutkittaessa tislauksen eri vaiheissa lauhtuneita raakaöljyjakeita todettiin jähmettymispistettä korottavan aineksen rikastuneen tiettyihin jakeisiin, joten nämä pois erottamalla olisi voitu saada tässä suhteessa melko tyydyttävää öljytuotetta n. 85 % tuotannosta. Poistettavissa jakeissa oli kiinteätä ainetta sitäkin enemmän, ja kun niiden yhteismäärä oli 15 % koko tuotannosta, ei voitu ajatella koko tämän määrän toisarvoista käytötapa. Sen vuoksi koetettiin kehittää valikoivaa liuotusmenetelmää kiinteän aineosan pois saamiseksi tästä osasta öljyä. Tällainen jalostustapa osoittautui kuitenkin suhteellisen kalliiksi,

joten tutkimuksia ei jatkettu teknilliseen sovellutukseen asti. Kotkan öljytehtaan toimeksiannosta tutkittiin kysymystä myös Keskuslaboratorio Oy:ssä, jossa saatiin selvitettyä, että kiinteä aines oli luonteeltaan korkeapolymeerinen ketoni eikä paraffiinihiilivety, kuten aluksi arveltiin. Lisäämällä Kotkan tehtaan valmistamaan öljyyn 0,5–1 % amerikkalaista paraflow-tuotetta saatiin jähmettymispiste alenemaan 10–20°.

Kotkan sulfaattipienjalostamo lähti käyntiin lokakuun alussa 1944, jonka vuoden viimeisenä neljänneksenä siellä tehtiin voiteluöljyä yhteensä 99 tonnia. Kahtena seuraavana vuonna keskimääräinen kuukausituotanto oli 24 tonnia voiteluöljyä. Tehdas lopetti toimintansa kotimaisista voiteluöljytehtaista viimeisenä marraskuussa 1947 ehdittyään siihen mennessä tuottaa yhteensä 1 071 tonnia voiteluöljyä. Viimeisen ja vajavaisen käyntivuoden tuotanto oli ennätyksellisesti 399 tonnia, mutta tästä määrästä oli osa Kemin tehtaan tuotteista valmistettua tavaraa. Kemin voiteluöljytuotteita jalostettiin edelleen Kotkassa kaiken kaikkiaan 619 tonnia, josta määrästä saatiin VKO-öljyä keskimäärin 47 %:n saalis eli n. 290 tonnia. Loppuaikoina saalis oli likimain 60 %. Kotkan tehtaan tuotantosuunnitelma oli alun perin 400 tonnia voiteluöljyä vuodessa.

Painoväri Oy:n sulfaattipienjalostamo. Voiteluöljytilanteen kiristyessä velvoitti kansanhuoltoministeriön kemiallisen teollisuuden toimisto eräiden suursanomalehtien omistaman Painoväri Oy:n v. 1944 rakentamaan oman öljytehtaan muiden tuotantolaitostensa yhteyteen Pakilaan. Raaka-aineeksi valittiin tällöin sulfaattipiki. Tosin oli tällöin jo todettu, että Oulu Osakeyhtiön valmistama tärpättipolymeraatti soveltui hyvin sanomalehtikirjapainojen käyttämän mustan painoväriin valmistukseen. Sulfaattitärpätin saantivaikeudet hankaloittivat kuitenkin polymeraatin tekoa, ja sitä paitsi oli mainitun öljytehtaan tuotanto alun perin tarkoitettu nimenomaan puunjalostusteollisuuden omiin tarpeisiin.

Painoväri Oy:n teknillinen johtaja K. N i k k a n e n onnistui kehittämään omaperäisen pyrolyysimenetelmän sulfaattipien jalostamiseksi painoväriöljyksi. Erikoista hänen menetelmässään oli hyvin nopeasti ilman katalyyttisäystä suoritettu pyrolyysi haloilla lämmitetyissä kuparilevystä tehdyissä padoissa. Koska tehdas oli asutuskeskuksessa, poltettiin syntyneet reaktiokaasut rakennuksen ulkopuolelle sijoitetussa suuttimessa, sillä reaktion äkillisyyden johdosta oli kaasujen poltto patojen alla vaikeata järjestää. Esilämmityksen ja alkupyrolyysin aikana saatiin tässäkin tehtaassa lauhduttamista ensin kevyttä öljyä, jonka saalis oli n. 15 % sulfaattipien painosta. Lämmityksen jatkuessa öljyn viskositeetti vähitellen nousi, ja pääjakeena talteen otettua painoväriöljyä saatiin n. 55 % raaka-aineen painosta. Tämän öljyn happoluku (mg KOH/g) oli 32–37, ja öljytuote voitiin lipeällä neutraloimatta käyttää painoväriin valmistukseen. Kuten tunnettua, käytetään mus-



Kuva 53. Pakilan painoväriöljytehtaan pyrolyysipadat edessä olevine lauhduttimien.

Fig. 53. View of pyrolyzing equipment in printing oil factory, Pakila.

tan painoväriin tekoon normaaliaikanaakin sulfaattipikeä sellaisenaan n. 20%:n paino-osuus. Öljyn E_{50} -viskositeetti oli n. 5–6 ja jähmettymispiste likimain 0°. Koko käsittely vei esilämmityksineen ja pyrolyysitislauksineen aikaa n. 3,5 tuntia. Krakkauspatoja oli kaksi, joiden kummankin tilavuus oli 350 l ja täyttöpanos n. 250 l sulfaattipikeä. Pyrolyysin rajuuden vuoksi oli patojen lämmitysuunien terminen hyötysuhde huono eli n. 25 %. Jossain määrin käytettiin tulikaasujen jätelämpöä hyväksi sulfaattipikipatojen esilämmityksessä. Mainittakoon, että samantapaista pikapyrolyysia käytettiin öljykriisin aikana Ruotsissakin eräessä tehtaassa, joka valmisti raakamäntyöljystä poraöljytuotteita.

Sivutuotteena saatiin vielä tietysti pikeä, joka suhteellisen sitkeänä tuotteena sekin meni helposti kaupaksi. Piensaalis oli n. 16 % pyrolysoitavan sulfaattipien painosta. Menetelmän etuna olikin myyntituotteiden suuri yhteissaalis, joka nousi yli 85 %:iin raaka-aineen painosta. Kevytöljy myytiin polttoöljy- ja liuotintarkoituksiin. Vuoden 1945 lopulla hankittiin tehtaaseen raakaliuottimen lipeäpesu- ja tisluslaitteet, ja siitä lähtien tehdas valmisti myös pienen määrän autobensiiniä.

Lopettaessaan käyntinsä vuoden 1947 keväällä¹ oli tämä öljytehdas jalos-

¹ Tehdas on aika ajoin ollut jälleen käynnissä 1950-luvunkin puolella.

tanut kaikkiaan n. 270 tonnia sulfaattipikeä ja valmistanut tästä 147 tonnia painoväriöljyä. Niin kauan kuin käytettävissä oli hyvää amerikkalaista painomustehiiltä, ei tämä kotimainen öljy aiheuttanut sanottavia käyttövaikeuksia. Pääkaupungin sanomalehdistä käyttivät Uusi Suomi ja Hufvudstadsbladet Painoväri Oy:n tuotetta, ja myös Helsingin Sanomat oli vuonna 1946 kolmi-sen kuukautta mainitun yhtiön asiakkaana, samoin 25 maaseutulehteä parin vuoden rupeaman.

Jatkuvassa käytössä osoittautui kupari pyrolyysipatojen materiaalina huonosti kestäväksi, ja toinen pata ehdittiinkin uusia seosteräslevyrakenteiseksi. Halkojen kulutus pyrolyysilämmityksessä oli $2,85 \text{ p-m}^3$ sulfaattipikiton-nia kohti eli $5,2 \text{ p-m}^3$ valmista painoväriöljytonnia kohti.

Sulfaattitärpätti voiteluöljyn raaka-aineena

Laboratoriotutkimukset

Sulfaattitärpätin joutuessa voiteluöljynkorvikkeiden raaka-aineeksi oli kysymyksessä kemialliselta luonteeltaan tyydyttämättömien terpeenihiiilivety-jen polymerointi suurempimolekyylliseksi hiilivedyiksi. Tällöin käytettiin katalyyttinä alumiinikloridia tai valkaisumaata eli tehosavea. Laboratoriomitta-kaavassa oli tämänlaatuista katalyysireaktioita tutkittu jo aikaisemmin myös meidän maassamme. Niin ikään oli tunnettua tärpättipolymeraattienkin tyydyttämätön luonne, joten ensiluokkaista voiteluöljytuotetta ei niistä voitu odottaa saatavan. Eräissä aikaisemmin ulkomailla patentoiduissa vastaavan-laisissa menetelmissä olikin pidetty tavoitteena kuivuvien öljyjen tärpätistä saamista maaliaineiden raaka-aineeksi.

Suomessa tutkivat R o u t a l a ja K u u l a jo 1930-luvulla tärpätin alu-miinikloridipolymerointia paineessa, mutta katalyyttimäärät olivat niin suu-ria, ettei suhteellisen kallista hiiltotärpättiä raaka-aineena käytettäessä tullut esiin menetelmän teknillisen soveltamisen mahdollisuutta (1932). N o r t a aloitti tutkimuksensa v. 1940 ja sai kehittämälleen menetelmälle patentin sekä Suomessa että Ruotsissa (1941). Hän kloorasi sulfaattiraakatärpätin tiettyyn asteeseen saakka ja suoritti sen jälkeen polymeroinnin alumiiniklori-dilla tärpätin kiehumapistetta vastaavissa lämpötilaolosuhteissa. Kloorauk-sen tarkoituksena oli osaksi hapettaa sulfaattiraakatärpätin epäpuhtauksia ja osaksi kaiketi saada aikaan polymeroinnin yhteydessä syntyvän symeenin liit-tymistä terpeenien klooriyhdisteisiin Friedel-Craftsin reaktion tapaan. Oulun polymeraattitehtaan toimesta suoritettiin Keskuslaboratorio Oy:ssä aikana 1. 5. 1943—29. 2. 1944 tutkimuksia, joissa voitiin todeta, että mainitun teh-

taan käyttämästä raakatärpätistä saatiin parempi voiteluöljynsaalis puhdis-tamalla se ensin karkeahkolla jakotislauksella ja tekemällä alumiinikloridi-polymerointi ilman esikloorausta. Kesällä 1943 tuli tunnetuksi muuan Sak-sassa kehitetty menetelmä, jossa alkukuumennuksin terpeenikokoomukseltaan hieman muunnettu tärpätti niin ikään polymeroidaan klooraamatta alumiini-tai sinkkikloridia katalyyttinä käyttäen (K ö n i g 1940).

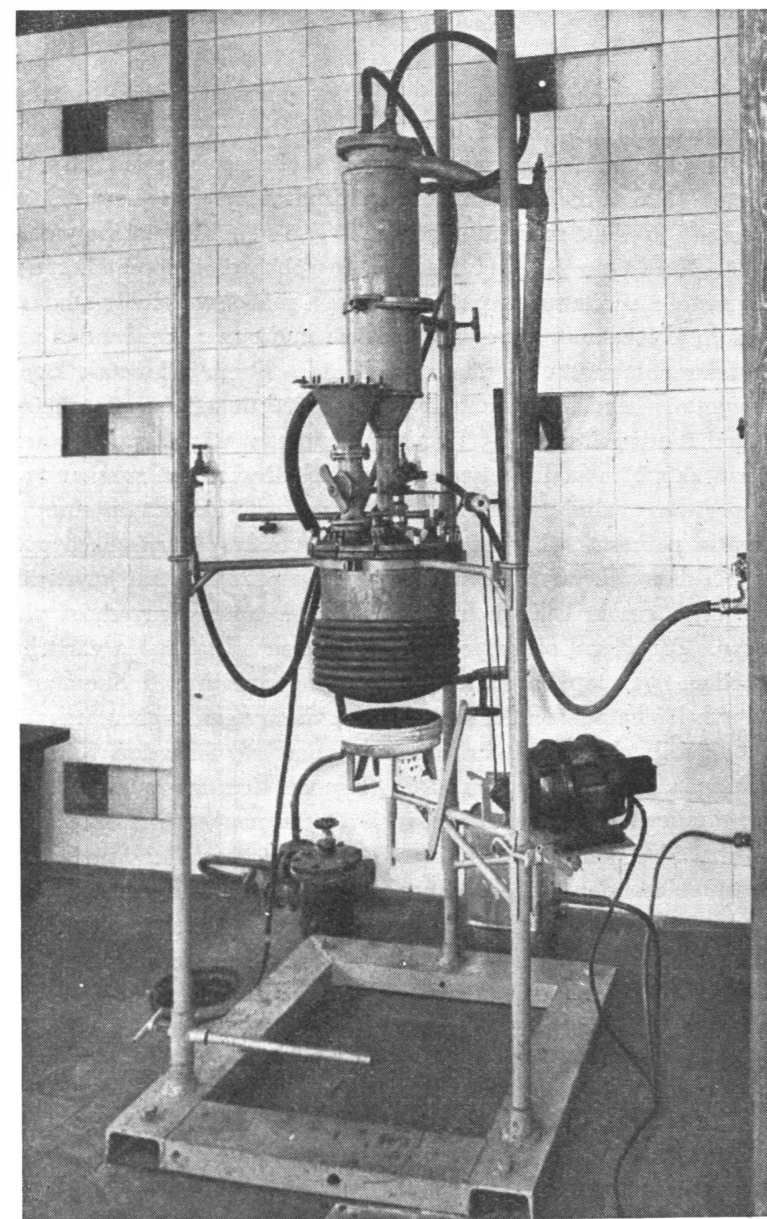
Valkaisumaiden tehokkuutta on jo pitkähkön aikaa arvosteltu sen lämpö-tilan nousun perusteella, minkä ne aiheuttavat tärpätissä olevien terpeenien ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}$) isomeroitumista ja polymeroitumista katalysoidessaan tiettyä reak-tion alkulämpötilaa tällaisessa kokeessa käytettäessä. Terpeenien tehosavi-polymeroinnin tutkijoista on erityisesti mainittava V e n a b l e, joka osoitti bisyklisestä pineenistä valkaisumaan vaikutuksesta ensin syntyvän monosyk-lisia terpeenejä, mm. dipenteeniä (1923). Näistä muodostuu sitten dimeerisiä hiilivetyjä, diterpeenejä ($\text{C}_{20}\text{H}_{32}$), joita oli runsaasti kaikkien polymerointi-kokeiden lopputuotteessa. Diterpeenien ohella syntyy jonkin verran tri- ja muita polyterpeenejä. Nämä taas saattavat osaksi hajaantua paraffiinihiili-vetyjä ja symeeniä muodostaen. Myöhemmin on T o i v o n e n apulaisineen tarkoin suoritetuissa fenkeenitutkimuksissaan, joissa hän mm. totesi suoma-laisen saven aikaansaavan polymeroitumisreaktioita, osoittanut tehosavi-polymeroinnin ensi vaiheena esiintyvän isomeroitumisreaktioita (1937, 1941). Venable totesi nestefaasissa suorittamisissaan kokeissa myös, että polyterpeenejä syntyi sitä enemmän, kun lähemmäksi pineenin kiehumispistettä reaktio-lämpötila nostettiin.

Tuonnempana selostetun Oulun terpeenipolymeraattitehtaan insinöörien kiinnostuminen tärpätin tehosavipolymerointiin johtui siitä, että sinne oli sattumalta hankittu suurehko erä rakeista tehosavea, jonka käyttö öljytuot-teiden värin vaalentamiseen oli sikäläisissä kojeistoissa hankalaa. Kun kir-jallisuudesta oli perehdytty aikaisemmin suoritettuihin terpeenien polyme-rointitutkimuksiin (mm. K r c z i l 1940) ja todettu rakeisen tehosaven käytön jo kauan olleen yleistä maaöljyjen tyydyttämättömien hiilivetyjen polyme-roinnissa, tähdättiin Oulussa suoritetuissa laboratorioskokeissa alun perin kaasufaasissa suoritettavaan jatkuvatoimiseen tornipolymerointiin. Kevät-talvella 1943 suoritetuissa muutaman viikon pienoiskokeiluissa saatiin alus-tavasti todetuksi reaktion optimilämpötila-alue, ja polymeraatin saaliit koho-sivat nopeasti samaan suuruusluokkaan kuin alumiinikloridimenetelmässä eli n. 50 % :iin raakatärpätin painosta. Sivutuotteena saadun, terpeenejä, symeeniä ja muita hiilivetyjä sisältäneen liuotinjakeen saalis lähenteli jo alku-kokeissa 40 % :ia, kun se alumiinikloridipolymeroinnissa Oulun tehtaassa harvoin ylitti 20 %. Prof. N. J. T o i v o s e n antamat rohkaisut ja hänen avaamansa näköalat olivat tässä työn alkuvaiheessa omiaan innostamaan

savipolymeroinnin tutkimusta. Syksystä 1943 alkaen suoritettiin Oulussa hänen suostumuksellaan eräs yliopistollinen erikoistyö uuden polymerointimenetelmän kehittäjien, dipl.insinöörien J. O. Murron ja Y. Tuhkanen johdolla. Tässä työssä selvitettiin mm. tehosavien varastoimisen aikana laimenevan aktiivisuuden palauttamiseksi tarpeellisen jälkikuumennuksen optimilämpötilat sekä tutkittiin alustavasti myös jauhemaisen tehosaven rakeistamismenetelmiä (Sallinen 1945). Niin ikään kokeiltiin polymeraatin viskositeetin korottamismahdollisuutta Venablen aikana esittämällä jälkikuumennuksella tehosaven kanssa. Vastoin odotuksia viskositeetti aleni, ja lisäksi havaittiin polymeraatista lohjenneen liuotinjakeen luonteisia pienimolekyylisiä hiilivetyjä. Sen sijaan polymeraatin jodiluku aleni, ja öljytuotteen hapetuksenkestävyys siis hieman parani. Samantapainen tulos saatiin suoritettaessa astiapolymerointi paineessa, jolloin välttyttiin toisen tehosaviannoksen käytöltä. Näitä tuloksia varmennettiin vielä Keskuslaboratorio Oy:ssä alumiinikloridipolymerointien selvittelyjen yhteydessä, mutta teknillistä sovellutusta ei niistä kehitetty tornimenetelmän tultua pian yksinomaiseen käyttöön.

Tehdasmittakaavaisia katalyyttitorneja konstruotaessa tuli esille myös kysymys eksotermisen polymerointireaktion kehittämän lämpömäärän suuruudesta, mutta maan tutkimuslaboratorioilla ei ollut tilaisuutta sellaisia mittauksia suorittaa. Sen vuoksi jouduttiin alussa tekemään eriläpimittaisilla torneilla kokeita ilmajäähdetyksen riittävydestä lämpötilan tasajana. Jälkeenpäin on reaktiolämpö likimääräisesti laskettu pineenin ja Oulun tehtaassa valmistetun tärpättipolymeraatin polttoarvojen erosta käyttämällä näin tapaa, jota mm. Kلاسон aikoinaan sovelsi hiiltotutkimuksissaan. Oulun polymeraattitehtaan laboratoriossa tehtiin vuoden 1944 alussa tutkimuksia myös valkaisumaan valmistamiseksi kotimaisista savilajeista (Sallinen 1945), mutta tulokset olivat suhteellisen heikkoja. Hentola on selostanut Oy Orionin laboratoriossa suorittamiaan tehosaven valmistuskokeita, joiden tuloksena saatiin syntymään Oulun polymeraattitehtaassa käyttökelpoisiksi, joskin verrattain nopeasti kuoleutuviksi katalyyteiksi osoittautuneita valkaisu-maalaatuja (1951). Ulkomaisista tehosavista käytettiin Oulun tutkimuksissa eniten saksalaista toncil-AC -valmistetta, ja se soveltui tarkoitukseen kohtalaisen hyvin. Parhaat tulokset laboratoriossa saatiin eräällä granosil-nimisellä tehosavella, mutta sitä ei saatu maahan tuoduksi.

Ruotsin laboratorioissa tehtiin myös sulfaattitärpätin polymerointikokeita sekä alumiinikloridilla että tehosavikatalyyteillä tutkittaessa muuntajaöljyn korvikkeen valmistusmahdollisuuksia (Lander 1943). Tähän tarkoitukseen eivät polymeraatit soveltuneet hapettumisherkkyytensä vuoksi, eikä tuloksia sovellettu lainkaan teknilliseen mittakaavaan.



Kuva 54. Tärpätin puoliteknillinen polymerointiastia.

Fig. 54. Large scale laboratory polymerization equipment for turpentine.

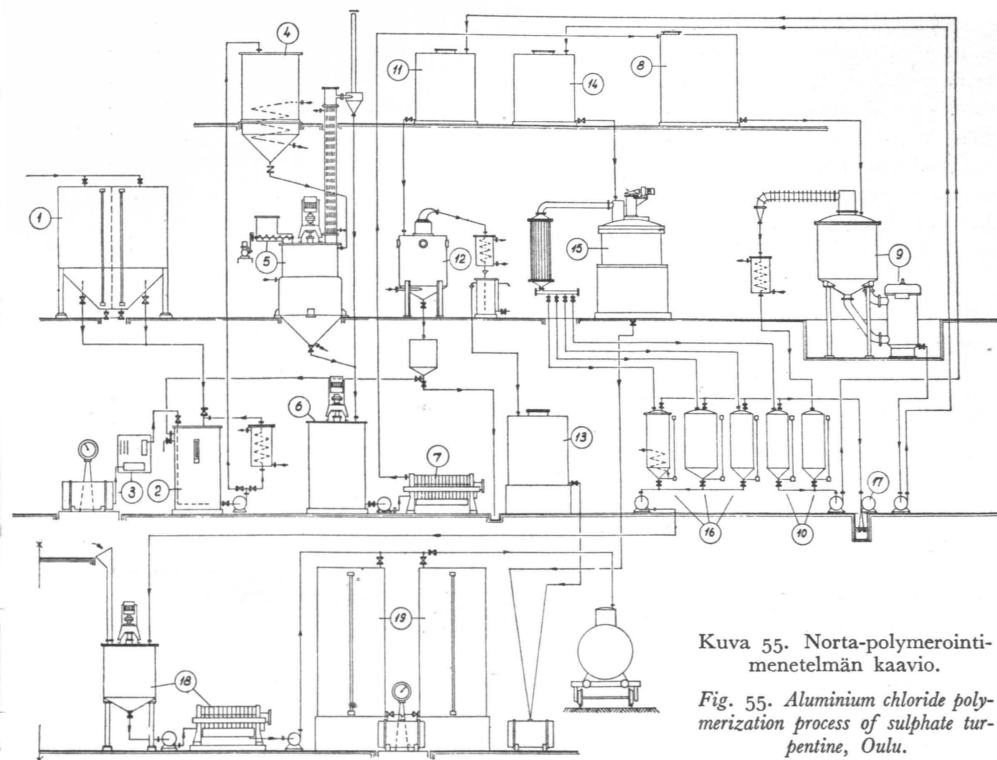
Norta-menetelmän vaiheet

Voiteluöljyjen ulkomaisen tuonnin alettua vaikeutua ryhdyttiin Suomen puunjalostusteollisuuden piirissä tutkimaan voiteluöljynkorvikkeiden valmistusmahdollisuuksia, aluksi enemmän omien teollisuusyhtymien tarpeita silmällä pitäen. Näissä merkeissä alkaneesta tutkimustyöstä vei ensinnä myönteisiin tuloksiin jo edellä mainittu dipl.ins. T. N o r t a n tärpättipolymeraattimenetelmä. Enso Gutzeit Oy:n Kaukopään sulfaattiseluloosatehtaan haihduttamo-osastolle sijoitettu, tärpättiä jalostava pienoisvoiteluöljytehdas lähti näet käyntiin jo lokakuun alussa 1941. Paria muutaman kuukauden pituista seisokkia lukuunottamatta oli tämä »koetehdas» sitten jatkuvassa käynnissä yli neljä vuotta. Tehtaan lopettaessa juhannuksen tienoilla 1946 toimintansa oli siinä ennätetty jalostaa 475 tonnia sulfaattiraakatärpättiä, josta saatiin keskimäärin 44,5 %:n saalis polymeraattiöljyä¹ eli yhteensä runsaat 210 tonnia. Sivutuotteena valmistettiin 128 tonnia tornoleeni-nimistä liuotinta (27 % raakatärpätin painosta). Lisäksi saatiin pieni määrä jäännöspikeä polymeraatin tyhjötislausvaiheesta. Mainitun yhtymän omat tehtaat käyttivät valmistetusta öljystä noin kaksi kolmannesta lopun tullessa myydyksi yleiseen kulutukseen. Tornoleeni oli helposti myytävissä maan lakka- ja väritehtaille.

Jo vuoden 1941 lopulla kääntyi kansanhuoltoministeriö Suomen selluloosatehdasyhtiöiden puoleen kehottaen näitä yhteisvoimin rakentamaan kotimaisen voiteluöljytehtaan elintärkeän puunjalostusteollisuuden voiteluainesten kipeimmän tarpeen peittämiseksi. Suomen Selluloosayhdistyksen kustusta pidettiin kevättalvella 1942 Helsingissä kaksi neuvottelukokousta, joihin osallistui yhtiöiden johtajia ja insinöörejä. Kun tervaa ei ilmeisesti ollut puunjalostusteollisuuden oman öljytehtaan tarpeisiin saatavissa ja kun mäntyöljyä tänä ajankohtana pidettiin tarkoitukseen liian arvokkaana, tehtiin lopulta päätös rakentaa isompi sulfaattitärpätin polymerointilaitos. Kaikkien selluloosatehdasyhtiöiden otettua yhteisesti tililleen mahdollisen tappioriskin ryhtyi rakentamistyöhön Oulu Osakeyhtiö. Jalostamon paikaksi tuli näin Nuottasaareen, entisen tervakaupungin Oulun laitamilla sijaitseva mainitun yhtiön omistama sulfaattiseluloosatehdas, johon myöhemmin pantiin vielä pystyyn raakamäntyöljyn pyrolysoimislaitos, kuten edellä jo esitettiin.

Kuvassa 55 esitetään kaavio Oulun tärpättipolymeraattitehtaasta sen alkuperäisessä dipl.ins. N o r t a n patentoidun menetelmän mukaisessa asussa. Lähtöaineena käytettiin sulfaattiraakatärpättiä, joka oli virtauslaatikossa dekantoimalla erotettu keittokaasutuksista peräisin olevasta lievästi metanolipitoisesta vesilauhteesta. Mittausta varten oli tehtaassa kaksiosainen kartiopohjainen tärpättisäiliö (1), jossa veden erottamista voitiin höyrykierukkalämmi-

¹ Tehtaan valmistamat öljyalaadut olivat Kaukopää V (värttinäöljy), K (koneöljy), S (sylinteriöljy) ja BS (paksu tislamatton sylinteriöljy).



tyksin vielä tehostaa. Sitä paitsi rakennettiin tehtaaseen kolme 20 m³:n vetoista tärpätin varastointisäiliötä, jotka oli palovaaran vuoksi sijoitettu ulkosalle n. 100 metrin etäisyyteen jalostamosta.

Ensin sulfaattitärpätti kloorattiin — käyttäen n. 7 % klooria tärpätin painosta — ja samalla sitä jäähdytettiin reaktioseoksen liiallisen lämpötilan nousun estämiseksi (2—3). Kloorauksessa tapahtui osaksi kloorin additiota ja osaksi substitutiota, joten jo tässä vaiheessa syntyi tehdastuksessa kloorivetykaasua. Tärpätin rikki-pitoiset epäpuhtaudet hapettuivat kloorausvaiheessa sulfoneiksi ja sulfoksideiksi.

Kloorattu tärpätti polymeroitiin sen jälkeen parhaasta saatavissa olleesta haponkestävästä seosteräksestä tehdyssä reaktioastiassa (5) n. 1 000 litran erissä. Höyryvaippalämmityksin nostettiin klooratun tärpätin lämpötila yli 100 °C:n, minkä jälkeen polymerointireaktioissa syntyvä lämpö sai aikaan lämpötilan nousun tärpätin kiehumispisteeseen saakka. Katalyyttinä käytettiin vedetöntä alumiinikloridia, joka helposti pölyävänä ja ilman kosteuden vaikutuksesta kloorivetykaasua synnyttävänä aineena oli sinänsä epämiellyttävää käsitellä. Reaktio oli luonteeltaan pääasiassa monoterpeenien polymeroitumista di- ja triterpeeneiksi. Liuotinsivutuotteessa esiintyvän symolin synty ja eräiden pinaanihiilivetyjen todennäköinen muodostuminen olivat seurausta sivureaktioista. Liuotintuote nimitettiin tässä Oulun tehtaassa nouleeniksi. Tavallisimmin käytettiin 5 % alumiinikloridia alkuperäisen tärpätin painosta. Polymeraatin jodiluku ja nouleenin bromiluku vaihtelivat melkoisesti, edellinen esimerkiksi katalyytinannosta muutettaessa.

Kaaviosta selviää edelleen, että polymeroinnin jälkeen erotettiin alumiinikloridisakka n. 10 m²:n suuruisessa puristussuodattimessa (7) pois polymeraatista, joka sen jälkeen kärkeällä tyhjötislauksella (15, 17) — palautuslauhdutusta ja kolonnia käyttämättä — ositettiin liuotin- ja voiteluöljyjakeisiin (16). Viimeksi mainittuja oli alkuaikana kolme, nimittäin värtinä-, kone- ja sylinteriöljylaadut. Tislausjätteenä saatiin näin menetellen suurpolymeerista »pikeä», joka oli haurasta ja myyntituotteena melko arvotonta. Liuotinja (10) oli kloorivety-pitoista raakatuotetta, joka neutraloitiin lipeällä ja sen jälkeen puhdistettiin vesihöyrytislauksin (12). Voiteluöljyjakeetkin käsiteltiin alkuperäisen menetelmän mukaan vielä kalkilla ja hienojakeisella tehosavella täysin neutraalin ja vaalean tuotteen saamiseksi. Tätä varten kojeistoon kuului myös pienempi, 5 m²:n puristussuodatin (18). Sitä paitsi oli tehtaassa valmiin voiteluöljyn säiliöt (19), joista tuote laskettiin tynnyreihin tai siirrettiin pumpulla säiliövaunuihin toimitettavaksi öljynsekoittamoihin, jatkojalostamoihin tai kuluttajille.

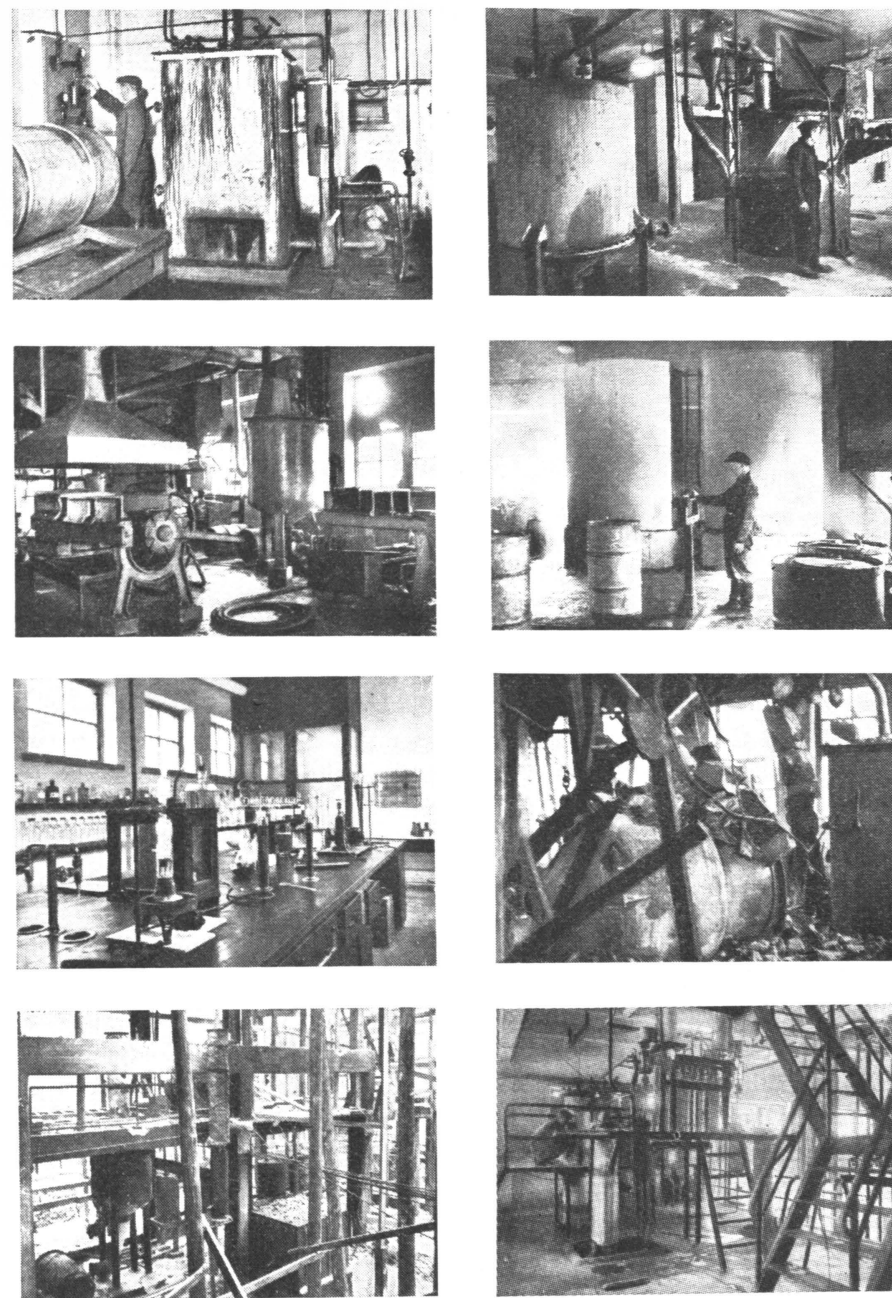
Oulun tärpätinjalostamo sijoitettiin sikäläisen konepajarakennuksen viereen jo aikaisemmin suunnitella olleeseen valimoon. Tämän ratkaisun tarkoituksena oli saada uudesta n. 2 000 m³:n vetoisesta betonirunkorakenteisesta öljytehdasrakennuksesta pysyvämpäänkin hyötyä. Valimonsuunnittelu häiritsi kyllä toisaalta tärpätinjalostamon järjestelyä mm. rakennuksen mataluuden vuoksi. Tulenarkaa, kaasumaisiakin reaktiotuotteita synnyttävää katalyysiosastoa ei näin saatu myöskään erotetuksi riittävän etäisyyden päähän muista tehdastusvaiheista.

Asennus- ja koekäyntikustannuksineen sekä menetelmän lisensseineen tämä tehdas tuli maksamaan noin 5 milj. mk (ks. indeksikäyrää kuvassa 1). Öljynhinnan laskelmissa oli tästä rakennuspääomasta kuitenkin vähennettävä noin viidennes rakennuksen myöhemmän käyttöarvon osuutena.

Voiteluöljytehtaan lämmitys ja tuuletus oli järjestetty niin, että alakerroksessa oli kaksi lämminilmatuuletinta, jotka painoivat tehtaaseen yhteensä 10 000 m³ lämmitettyä ulkoilmaa tunnissa, kun taas rakennuksen ulkokaton yläpuolelle kohonneessa tuuletuslyhydyssä oli edellä esitettyyn verrattuna puolta tehoa vastaava poistoimuri. Osa lämmitetystä ilmasta poistui vuotojen kautta, ja työskentelytilan ilma vaihtui näin kerran kymmenessä minuutissa. Tällä oli oma merkityksensä myös paloturvallisuuden kannalta, jota tehostivat tehtaan vaahtosammutuslaitteet. Kesäaikana ei lämmitystä luonnollisestikaan käytetty.

Edellä kuvattu tärpätinjalostamo saatiin koekäyntiin maaliskuussa 1943. Alkuperäistä menetelmää käytettiin suuremmista muutoksista saman vuoden elokuun loppuun saakka. Pien myyntivaikeuksien ja alkuaikoina saadun alhaisen öljynsaaliin takia luovuttiin kuitenkin jo keväällä 1943 öljytuotteen tyhjötislauksesta. Elokuussa olivat tulokset näin jo ohittaneet menetelmästä annetut takuuarvot. Öljynsaalis oli tällöin keskimäärin 52,7 ja nouleeninsaaalis 20,4 % raakatärpätin painosta.

Tärpätin aika-ajoittaisen riittämättömyyden lisäksi ilmeni polymeroinnissa joukko kojeistovaikeuksia, jotka johtuivat jo edellä mainitusta kloorivedyn kehitymisestä klooraus- ja katalyysivaiheissa. Ilmeisesti ei myöskään tärpättiä saatu useavaiheisellakaan seisontaerottelulla riittävän vedettömäksi. Sitä paitsi syntyi katalyysivaiheessa itsessäänkin reaktiotuloksena vettä. Eniten jouduttiin korjaamaan katalyysiasian palautuslauhdutinta, joka haponkestävänäkin teräsrakenteena syöpi verrattain nopeasti. Seosteräksen jat-



Kuva 56. Välähdyksiä Oulun tärpättipolymeraattitehtaan kehityksestä.
Fig. 56. Photographs showing development of turpentine polymerization plant, Oulu.

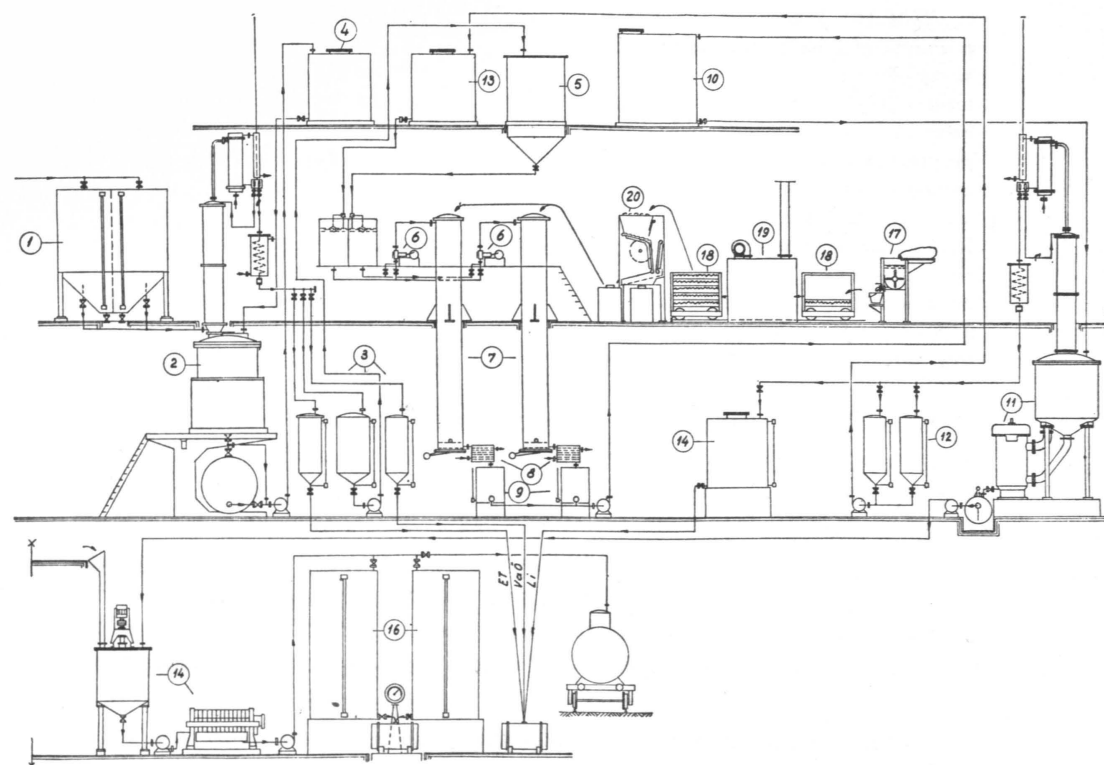
kuvan saannin ollessa mitä vaikeinta täytyi palautuslauhdutin lopulta tehdä tavallisesta hiiliteräksestä ja uusia kolmen viikon väliajoin.

Kun seosteräksestä tehdyt katalyysiastia ja raakaliuottimen vesihöyrytislauaspata alkoivat olla myös arveluttavasti paikkausten tarpeessa, sai Keskuslaboratorio Oy:n orgaaniskemiallinen osasto Oulu Osakeyhtiön toimesta tehtäväkseen tutkia menetelmän kehittämismahdollisuuksia. Jo edellä selostetuissa filtri T. Enkvistin ja dipl.ins. M-S. Ilvessalon suorittamissa Nortta-menetelmän kehittämiskokeiluissa saadut uudet tulokset sovellettiin syksyllä 1943 Oulun öljytehtaassa käytäntöön. Mainittakoon, että suoritettaessa kuvassa 56 esitetyllä kojeistolla polymerointikokeiluja sattui kerran räjähdysmäinen tulipalo, jossa mainitut tutkijat saivat lieviä palohaavoja.

Tehosavipolymeroinnin kehitys

Edellä esitettyjen käyttövaikeuksien lisäksi uhkasi myös alumiinikloridin saantivaikeus lopettaa tärpättipolymeraatin teon. Kymmin Osakeyhtiö saatiin tosin kiinnostumaan alumiinikloridin valmistukseen, mutta sota-ajalle ominaisten hankaluuksien vuoksi tehdastuksen aloittaminen hieman viivästyi. Tämä tilanne pakotti syksyllä 1943 kiirehtimään edellä selostettuja tehosavipolymeroinnin laboratoriotutkimuksia. Alkukokeiden tulosten näin varmistuttua joutui Oulun tärpätinjalostamo marraskuun lopulla 1943 seisomaan katalyytin puutteessa. Tällöin tehtiin menetelmien jatkuvalla kehitykselle ratkaiseva päätös siirtyä hienojakoisen savikatalyytin käyttöön tehtaan silloisin kojeistoin. Alumiinikloridin sijasta käytettiin katalyyttinä siis esikuumennettua tehosavea, ja tehdas saatiinkin lyhyessä ajassa moitteettomaan käyntiin. Syöpymisvaikeudet loppuivat nyt kokonaan.

Pari päivää ennen vuoden loppua syttyi tehtaassa kuitenkin ankara tulipalo, joka teki tuotannon jatkamisen mahdottomaksi. Tulipalo syttyi mahdollisesti potkurisekoittimen aiheuttamasta paikalliskuumennuksesta reaktioastian kaasutilassa tai itsesytynnästä, jonka on todettu Ruotsin sulfaattitehtaiden tärpätin ja metanolin tislamoissa aiheuttaneen tulipaloja (Bergström ja Trobeck 1943 a). Polymerointiastian kannen revettyä pultti-liitoksestaan irti (kts. kuva 55) pääsivät palavat kaasut huoneilman kanssa yhteyteen aiheuttaen voimakkaan räjähdysten, jossa rakennuksen betonirunkorakennekin tuntuvasti vaurioitui. Vaahtosammutuslaitteista oli tulipalon sammutuksessa suurta hyötyä. Palon leviäminen oli kuitenkin niin äkillinen, ettei sammutusta voitu saada vaurioiden rajoittamismielessä käyntiin riittävän nopeasti, vaikka nimenomaan polymerointiastian yläpuolelle oli sijoitettu kiinteä vaahdon jakolaite. Työntekijät pääsivät palavasta tehtaasta pelastumaan,



Kuva 57. Sulfaattitärpätin tehosavipolymerointi.

1. raakatärpätin mittaussäiliöt, 2-4. raakatärpätin tislaukojeisto tisle- ja jäteastioineen, 5. tislaturpätin säiliö, 6-7. polymerointitornit annostimiseen ja jäähdyttimiseen, 9-10. polymeraatin mittaussäiliöt, 11-12. polymeraattiseoksen tislaukojeisto, 13. run-sasterpeenisen liuotinjakeen säiliö, 14. nouleenisäiliö, 15. öljyn loppupuhdistusvaihe, 16. valmiin öljyn ja sivutuotteiden varastointi ja lähetys, 17-20. savikatalyytin rakeistamo.

Fig. 57. Active earth polymerization process of sulphate turpentine.

mutta valitettavasti eräs heistä sai vaatteisiinsa niin paljon palavia tärpättituotteita, että kuoli palohaavoihinsa.

Hienojakoista tonsil-AC -tehosavea käyttäen ennätettiin ennen tulipaloa tehdä 40 astiapolymerointia. Voiteluöljyn saalis oli näissä n. 52 % ja nouleenisaaalis 39,5 % raakatärpätin painosta. Saven kulutus oli n. 6 % valmistetun voiteluöljyn painosta.

Tulipalon jälkeen ryhdyttiin viipymättä korjaamaan vaurioita. Tehdas päätettiin rakentaa uudelleen käyttäen nyt menetelmää, jossa tärpätti polymeroitui rakeisella tehosavella täytetyissä torneissa. Kuvassa 57 esitetään savipolymerointimenetelmän kaavio.

Tislauksen jälkeen syötettiin tärpähti katalyysitorneihin säädettävillä mäntäpumpuilla tai erikoirakenteisilla nestepatsasannostimilla. Saven alkaessa väsyä esilämmitettiin tärpähtiä kierukkalämmönvaihtimissa, joita ei ole piirretty kaavioon. Syötön tasaisuutta tarkastettiin tornien jälkeisten mittasäiliöiden avulla. Näistä otetuista näytteistä seurattiin niin ikään ominaispainomäärityksin polymerointiasteen tasaisuutta. Polymeroinnin jälkeen tislattiin liuotinja pois polymeraattijäystä, josta selluloosa-arkkia suodatusaineena käyttäen lopuksi poistettiin mekaaniset epäpuhtaudet. Suodatinpuristimen syöttösäiliöissä oli sekoitin, joten siinä voitiin aika ajoin savikäsittelyin puhdistaa myös Nuottasaaren tehtaissa talteenotettuja jäteöljyjä. Raakatärpähtin tislauksessa saatiin sivutuotteina myös rikkiyhdistepitoista esitsettä (ET) ja terpinolirikastetta, jota koetettiin myydä vaahdotusöljytuotteena (VaÖ). Raakatärpähtin tislauksjäännös sisälsi polyterpeenejä, ja se vaalennettiin hienojakoista tehosavea käyttäen tehdastuoksen loppupäässä. Näin saatiin tästäkin käyttökelpoisista voiteluöljynkorviketta, joka lisättiin katalyyttisesti valmistettuun polymeraattijäykseen.

Kaaviokuvasta nähdään menetelmän yksinkertaisuus, josta oli seurauksena sen varmakäyttöisyys. Itse asiassahan voidaan sanoa, että siirtyminen kiintokatalyytiin käyttöön oli takaperoista kehitystä, jos ajatellaan esimerkiksi USA:ssa sodan aikana tapahtunutta valtavaa savipolymeroinnin kehitystä ns. liitokatalyytin käytäntöön otton merkeissä (Vuorela 1947). Tärpähtin polymeroinnissa oli kuitenkin kysymys miniatyyriteollisuudesta maaöljyn jalostukseen verrattuna, joten tärkeintä oli saada synnytytyksi yksinkertainen, varmakäyttöinen ja siten myös taloudellisesti kannattava tärpähtinjalostamo.

Kaaviokuvasta selviää myös tehtaan katalyyttisaven rakeistuskorkeisto, jonka lopullista suunnittelua varten tarvittiin joukko puoliteknillisiä kokeiluja varsinkin sähkölämmitteisessä uunissa kuivattujen savilevyjen pienennyskoneen konstruktion kehittämiseksi. Rakeistamon koneet suunniteltiin ja rakennettiin, kuten uuden menetelmän edellyttämät muutkin lisälaitteet, omin työvoimin.

Uusi tärpähtinjalostamo saatiin käyntiin elokuussa 1944. Siitä lähtien oli tämä jalostamo pieniä raaka-aineen saannin aiheuttamia käynnin keskeytyksiä lukuun ottamatta käynnissä yli kolme vuotta myöhäissyysyn 1947 saakka. Tänä aikana valmistettiin yhteensä 1 200 tonnia tärpähtipolymeraattia, jonka saalis oli keskimäärin 44 % raakatärpähtin painosta. Saaliin pienuuteen vaikutti osaksi ostotärpähtin suurehko osuus, sillä tältä osalta oli tärpähtin vesipitoisuus suurehko. Peltitynnysten huonous aiheutti myös melkoisia kuljetus- ja mittatappioita. Lisäksi jouduttiin aika ajoin käyttämään vähemmän kunnollista tehosavikatalyyttia.

Vuoden 1945 puolella alettiin Oulun tärpähtipolymeraattitehtaan yhteyteen rakentaa laitosta, jossa suoritettiin sivutuotteena saadun liuottimen edelleen jalostamista maaliskuusta 1946 alkaen noin puolentoista vuoden ajan. Bromiluvun 30–40 omanneen nouleenin kemiallisesti tyydyttämätön aineosa polymeroitiin tässä menetelmässä väkevällä rikkihapolla. Tulokseksi saa-

tiin hyvin vaaleata värttinäöljyä Oulu-NV, jonka saalis oli n. 12 % nouleenin painosta. Päätuotteena oli osoleeni-niminen liuotin, jonka bromiluku näin saatiin pysymään arvossa 1–2. Reaktion aikana syntyi myös rikkihappoon liukoisia yhdisteitä, jotka erkanivat sopivassa vesilaimennuksessa dekan-toimalla poistettaviksi. Tästä nouleenin aineosasta valmistettiin sikkatiiviy-m. lisäksi Oso-lakkaa, jota saatiin n. 15 % nouleenin painosta. Lakka-tuote oli kauniin, mutta melko heikkokestoisen pinnan muodostavaa.

Nouleenin jatkojalostuksen vuoksi jäi polymeraatinsaaliin korottaminen savikatalyyssissa vähemmän tärkeäksi tavoitteeksi. Laskemalla raakatärpähtin tislauksessa talteenotetut esitiseet käyttökelpoisiksi tuotteiksi saatiin torni-menetelmällä joka tapauksessa keskimäärin 90 % raakatärpähtin painosta tavalla tai toisella markkinakelpoisia jalosteita.

Yleensä valmistettiin Oulun tärpähtinjalostamossa tislaamatonta TK-öljyä, jolle oli ominaista voimakkaan vihreä fluoresenssi ja siten eräitä rauhan-aikaisia moottoriöljyjä muistuttava ulkonäkö. Muihin kotimaisiin öljyihin verrattuna sen etuna oli suhteellisen korkea viskositeetti, joka teki tuotteen käyttökelpoiseksi myös painoväriöljynä. Merkittävimmän käyttönsä tämä tärpähtipolymeraatti kuitenkin sai kotimaisen kaapeliöljyn raaka-aineena, johon tarkoitukseen sitä Konerasva Oy:n kaapeliöljyn valmistamossa käytettiin yhteensä n. 630 tonnia. TK-öljyn kilohinta oli suurimman osan aikaa 48 mk.

Erityisen vaaleata tärpähtipolymeraattia tarvittaessa valmistettiin Oulun tehtaassa myöhempinäkin aikoina ohuempaa, värttinäöljylaatua lähentelevää tislattua tärpähtipolymeraattia, joka kulki TTV-öljyn nimellä. Tätä öljyä valmistettaessa saatiin myös viskositeetiltaan TK:ta vastaava jae, joka tislaustuotteena oli nimeltään TTK ja oli yhtä vaalea kuin TTV-öljy. Tislaus-jäännöksenä saatua TS-sylinteriöljynkorviketta käytettiin kehäsahojen voiteluun. Voitelutarkoituksia ajatellen tärpähtipolymeraattien huono puoli oli niiden herkkä kuivuvuus ja huonohko hapetuksenkestävyys. Napakorkeuden suhteen tärpähtivoiteluöljyt olivat tervaöljyn kaltaisia.

VIII Kotimaisten voiteluöljyjen tuotantotilastoa

Tervaa ja sen jatketta liuskeöljyä sekä sulfaattiselluloosatehtaiden sivutuotteita (sa-sivutuott.) raaka-aineena käyttäneiden kotimaisten voiteluöljytehtaiden teknillisten valmistusmenetelmien tultua edellä enemmän tai vähemmän seikkaperäisesti selvitetyn on vielä paikallaan esittää näiden eri jalostuslinjojen vuosituotantojen yhteenveto. Vv. 1943—47 valmistettiin 10 tehtaassa korvikeöljyjä alla olevan asetelman esittämät tonnimäärät:

	1943	1944	1945	1946	1947	1943—47
tervaöljytehtaat:						
Hanko	—	97	337	162	—	596
Heinola	—	—	1 302	486	—	1 788
Seinäjäki	—	—	706	266	—	972
Virala	—	—	341	361	—	702
tervaöljytehtaat yhteensä	—	97	2 686	1 275	—	4 058
tärpätti polymeraattitehtaat:						
Kaukopää	69	38	33	22	—	162
Oulu	185	146	338	448	352	1 469
raakamäntyöljynjalostamot:						
Kemi	—	28	320	516	278	1 242
Oulu	—	—	183	271	66	520
sulfaattipienjalostamot:						
Kotka	—	99	286	287	399	1 071
Pakila	—	—	—	—	—	147
sa-sivutuott.jalostamot yht.	254	311	1 160	1 544	1 095	4 510
koko voiteluöljyntuotanto	254	408	3 846	2 819	1 095	8 569

Kaukopään pienoistehtaan tuotanto vv. 1941—42 oli yhteensä 48 tonnia tärpättipolymeraattia. Tervavoiteluöljyjäkin valmistettiin parissa taulukoon sisällyttämättömässä pikkujalostamossa vv. 1943—46 n. 50—60 tonnia. Tampereella sijainnut Vate Oy valmisti niin ikään liuskeöljyjalosteita vv. 1945—46 n. 250 tonnia.

Yhteenvedosta havaitaan, että sulfaattiselluloosateollisuuden sivutuotteista (53 %) valmistettiin kotimaisia voiteluöljyjä vuosina 1943—47 hiukan enemmän kuin tervasta ja liuskeöljystä (47 %). Ero muodostuu suuremmaksi, jos otetaan huomioon, että ulkomainen liuskeöljy muodosti tervaöljytehtaiden raaka-aineesta kolmanneksen vastaavan tuotanto-osuuden ollessa vielä tätäkin suurempi.

Suurin kotimaisten voiteluöljyjen valmistaja oli Oulu Osakeyhtiö, jonka toimitusjohtajana oli öljytehtaiden rakentamisaikana dipl.ins. A. L i n n a. Seuraavalla sijalla oli Puukemia Oy, ja sitten seurasi Enso Gutzeit Oy.

IX Kotimaisten voiteluöljyjen laatu ja käyttökelpoisuus

Tervavoiteluöljyn kemialliset ja fysiikalliset ominaisuudet

Maaöljyt sisältävät paraffiini-, nafteeni- ja aromaattihiilivetyjä, joista varsinkin ensiksi mainittuja pidetään hyvien voiteluöljyominaisuuksien antajina. Tervavoiteluöljyn kemiallista koostumusta voitiin Suomessa tutkia suhteellisen vähän. Hartsihappojen pyrolyysikemiallisen katsauksen yhteydessä mainittujen ranskalaisten, rautakatalyytein valmistettujen hartsiöljyjen koostumuksen selvittelyjen perusteella on Enkvist (1948 b) arvellut, että tervavoiteluöljynkin pääaineosina olivat suhteellisen vaikeasti kuivuvat hiilivetyseokset pyroabieteeni¹ ja pyroabietiini, jotka siis syntyvät hartsihappojen dekarboksyloinnin ensivaiheista tuotteista, abieteenista ja abietiiniä, korkeahkon lämpötilan aikaansaamassa stabiloinnissa. Viimeksi mainittuja helposti kuivuvia hiilivetyjä, joita lievähkällä dekarboksyloinnilla valmistetussa hartsiöljyssä on runsaasti, oli tervavoiteluöljyssäkin melkoisesti. Niinpä eräs analysointi antoi dieniiluvuksi 20 gJ/100 g öljyä, mikä tulos vastaa tyydyttämättömien hiilivetyjen 20 %:n osuutta abieteenina laskettuna. On ilmeistä, että eri katalyyttien, katalyytilämpötilan ja katalyyssiajan vaikutusta tervavoiteluöljyn ominaisuuksiin olisi pitänyt tässä mielessä selvittää perusteellisemmin, koska tervavoiteluöljyn kestävyys hapetusta vastaan joka tapauksessa oli maaöljyperustaisiin voiteluaineisiin verrattuna heikko. Tämä todettiin laboratoriossa suoritetuilla tutkimuksilla, joissa monet voiteluöljykirjallisuudessa esitetyt erikoismenetelmät osoittautuivat tervaöljyn arvosteluun sopimattomiksi. Hapetuskokeen aikana tervavoiteluöljyn viskositeetti nousi 2–4-kertaiseksi ja petroleetteriin liukenemattoman aineksen osuus 10–45-kertaiseksi. Tervavoiteluöljyn jodiluku (g J/100 g), jota tällaisen uuden markkinatuotteen arvostelussa täytynee pitää vähemmän luotettavana (vrt. terpeenien analytiikka) oli Hübl-Wallerin mukaan määritettynä 35–45 ja Kaufmannin mukaan — halogenointi tehdään bromilla metanoliliuoksessa — 100:n korvilla.

¹ Enkvist on esittänyt Lombardin mukaan (1946) abietiinihapon pyrolyysissa syntyvien yhdentoista hiilivety-yhdisteen rakennekaavat ryhmärinnasteluna (1950).

Ruotsissa tehtiin viime öljykriisin aikana mielenkiintoisia vertailututkimuksia maaöljy- ja tervaperustaisten voiteluöljyjen hapettuvuudesta (Levy 1945). Todettiin kivennäisöljyjen hapettuvuuden suuresti lisääntyvän, jos läsnä oli pieniä määriä orgaanisia rautayhdisteitä, joita käytön aikana saattaa voiteluöljyyn helposti ilmaantua. Lisättäessä 0,1 % ferrinaftenaattia öljyn painosta oli kivennäisöljyjen kestävyys hapetusta vastaan tervaöljyyn verrattuna vain 2–4-kertainen, kun se puhtaiden öljyjen tapauksissa oli vastaavasti 10–30-kertainen. Kuten tunnettua, käytetään voiteluöljyissä metallikatalyyttien hapetusta edistävän vaikutuksen estoon erityisiä inhibitiolisiäaineita. Raudan edullinen vaikutus orgaanisten yhdisteiden auto-oksidaatioon on monille orgaanisen kemian tutkijoille varmaankin tunnettu asia.

Suomalaisen tervavoiteluöljyn reteenipitoisuutta ei tarkoin määritetty, mutta lasilevyllä tekemiensä pitkäaikaisten kiteyttämiskokeiden perusteella Enkvist arvelee sen olleen huomattavasti alle 20 %:n (1948 b), kun sen sijaan ruotsalaisessa, katalyyttia valmistetussa tervavoiteluöljyssä saattoi olla jopa 33 % reteeniä. N. Hellström on julkaissut kromatografisesti ja ultraviolettiaabsorption avulla tekemiensä kolmen ruotsalaisen, lipeäpesulla neutraloidun tervaöljylaadun analyysien tulokset (1948 b):

	Liljeholmen	Ohlsson	Nynäshamn
dehydroabietiinia ja oktohydroreteeniä	76 %	37 %	38 %
tetrahydroreteeniä	9 »	18 »	10 »
reteeniä	13 »	22 »	33 »
muita aineita	3 »	17 »	22 »
yhteensä	101 %	94 %	103 %

Hellström on voinut kromatografisesti osoittaa ruotsalaisissa tervavoiteluöljyissä olleen myös neutraaleja happipitoisia aineosia, joiden kemiallista luonnetta ei tarkemmin selvitetty. Enkvistin tutkimuksien mukaan suomalaisessa tervavoiteluöljyssä oli happipitoisuus n. 4 %, mutta katalyyttia laboratoriossa pyrolysoidun tervaöljyn näytteessä vain puolet siitä (1948 b). Hän otaksuu happipitoisten aineksien olevan hartsihappolaktoneja tai hartsiesterejä, joissa hartsihapon karboksyyli on esteröitynyt sterolin tai vahaalkoholin hydroksyyllillä. Suomalaisen tervavoiteluöljyn happipitoiset aineosat, joiden runsaus kai osaksi johtui vesihöyrytislauustavan käytöstä, lisäsivät ilmeisesti öljytuotteen viskositeettia ja samalla luultavasti osaltaan estivät reteenin kiteytymistä tervavoiteluöljystä.

Maaöljyperustaisten voiteluöljyjen käyttökelpoisuutta arvosteltaessa ei

yleensä suoriteta vaivalloisia kemiallisen koostumuksen selvittelyjä. Jo edellä mainittujen jodiluvunmääritysten ja hapenkestävyyskokeiden lisäksi on kemiallisista tunnusmerkeistä tärkeä happoluku, joka tervaöljytehtaittemme päätuotteessa yleensä alitti sallitun maksimiarvon 1,0 (mg KOH/g).

Suomalaisen tervavoiteluöljyn ominaispaino oli, kuten sivulla 151 jo esitettiin, melkein sama kuin veden. Runsasvetyisten paraffiinisten voiteluöljyjen ominaispaino (d_{20}) on 0,85–0,89 ja vähävetäisempien asfalttiperustaisten voiteluöljyjen 0,90–0,96. Väriltään tervavoiteluöljy oli tummanruskeaa, ja ohuina kerroksina sillä oli sininen fluoresenssi.

Voiteluöljyn viskositeettiominaisuudet ovat varsin tärkeitä arvosteltaessa sen soveltuvuutta käyttötarkoitukseensa. Tällöin otetaan huomioon myös viskositeetin riippuvuus lämpötilasta, ja sen vuoksi määritetäänkin öljyanalyysissä öljyn viskositeetti tavallisesti 20, 50 ja 100 °C:n lämpötiloissa. Graafisessa esityksessä on tapana öljyanalytiikassa käyttää puolilogaritmista asteikkoa, abskissana lämpötila Celsius- tai Fahrenheit-asteina sekä ordinaatana viskositeetti Engler- tai senttistoke-yksikköinä.

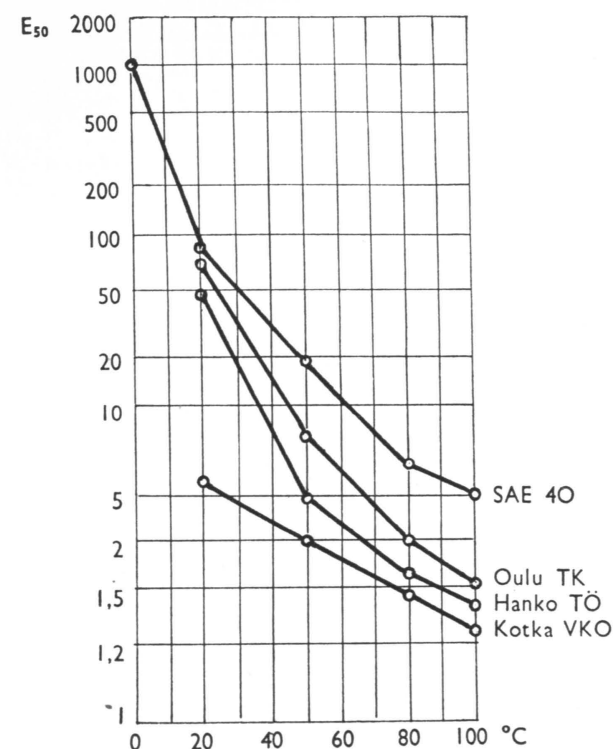
Kivennäisvoiteluöljyjen puolilogaritmiseen asteikkoon piirretyn viskositeetti»viivan» kulmakerrointa sanotaan suuntavakioksi. Saksalainen maaöljykemisti Ubbelohde on ottanut öljyjen laatuluokittelussa käytäntöön napakorkeus-suureen. Hänen mukaansa yllä selostetussa koordinaattijärjestelmässä kemialliselta koostumukseltaan samanlaisia öljyjä esittävät suorat viivat leikkaavat toisensa ns. viskositeettinavassa. Tämän napapisteen etäisyyttä x-akselista nimitetään napakorkeudeksi, joka on samanlaisten öljyjen kysymyksessä ollessa vakio sekä riippumaton viskositeetin absoluuttisesta suuruudesta. Eri öljytyyppien viskositeettinavat lankeavat likimäärin samalle suoralle, ns. napasuoralle (esim. Pauk 1943).

Mitä pienempi napakorkeus on, sitä pienempi on viskositeetti»viivan» kaltevuus ja sitä edullisempi öljyn viskositeetin lämpötilasta riippuvuus. Puhtaan paraffiiniperusöljyn napakorkeus on n. 1,8 ja puhtaan asfalttiperusöljyn n. 3,8.

Anglosaksisissa öljykirjallisuudessa käytetään napakorkeuden asemesta usein teoreettisilta perusteiltaan yksinkertaisempaa suuretta, ns. viskositeetti-indeksiä, joka suurenee napakorkeuden pienetessä. Napakorkeuden noustessa yli 3,5:n on viskositeetti-indeksi arvoltaan negatiivinen.

Napakorkeuden ollessa yli 6:n — tervaöljyssä se oli 6–25 — ei sen suuruudella itse asiassa ole enää tavanomaista merkitystä öljyn laadun arvostelussa.

Kuvassa 58 esitetään erään tyyppillisen kivennäisvoiteluöljyn ja muutamien kotimaisten voiteluöljyjen Engler-viskositeetin riippuvuus lämpötilasta. Havaitaan tervaöljyn (Hanko TÖ) viskositeetin olleen lämpötilan muutoksille paljon herkempi kuin kivennäisöljyn. (SAE 40) Niinpä esimerkiksi 100 °C:n voitelulämpötilassa tervaöljy oli siis ohuempaa kuin 50 °C:n lämpötilassa sen kanssa samaviskoosinen maaöljy. Tärpätti polymeraatti (Oulu TK) muistutti tässä suhteessa tervavoiteluöljyä, kun taas mäntyöljyperustainen voiteluöljy (Kotka VKO) oli kivennäisöljyn kaltainen (vrt. Enkvist ja Kahila 1950).



Kuva 58. Voiteluöljyn viskositeetin riippuvuus lämpötilasta.

Fig. 58. Effect of temperature on viscosity of lubricating oil substitutes.

Suomessa käytetyn katalyyttisen ja Ruotsissa sovelletun pelkän termisen tervanpyrolyysin luonne-erot käyvät ilmi vertailtaessa saatujen tervavoiteluöljyjen tärkeimpiä ominaisuuksia, joista viranomaisten asettamat laatuvaatimukset antanevat parhaan kuvan (Enkvist 1950):

	Suomi	Ruotsi
ominaispaino	—	n. 1
leimahduspiste	ei alle 150 °	ei alle 90 °
viskositeetti, E ₅₀	—»— 3,7	—»— 2
happoluku, mg KOH/g	ei yli 1	ei yli 10
jähmettymispiste	—»— -15 °	—
vesipitoisuus	alle 0,2 %	—

On otettava huomioon, että esitetyt Ruotsin laatuvaatimukset koskivat suoraan pyrolyysista lipeäpesutta saatua raakaöljytuotetta, jota ei sellaiseen käytetty esim. automoottoriöljysekoituksiin.

Asetelmassa mainitut suomalaisen tervavoiteluöljyn vaatimukset asetti marraskuussa 1944 kansanhuoltoministeriön puu- ja polttoaineosasto. Kun tervaöljytehtaiden vesihöyrytislauksessa käytetty lauhdutusjärjestelmä antoi tulokseksi laadultaan vaihtelevia polttoöljyn ja voiteluöljyn rikasteita, todettiin vaikeaksi saada valmis voiteluöljy täyttämään kaikki asetetut vaatimukset. Saadut kokemukset osoittivat ennen pitkää, kuten jäljempänä tarkemmin selostetaan ja edellä selostettujen laboratoriahapetuskokeiden tulosten perusteella on ymmärrettävää, tervavoiteluöljyn paksunevan käytössä aika nopeasti, joten esim. valtion rautatiet alkoivat suosia verrattain ohutta kotimaista vaunuöljyä. Tästä syystä katsottiin voitavan vuoden 1945 alkupuolella lieventää tervavoiteluöljyn laatuvaatimuksia viskositeetin ja leimahduspisteen suhteen. Heinolan tehtaassa oli tervavoiteluöljyn keskimääräinen viskositeetti 3,2 (E_{50}) ja leimahduspiste 132° . Happoluku oli keskimäärin 0,94 ja vesipitoisuus 0,44 %. Seinäjoen tehtaassa taas vaihtelivat kuukausittain lasketut viskositeettikeskiarvot 2,9–3,3 koko käyntiajan keskiarvon ollessa 3,1. Siellä ei vesihöyrytislausta siis viety niin pitkälle kuin Heinolan tehtaassa. Leimahduspiste oli Seinäjoen tuotteessa $140-150^{\circ}$, mikä puolestaan osoitti voiteluöljyjakeen polttoöljypitoisuuden olleen pienempi.

Tervavoiteluöljyn kemialliset ja fysiikalliset ominaisuudet muistuttavat melkoisessa määrin eräiden kirjallisuudessa esitettyjen kivihiili- ja ruskohiilitervoista tehtyjen öljyjen ominaisuuksia (mm. K a d m e r 1941, s. 197). Niin ikään eräät kivennäisöljyistä epäpuhtauksina poistettut, kemiallisesti tyydyttämättömät jakeet ovat osoittautuneet samanluonteisiksi kuin tervavoiteluöljy (K a d m e r 1941, ss. 13–15). Ruotsalaisten tutkimuksien mukaan tervavoiteluöljyn kitkakerroin oli noin puolta pienempi kuin kivennäisöljyn, joten se kevytkuormaisissa laakereissa voiteli paremmin kuin viimeksi mainittu (N o r l i n 1943). Timken-kojeessa määritetty voitelukalvon kestävyys oli tervaöljyllä sen sijaan kivennäisöljyjen kantokykyyn verrattuna heikohko. Ruotsalaisten tutkimusten mukaan tervavoiteluöljyjen koksiumistaipumus oli lievää, joten ne soveltuvivat käytettäväksi moottoreissa, joissa voiteluöljyn lisäys tapahtuu nestepolttoaineeseen liuotettuna. Alkoholipitoisiin moottorin-polttoaineisiin tervaöljyn liukenevuus oli erityisen hyvä.

Tervavoiteluöljyn ominaisuuksia olisi luonnollisesti helppo ymmärtää, jos tunnettaisiin sen eri aineosien voiteluöljyominaisuudet. Tässä suhteessa ovat filtri P. L a a k s o n suorittamat reteenihiilivetyjen hydraus- ja de-

hydraustutkimukset mielenkiintoisia. Hän on mm. hydrannut reteeniä perhydorreteeniksi, jonka voiteluöljyominaisuudet olivat seuraavat ¹:

E_{50} -viskositeetti	1,75
napakorkeus	3,1
leimahduspiste, $^{\circ}\text{C}$	153
jähmettymispiste, $^{\circ}\text{C}$	-38
happoluku, mg KOH/g	0

Perhydro- eli tetradekahydrorreteeniä ei tervavoiteluöljyssä liene kuitenkaan ainakaan sanottavasti ollut. Näissä tutkimuksissa olikin tarkoitus selvittää reteenin ja dihydrorreteenin vedyttämismahdollisuuksia hyvälaatuisiksi voiteluöljyiksi. Perhydorreteenin synty edellytti kuitenkin n. 80 aty:n suuruisen ylipaineen ja n. 250° :n lämpötilan käyttöä, joten menetelmä on kallis soveluttaa tehdastukseen.

Yritykset parantaa tervavoiteluöljyn laatua

Tervavoiteluöljy oli väritään varsin tummaa ja täten eräisiin maaöljytuotteisiin verrattuna vähän luottamusta herättävää. Lisäksi oli tervaöljyn haju voimakkaan luonteenomainen ja kivennäisöljyihin tottuneille öljyn myyjillekin vastenmielinen. Vesihöyrytislauksen jälkeisissä tervavoiteluöljyn käsittelyvaiheissa liukeni tuotteeseen jonkin verran rautaa, jonka hapettumista edistävästä vaikutuksesta edellä mainittiin. Raudan poistamiseksi olisi tervavoiteluöljyn puhdistus ehkä myös ollut suotavaa.

Laboratorioissa tehtiin melkoisesti kokeita tervaöljyn värin vaalentumiseksi ja hajun lieventämiseksi (E n k v i s t 1948 b). Maaöljyjen jalostuksessa aikaisemmin paljon käytetyllä rikkihapporaffinoinnilla saatiin tyydyttämättömien aineksien osuus vähenemään, viskositeetti nousemaan ja jodiluku alenemaan noin kolmannekseen alkuperäisestä, mutta väri pysyi tummana (vrt. Kotkan pikivoiteluöljytehtaan vastaavaa kokeilua sivulla 195). Saalis tervasta laskettuna luonnollisesti pienenee puhdistuskäsittelyissä. Sen sijaan saatiin eräillä valkaisusavilajeilla tervaöljyä käsiteltäessä väri luonnollisesti vaalenemaan. Käsitely olisi kuitenkin tullut kalliiksi, koska se suoritettiin 300° :n lämpötilassa ja saven kulutus oli n. 20 % öljyn painosta. Useimmiten vielä reteenin saostuminen turmeli aluksi kauniilta näyttäneen tuloksen. Ruotsissa

¹ Yksityisen tiedonannon mukaan.

valmistettiin lipeäpesulla ensin neutraloituja ja valkaisusavella sen jälkeen vaalennettuja tervaöljyjä suuria määriä, mutta kiteytyneen reteenin erottaminen ja öljynsaaliin alhaisuus tekivät sikäläisen lopputuotteen useimmiten varsin kalliiksi (E n k v i s t 1950). Kivennäisöljyihin sekoituksen jälkeen ei tällaisesta tervavoiteluöljystä tosin yleensä enää kiteytynyt reteeniä, koska tämä liukeni kivennäisöljyainekseen. Sellaiseen teolliseen kehitykseen ei meillä ollut varaa, ja reteenivaikkeudet huomioon ottaen voidaan sanoa, että suomalaisen voiteluöljyn väkevä haju ja tumma väri olivat merkinä meikäläisen öljyn suhteellisen hyvästä valmistustaloudesta ja sen laajahkoista käyttömahdollisuuksista. Ruotsin valtio ostikin sikäläisen öljykriisin loppuvaiheessa käyttöoikeuden suomalaiseen tervavoiteluöljyn valmistusmenetelmään, joskaan sitä ei ennätetty siellä ottaa käytäntöön. Ruotsissa suoritettut tervavoiteluöljyn hydrauskokeilut eivät johtaneet teolliseen sovellutukseen (S k ä r b l o m 1944). Mainittakoon tässäkin yhteydessä vielä, että Suomessa tehtiin kotimaisten voiteluöljyjen jälkikuumennuskokeiluja, osaksi katalyyttien läsnäollessa ja osaksi ilman niitä, tyydyttämättömien hiilivetyjen osuuden vähentämismielessä (esim. E n k v i s t ja K a h i l a 1949; S a l l i n e n 1945; vrt. V e n a b l e 1923). Lämpökustannusten ohella esti tällaisten menetelmien teollistamista myös saaliin pieneneminen, vaikka jodiluku ja viskositeetti saattoivat kehittyä edulliseen suuntaan.

Alkuaikoina paljon epäilystä herättänyttä tervavoiteluöljyn epäedullista napakorkeutta saatiin laboratoriokokeissa olennaisesti parannetuksi lisäämällä siihen tislattun mäntyöljyn tai siitä kiteytettyjen hartsihappojen kalsiumtai alumiinisuoloja (E n k v i s t ja B ä c k 1947). Tulos oli tällöin yhtä hyvä kuin käytettäessä erästä tähän tarkoitukseen soveltuvaa saksalaista alumiininaftenaattivalmistetta, jota poikkeuksellisissa oloissa ei saatu maahan tuoduksi. Tuonnempana selostettujen käyttökokeilujen osoitettua tervavoiteluöljyn sellaisenaankin kelpaavan automoottorien voiteluun ei napakorkeuden parantamiseen teknillisessä mittakaavassa katsottu olevan aihetta ryhtyä. Maaöljyperustaistenkin voiteluöljyjen napakorkeuden parantaminen oli jo ennen sotaa melko yleistä lisäaineita käyttäen, koska paraffiinin poistaminen öljystä tulee kalliiksi (esim. B o h r 1951).

Suorittamalla tervavoiteluöljyn uusintatilaus tulistetulla vesihöyryllä saatiin n. 25 %:n suuruinen tislauksjäännös, joka viskositeettinsa puolesta oli sopivaa sylinteriöljyksi leimahduspisteen ollessa kuitenkin melko alhainen (200 °). Samantapainen tuote saatiin myös mäntyöljyn etyyliesteristä poistamalla keveät jakeet vesihöyrytislauksella (E n k v i s t 1950). Sylinteriöljyn valmistuskokeilut päättyivät suunnistavaan vaiheeseen, ja pahin pula saatiin mm. valtion rautateiden vetureissa poistetuksi sylinteriöljyn vesiemulsion käytäntöön otolla, kuten jäljempänä toisessa yhteydessä esitetään.

Tervavoiteluöljyn käyttökokeilut

Valtakunnan liikenneverkon ja eri teollisuuksien koneistot edustavat varsin suurta kansallista pääomaa, jonka vahingoittamiseen varomattomin voitelukokeiluun ei ollut varaa. Kotimaisten voiteluöljyjen valmistuksen ehdittyä koetehdasasteelle pantiinkin kansanhuoltoviranomaisten toimesta käyntiin korvikeöljyjen järjestelmällisiä käyttökokeiluja, joita jatkettiin myöhemminkin varsinaisten tuotantolaitosten jo lähdettyä käyntiin.

Oy Tervaöljy Ab:n voiteluöljyosaston vuoden 1944 teknillisessä kertomuksessa esitettiin tervavoiteluöljyn ensimmäisistä käyttökokeiluista seuraavaa:

»Vuoden 1944 alkupuolella suoritettiin kansanhuoltoministeriön toimesta neljässä tehdaslaitoksessa voitelukokeita pelkällä tervavoiteluöljyllä. Finlayson & Co:n tehtaassa tehdyissä kokeiluissa ei tervaöljy sanottavasti muuttunut 4 kk:n koeajon aikana. Sensijaan Rauma-Rahe Oy:n tehtailla Raumalla tehdyissä kokeissa havaittiin tervaöljyn viskositeetin jo 2 viikon aikana nousseen 2,5-kertaiseksi. Pitemmässä käytössä viskositeetti jälleen pieneni jäaden n. 70 % alkuperäistä arvoa suuremmaksi. Yhtyneet Paperitehtaat Oy:n tehtailla Myllykoskella todettiin tervavoiteluöljyn viskositeetin 3-kertaistuneen 8 viikon koeajossa. Kaikki nämä kokeet tehtiin voimansiirtovalta-akselien laakereissa, joille ei havaittu tapahtuneen vaurioita öljyn paksunemisen takia. Mainitut viskositeetin paksunemat perustuvat 50 °:ssa tehtyihin määrittäyksiin, ja 100 °:ssa olikin viskositeetin suureneminen suhteellisesti lievempää. SOK:n Vaajakosken tehtailla käytettiin tervavoiteluöljyä kevytkuormaisissa kierukkavaihteistoissa, joissa öljyn paksuneminen oli vähäisempää kuin Rauman ja Myllykosken tapauksissa.

Niinikään Klingendahl Oy kokeili v. 1944 tervavoiteluöljyä tehtaassaan todeten sen menestyvän lievästi kuormitetuissa liukulaakereissa, mutta ei raskaammin rasitetuissa paikoissa. Kutomakoneisiin ei tervavoiteluöljy soveltunut, koska sen tahrat olivat kankaista vaikeasti poistettavissa. Kiertovoitelussakin mainittu yhtiö sai tervaöljystä lupaavia tuloksia.

Voiteluöljyntuojain Yhdistys ry:n teknillinen toimikunta avusti kansanhuoltoviranomaisia voitelukokeiden suunnittelussa ja suoritti itsekin eräitä käyttökokeita vuoden 1944 alkupuolella. Oy Nobel Standard Ab:n laboratorion Wülfel-laakerikojeessa tehdyssä 47 vrk:n koeajossa tervavoiteluöljyn viskositeetti nousi vain 14 %, mikä osoittaa tällaisen laboratoriokokeen liian lieväksi. Sorvien, sähkömoottorien ja separaattorien laakerien voiteluun todettiin tervaöljyn sellaisenaan sekä kivennäisöljyihin sekoitettuna hyvin kelpaavan.

Erikoisen mielenkiintoisia tuloksia saatiin autotarkastaja R. R a n n i k o n pelkällä tervavoiteluöljyllä suorittamissa automoottorin koeajoissa:

1. tervaöljy kesti korkeitakin lämpötiloja menettämättä voitelukykyään, mutta jäykistyi alle 10 °:n pakkasessa moottorin seisoessa ulkona,
2. männän renkaissa ei havaittu pikeytymistä, mutta puristustilassa ja sytytystulpissa ilmeni jonkin verran karstan muodostumista,
3. tervaöljyn kulutus oli suunnilleen sama tai pienempi kuin mineraaliöljyä käytettäessä,
4. tervaöljy tuli sakeammaksi pitempiaikaisen käytön jälkeen, mutta muuten se sekoittui hyvin alkoholibensiiniin.

Nämä kokeilut olivat lyhytaikaisia, mutta niiden perusteella voitiin jo todeta tervaöljy-sekoituksen käyttökelpoisuus polttomoottorin voiteluöljynä.»

Alustavien käyttökokemusten rohkaisemina uskallettiin ryhtyä terva- ja tervavoiteluöljyteollisuuden laajentamiseen. Vuoden 1945 aikana voitiin tervavoiteluöljyn edellä esitettyjä laatuvaatimuksia jo lieventääkin, kuten jo mainittiin.

Oy Terväöljy Ab:n aloitteesta päätettiin kevättalvella 1945 ryhtyä jatkaamaan pelkän tervavoiteluöljyn käyttökokeita automootorien voitelussa, koska oli pakko siirtyä tervaöljyn ja kivennäisöljyjen sekoitusten yleiseen käyttöön tällä alalla. Yhtiön täytyi suostua kustantamaan voiteluöljyt ajokokeisiin sekä ottamaan itselleen riski automootorien mahdollisesta vaurioitumisesta. Kokeet aloitettiin Helsingissä maaliskuun alussa, jolloin pakkasta oli vajaat 10 °. Näihin dipl.ins. K. R. J. Pekkalalla suunnittelemiin ja valvomiin ajokokeisiin osallistui 2 raskasta linjavaunua sekä 5 maitoa kuljettanutta kuorma-autoa. Todettiin suomalaisen tervavoiteluöljyn soveltuvan talvella sellaisenaan raskaaseenkin autonajoon. Tervaöljyn paksunemisen vuoksi katsottiin 2 000 km sopivaksi ajomatkaksi öljynvaihtojen välillä. Engler-asteina 100°:ssa mitattu viskositeetin paksunema oli tällöin 50—100 %. Tässä yhteydessä tehtiin kokeita myös autoissa käytetyn tervavoiteluöljyn uudelleen puhdistamiseksi tyydyttävien tuloksin. Jatkokokeissa todettiin kesälläkin voitavan ajaa linja-autoa suhteellisen ohutta automoottoriöljyä käyttäen havaitsematta kuivakitkan esiintyneen ainakaan vahingollisia seurauksia aiheuttavin määrin (Pekkala 1945).

Kun myöhemmin oli pakko varsinaisen tervavoiteluöljyn eli St-öljyn asemesta valmistaa tervan ja liuskeöljyn sekoituksesta huonompilaatuista Lt-öljyä, ei tätä voitu käyttää automoottoriöljysekoituksiin. Lt-öljyn käyttö rajoittui ns. yleisöljyn piiriin, johon lähinnä kuului ohut yleiskoneöljy tehtaita ja maanviljelyskoneita varten sekä valtion rautateiden vaunuöljy. Wülfel-laakerikokeessa Lt-öljykin antoi melko tyydyttävän tuloksen, mutta jäljempänä esitettävät valtion rautateiden käyttökokemukset olivat sen suhteen huonoja.

Tärpätti- ja mäntyöljyperustaisten voiteluöljyjen laatu

Rinnan tervaöljykokeilujen kanssa suoritettiin kansanhuoltoministeriön toimesta mm. Oulu Osakeyhtiön valmistamista tärpättipolymeraateista ja kivennäisöljyistä tehtyjen sekoitusöljyjen käyttökelpoisuuskokeita sekoitussuhteen ollessa yleensä 3:1. Erään hiomon valta-akselin laakereissa tällainen öljy paksuuntui 1 100 käyttötunnin aikana melkoisesti, mutta vaurioita ei nytkään ilmennyt. Samoin saatiin myönteisiä tuloksia käytettäessä polymeraattia poraöljyn ja painomusteen valmistukseen. Autoöljyissäkin 30 %:n sekoitusosuus

tätä tuotetta osoittautui mahdolliseksi käyttää. Myös Enso-Gutzeit Oy:n sulfaattiöljyllä ja Ab Kemi Oy:n mäntyöljyjalosteella suoritettiin eräitä onnistuneita kokeiluja. Lisäksi otettiin mainittujen teollisuusyhtiöiden omissa tehtaissa ja osittain autoissakin nämä uudet öljyjalosteet laajaperäiseen käyttöön, tärpättipolymeraatti jo vuodesta 1941 lähtien. Myös Oy Nobel Standard Ab:n laboratorion Wülfel-laakerikojeella tehtiin sulfaattisivutuotteista valmistetuilla öljyillä ajokokeita, joissa esim. viskositeetin paksuneman suhteen tulokset olivat edullisempia kuin tervaöljyn tapauksessa. Näiden kokeiden yhteydessä tehtiin myös maaöljyperustaisten ja korvikeöljyjen sekoituksista se merkittävä havainto, että viskositeetin paksuneminen oli suorastaan yllättävän hidasta. Tämä toteamus vaikutti ratkaisevasti siihen, että yleensä pyrittiin sekoituksiin eikä käytetty kotimaisia korvikeöljyjä sellaisenaan varsinaisiin voitelutarkoituksiin.

Sulfaattiselluloosatehtaiden yhteydessä toimivien voiteluöljynvalmistamojen lähdettyä kunkin vuorollaan käyntiin sovellettiin siis tervavoiteluöljyn laatuvaatimuksia myös tämän valmistuslinjan tuotteisiin aina myöhäiskesään 1946 saakka. Kansanhuoltoministeriön aloitteesta oli mainittuna kesänä, jolloin tervaöljytehtaat oli jo pysäytetty, toiminnassa erityinen asiantuntijalautakunta tehtävänä esittää näille öljyille käyttötarkoitusten edellyttämät yleisvaatimukset, joita koskevan ehdotuksen kansanhuoltoministeriö sitten marraskuussa 1946 hyväksyikin. Tämän teknillisen komitean puheenjohtajana oli dipl.ins. G. Holmqvist ja sihteerinä dipl.ins. A. A. Vuorela. Kansanhuoltoministeriön voiteluainetoimistoa edusti dipl.ins. K. R. J. Pekkala ja kotimaisia voiteluöljytehtaita dipl.ins. J. O. Murto. Komitea käsitteli laatuksymystä perusteellisesti useassa kokouksessa, joista laaditussa yhteenvetomuistiossa esitetään mm. seuraavaa.

»Kotimaisten voiteluöljyjen keskimääräinen vuotuinen käyttömahdollisuus arvioitiin seuraavasti:

1. tavallisen konerasvan valmistukseen	420 tonnia
2. pora- ja leikkuuöljyn valmistukseen	130 »
3. nahkaöljyn valmistukseen	120 »
4. villaöljyn valmistukseen	100 »
5. separaattori- ja ompelukoneöljynä	120 »
6. kaapeliöljyn valmistukseen	220 »
7. painoöljynä	160 »
8. karkaisuöljyjen valmistukseen	100 »
9. voiteluöljysekoituksiin (kork. 30 %)	500 »
yhteensä 1 870 tonnia	

Lisäksi tulee kotimaisten öljyjen mahdollinen käyttö nahkarasvojen valmistukseen ja rautateiden vaunuöljynä.

Komitea pyysi kaikista kotimaisista öljyjä valmistavista tehtaista — Kemi, Kotka ja Oulu — tyyppinäytteet öljyalaadusta, jotka olivat seuraavat:

Kemi: Wakemol KN 2,3 ja Kn 2,4
Kotka: VKO 1,5/50 ja VKO 2,0/50
Oulu: TK, TTV, MK ja MV

Saadut näytteet analysoitiin samanaikaisesti Keskuslaboratorio Oy:ssä ja Oy Nobel Standard Ab:n öljylaboratoriossa Helsingissä. Analyysituloksia toisiinsa verrattaessa todettiin, että suoritettut analyysit olivat yleensä kummankin laboratorion välillä yhtäpitäviä muutamia vähäisiä toleranssirajojen ulkopuolella olevia poikkeuksia lukuunottamatta, mitkä eivät vaikuta öljyjen yleisarvosteluun.

Esitettyjen öljyanalyysien ja -näytteiden perusteella komitea ehdottaa Kotka- ja Oulu-öljyjen analyysit ja näytteet hyväksyttäväksi minimivaatimuksiksi alempana esitetyn rajoituksen. Kemi-öljyjen kohdalla jätettiin kysymys avoimeksi odotettaessa parannettujen Kemi-öljyjen näytteitä ja niiden analyysieja.

Kotka-öljyistä laatu VKO 1,5/50 on liian ohutta, mutta laatu 2,0/50 kelpaa käytettäväksi nahkaöljyjen, villaöljyjen, poraöljyjen ja separaattoriöljyjen valmistukseen ja sekoitukseen. Öljyn väri toivotaan kuitenkin vaaleammaksi ja tasaisemmaksi. Huono jähmettymispiste rajoittaa jonkin verran tämän öljyn käyttöä.

Oulu-öljyistä laatu TK (tärpättipolymeraatti) soveltuu käytettäväksi kaapeliöljyjen, painoväriöljyjen ja nahkaöljyjen valmistukseen sekä sekoitukseen. Laatu TTV (tislattu ohut tärpättipolymeraatti) kelpaa villaöljyjen, poraöljyjen sekä separaattoriöljyjen tekoon. Laatu MK (mäntyöljyaloste) kelpaa nahkaöljyjen, villaöljyjen ja poraöljyjen valmistukseen sekä yleisvoiteluöljysekoitukseen. Laatu MV (ohuempi mäntyöljyaloste) kelpaa nahkaöljyjen, villaöljyjen ja poraöljyjen valmistukseen sekä sekoitukseen. TTV:tä lukuunottamatta ovat Oulu-öljyjen jähmettymispisteet heikonpuoleisia, varsinkin laadun MK. Määrätyissä käyttötarkoituksissa voi öljyjen lievähäkö kuivumistaipumus olla haitaksi.»

Asiantuntijalautakunnan arvostelun perusteella vahvistetuista laatuvaatimuksista esitettäköön tässä yhteydessä Oulu TK:n, Oulu MK:n ja Kotka VKO 2,0/50:n tapaukset:

	Kotka VKO	Oulu TK	Oulu MK
Leimahduspiste, Marcusson, °C	165	150	160
Viskositeetti, E ₅₀	2,0	5,5	3,7
Neutraloimisluku, DIN	0,2	0,3	0,3
Saippuoitumisluku, DIN	1,0	2,0	2,0
Polttojäännös, %	0,02	0,02	0,02
Jähmettymispiste, °C, ASTM	+ 5	— 5	+ 2
Vettä, %	0	0	0
Normaalibensiiniin liukenematonta, %	0,01	0,01	0,01

Tulkoon mainituksi, että eräät esitetyistä laatuvaatimuksista, jotka tehtaas yleensä jo näihin aikoihin pystyivät helposti täyttämään, olivat ankarampia kuin Suomen öljynstandardisoimislautakunnan kivennäisöljyille asettamat vaatimukset. Oulu-öljyt kuuluivat huomattavasti alempaan hintaluok-

kaan kuin Kotkan tehtaan laatu VKO 2,0/50, jolle oli erityisen ominaista vaalea väri. Sen jälkeen kun Kemi-öljyjen lisäpuhdistus aloitettiin Kotkassa, täyttivät nämäkin yllä esitetyn luonteiset laatuvaatimukset. Viimeisten 6—8 käytökuukauden aikana tehdyt Kemi-öljyt tulivatkin markkinoille Kotka VKO-laatussa.

On syytä tähdentää, ettei öljyn värillä ja voitelukyvyllä ole suinkaan keskinäistä riippuvuussuhdetta. Liian pitkälle viety voiteluöljyn puhdistus saattaa lisätä sen hapettuvuutta. Vaaleilla voiteluaineilla on kuitenkin se etu, että pienet mekaaniset epäpuhtaudet ovat helposti havaittavissa. On ilahduttavaa, että sulfaattiselluloosatehtaiden 1940-luvulla valmistamat kotimaiset voiteluöljytuotteet tässä suhteessa loppuaikoina saattoivat täyttää kuluttajan toivomukset.

Kotimaisten voiteluöljyjen varsinaiset käyttökokemukset

Varsinkin tervasta sekä liuskeöljyn ja tervan sekoituksesta valmistetut kotimaiset St- ja Lt-öljyalaadut pyrittiin käyttämään kivennäisöljyjen jatkeena eli näihin sekoitettuna. Yleisperiaatteena oli, että sekoitukseen pantiin vain yhtä kotimaisen öljyn tyyppiä. Tällaiset yhdistelmäöljyt valmistettiin seuraavissa sekoittamoissa:

Oy Nobel-Standard, Helsinki, Sörnäinen
Oy Vacuum Oil Company, Helsinki
Oy More Ab, Turku
Oy Suomen Öljytehdas E. Grönblom Ab, Turku
V. Kajomeri & K:ni, Messukylä
Puu- ja Öljy Oy, Helsinki, Sörnäinen
Konerasva Oy, Helsinki, Herttoniemi.

Oy Nobel Standard Ab:n sekoittamo oli näistä suurin ja öljyn vastaanotto- ja lähetyslaitteiltaan pisimmälle mekanisoitu. Kaikkiaan valmistettiin vuosien 1945—47 aikana 7 100 tonnia erilaisia korvikeöljysekoituksia.

Poltto moottoriöljyihin nähden on huomattava, että dieselvoimalaitosten ja -laivakoneiden kiertovoitelujärjestelmiin annettiin koko säännöstelyajan maaöljyperustaisia voiteluöljyjä. Kaikissa autoöljysekoituksissa, joita yhteensä tehtiin n. 4 100 tonnia, oli vähintään 50 %, mutta useimmiten 60—70 % maaöljyperustaista voiteluöljyjä. Toisena aineosana oli yleensä St-öljy tai Ruotsista lahjaksi saatu tervaperustainen Rt-öljy. Kotkan sulfaattipikijalostetta VKO:ta sekä Lt-öljyä käytettiin yhteensä vain n. 100 tonnia tähän tarkoitukseen.

Moottoriöljysekoituksilla ajettiin dipl.ins. K. R. J. Pekkalan laskelmien mukaan kaikkiaan yli miljardi kilometriä eli »enemmän kuin kolme edestakaista matkaa maasta aurinkoon». Autoissa ei sattunut varsinaisia moottorinvaurioita, jotka varmasti olisi voitu osoittaa kotimaisten voiteluöljytuotteiden käytöstä johtuneiksi. Sen sijaan oli seurauksena paljon hankaluutta ja ehkä myös moottorien liikkuvien osien ennen aikaista kulumista. Samanaikainen puukaasulla ajo teki ymmärrettäväksi, että varaosien hankintavaikeuksien väsyttämät automiehet suhtautuivat tummanpuhuviin ja tervanhajuisiin öljyihin epäillen. Moottoriöljynkorvikkeiden jähmettymispiste oli yleensä alempi kuin -10°C , mutta näille öljyille ominainen jyrkkä viskositeetin muutos aiheutti luonnollisesti käynnistämistä vaikeuksia. »Kun sitten pilkekaasuttimen imuri vei vanhasta akkumulaattorista pakkasella viimeisenkin voiman, oli usein turvauduttava hinaukseen, mikäli sellaista oli saatavissa.»

Auton voimansiirtolaitteiden ja alusten voiteluun tarvitaan voiteluaineita n. 15 % varsinaisesta moottoriöljyn tarpeesta. Tähän tarkoitukseen voitiin käyttää maaöljynjatkeita, joissa toisena aineosana oli sulfaattipiki tai maahan aikaisemmin tuotettu liuskeöljy, viimeksi mainittu joko sellaisenaan tai lievästi tislauksesta parannettuna. Kokeiltiin pelkän liuskeöljynkin käyttöä auton vaihdelaatikoissa, mutta tällöin saattoi ilmetä häiriöitä jouduttaessa lisäämään sulfaattipikisäilyttäviä vaihteistoöljyjä. Liuskeöljyperustaisia vaihteistoöljyjä valmisti Oy Vate Tampereella. Auton alustarasvoja valmistsivat öljyntuonti-likkeet itse käyttämällä raaka-aineena maaöljyä ja korvikeöljyä sekä sulfaattipikeä. Laadultaan ne eivät luonnollisesti vastanneet rauhanaikaisia sitkeitä ja kuivumattomia erikoisalustarasvoja, joilla rasvausväli voidaan huoletta pidentää 1500 ajokilometriin ilman kuivakitkan vaaraa. Autojen yleiskunnolle tärkeässä alustarasvauksessa tapahtuu normaaliaikanaakin valitettavan paljon laiminlyöntejä.

Teollisuuden ja maatalouden yleisvoiteluöljyissä käytettiin 25–27 %:n osuuksina kaikkia kotimaisia korvikeöljyjä ja sekä puhdistettua että raakajalosteista ruotsalaista tervaöljyä. Näitä sekoituksia esiintyi kaikkiaan 16 eri laatua. Lisäksi tehtiin vielä erikoissekoituksia vaativampia käyttötarkoituksia varten. Tämän erikoisluokan öljyjen kulutus nousi kriisin aikana n. 150 tonniin kuukaudessa. Näissä erikoissekoituksissa saavutti Enso-Gutzeit Oy:n valmistama VKO-laatu vaalean ulkonäkönsä ja lievän hajunsa vuoksi kuluttajapiirien suosiota.

Turpiinivoimakoneiden ja paperikoneiden kiertovoitelujärjestelmät saivat koko ajan täydennykseen sekoittamatonta maaöljyalostetta, mutta niiden oli yleensä tultava toimeen ilman öljynvaihtoa. Myös teollisuuslaitosten koteloidut tarkkuushammasvaihteet, joissa samaa voiteluöljyä voidaan käyttää usein vuosikausiakin, voideltiin puhtain maaöljyalostein.

Korvikeöljyjen käyttöön täytyi juuri pahimman pulan aikana siirtyä varsin jyrkästi, ja niinpä mm. metalliteollisuuden kaikki työkonet joutuivat korvikeyleisvoiteluöljyn varaan. Vaikeuksia esiintyi tällöin erityisesti eräiden kursojen ja isojen karusellisorvien ohuissa kiertovoiteluputkistoissa. Tällaisissa tapauksissa voitiin kuitenkin useimmiten palata puhtaan maaöljyalosteen käyttöön.

Pora-, leikkuu- ja karkaisuöljyjä, joiden kuukautinen kulutus oli n. 15 tonnia, tehtiin kohtalaisen menestyksekkäästi melkein yksinomaan kotimaisista raaka-aineista. Poikkeuksen muodosti lähinnä leikkuuöljy, jota sattumalta oli maassa suurehkoja määriä varastoituna.

Poraöljyn perusaineena olivat ohuet tärpähti- ja mäntyöljyperustaiset öljyt, kuten Oulu MK, TK, TTV ja TMV, VKO 2,0/50 ja Wakemol KN₃. Poraöljyjä valmistsivat Konerasva Oy, Oy Nobel-Standard Ab, Oy Suomen Öljytehdas E. Grönbloom, Sarvis Oy ja Oy Vacuum Oil Company. Muutamien valmistajien valitettiin aluksi ruostuttavan metallipintoja, mutta erästä laadusta antoivat Oy Lokomo ja Valtion Lentokonetehtaat lausunnon, että se täysin korvaa aikaisemmin käytetyt ulkomaiset poraöljyt muodostaen veden kanssa pysyvän 2,5-%:sen emulsion.

Karkaisuöljyiksi käytettiin useita kotimaisia voiteluöljyalaatuja ja yleisvoiteluöljysekoituksia. Valituksia esiintyi vähäisessä määrin, mutta esim. yhtään tulipalaa ei niiden käytöstä tietävästi aiheutunut. Kotimaisia öljyjä käytettiin leikkuuöljysekoituksiin, kuten edellä jo todettiin, vähäisessä määrin, mutta hyvällä menestyksellä.

Tekstiiliöljyjen alalla ilmeni kotimaisia tuotteita käyttämään ryhtyessä melkoisia vaikeuksia, mutta lopulta onnistuttiin tämän ala suurelta osalta valloittamaan. Villaöljyn tarve oli n. 10 tonnia/kk, ja rauhan aikana oli villan kustutukseen totuttu käyttämään oleiinia n. 10-%:sena emulsiona. Sota-aikana siirryttiin muiden aineiden, kuten saksalaisen servital-tuotteen käyttöön, ja näin tultiin toimeen yhtä hyvin kuin oleiinilla. Senkin saannin loputtua tehtiin yhä laimeampia emulsioita, ja lopulta siirryttiin pelkän vesikostutuksen käyttöön. Tällöin kehruuhäviö kuitenkin arveluttavasti suureni, karstanahat kärsivät ja pölyäminen teki työn vaikeaksi. Pelkästä mäntyöljystä valmistetulla villaöljyllä saatiin huonoja tuloksia liian nopean kuivumisen ja pikeentymisen johdosta. Seurauksena oli tällöin karstanahekkojen herkkä pilaantuminen ja karstapiikkien löystyminen ja pikainen kuluminen. Pikeentynyt öljy kasaantui karstauskoneen harson jakoremmiin ja housunahkoihin etulangan epätasaisuutta edistäen ja karstalangon käyttöarvoa näin arveluttavasti alentaen. Samanlaisia häiriöitä ilmeni kehruurukeissa, ja tekstiilikoneiden puhdistukseen kului siten aikaa kaksin kerroin entiseen verrattuna. Vaikka villatehtaat siirtyivät kolmivuorotyöhön, tuotanto

hädin tuskin pysyi aikaisemman kaksivuorotyön tasolla. Korvikevillaöljyn aiheuttama langan lisähäviö oli n. 3 %.

Tilanteen ollessa näin vaikea onnistui dipl.ins. E. Walden Kemin öljytehtaalla kehittämään uuden kotimaisen emulgoituvan villaöljylaadun Wakemol KRN₂. Eräiden muidenkin kotimaisten voiteluöljytehtaiden ryhdyttyä valmistamaan samanveroisia villaöljylaatuja hieman myöhemmin saatiin villaöljykysymys verrattain nopeasti täysin tyydyttävään ratkaisuun.

Tekstiiliteollisuuden varsinaisista voitelupulmista oli vaikeimpia kampa-lankakehruun selfaktorikoneiden n. 6 000-minuuttikierroksisten väärtinöiden voitelu, johon saatiin ratkaisu kotkalaisen VKO-öljylaadun ilmestyttyä markkinoille. Eräissä kuluttajan lausunnossa sanottiin tästä öljystä seuraavaa: »Väärtinäöljy VKO 3/20 sopii nopeakierroksisienkin väärtinäakseliin voiteluun. Tämä öljy soveltuu sukkakoneiden neulojen ja platinoiden voiteluun pysyen monta päivää liukkaana. Niinikään se liukenee helposti pois ennen värjäystä suoritettavassa keittämisessä.»

Nahkaöljyjen kuukausitarve oli sekin n. 10 tonnia. Ensimmäisenä siirtyi kotimaisten öljyjen käyttöön Oulun kaupungissa sijaitseva Veljekset Åström Oy:n nahkatehdas. Nahkaöljyksi ruvettiinkin antamaan sen jälkeen yksinomaan kotimaisia öljyjä, joiden suhteen ei käyttövaikeuksia tullut ainkaan kansanhuoltoministeriön voiteluainetoimiston tietoon.

Kaapeliöljyä tarvittiin sodan päätyttyä erittäin tähdellisesti, sillä sotakorvausvelvoitteisiin sisältyi ensimmäisenä toimitusvuotena n. 10 %:n osuus kaapeleita. Kaapeleiden eristysöljyksi oli rauhanaikana käytetty yksinomaan suodatettua, korkealaatuista sylinteriöljyä. Koska sitä oli kuitenkin maassa v. 1944 aivan pienet varastot ja sen tarve erinäisiin voitelutarkoituksiin oli väistämätön välttämättömyys, oltiin todella vaikeassa tilanteessa. Pelastuksen toi kuitenkin Konerasva Oy:n toimitusjohtajan eversti O. Harlalden ja saman toiminimen tekn. johtajan fil.tri Ch. Gustafssonin kehittämä ja patentoima uudentyyppinen kaapelineristysöljy (1949), johon käytettiin raaka-aineina Oulu Osakeyhtiön valmistamaa tärpättipolymeraattia ja Enso-Gutzeit Oy:n Kotkan tehtaissa tehtyä mäntyöljyhartsia (Gustafsson 1947). Sähköisiltä ominaisuuksiltaan uusi tuote osoittautui jopa paremmaksi kuin suodatettu sylinteriöljy, »bright stock». Kaapeliöljyn tarve oli näihin aikoihin n. 20 tonnia/kk.

Valtion rautateiden vaunuöljy muodosti huomattavan osan koko valtakunnan voiteluöljynkulutuksessa, sillä sitä tarvittiin n. 130 tonnia/kk. Näin suuren voiteluöljyntarpeen tyydyttäminen tuotti vv. 1945–46 suuria vaikeuksia. Maaöljyperustaiset voiteluöljyihän oli pääasiassa varattava voimalaitoksia, muita vaativia teollisuuskoneistoja ja autoliikennettä varten, joten ei kerta kaikkiaan voitu ajatella edes sekoitettujen öljyjen käyttöä taval-

lisena vaunuöljynä, vaikka suuri osa tästä käytetään sinänsä melkoisten »voimalaitosten», veturien, voiteluun höyrysylinteriä kuitenkin lukuun ottamatta.

Vaunuöljytilanne valtion rautateiden varikoilla muodostui aika ajoin erittäin kriittiseksi varaston vastatessa usein vain vajaan viikon tai kahden käyttöä. Tilanne oli niin tiukka, että Heinolassa, Seinäjoella ja Kemissä valmistuva öljy suoraan säiliövaunuissa puhelimitse ohjattiin aina sille varikolle, jossa hätä oli suurin. Eniten toimitettiin jo edellä heikoimmaksi kotimaiseksi voiteluöljyksi mainittua Lt-öljyä, mutta myös Oulu MK- ja Wakemol KN₃-laatuja käytettiin jonkin verran. Rauhan aikana valtion rautateiden vaunuöljyn laatuvaatimus edellytti, että öljyssä sai olla korkeintaan 0,3 % normaali-bensiiniin liukenematonta jaetta. Kun tämä jae Lt-öljyssä nousi 1–2 %:iin, on itse asiassa luonnollista, että melko herkästi pikeentyvä ja lisäksi helposti hapettava sekä myös pieniviskoosinen Lt-öljy aiheutti rautateiden käytössä aika paljon häiriöitä. Sitä osoittavat eräät otteet varikkoinsoorien senaikaisista kirjelmistä.

»Vaunuöljyn suuri kulutus johtuu siitä, että tervaöljyllä ja sekoitetulla vaunuöljyllä on voideytimiä polttava ja tukkeava vaikutus. Ytimet menevät aivan muutamissa päivissä niin huonoon kuntoon, että voitelu loppuu kokonaan. Tällaisella varikolla on kevästä lähtien ollut mies, joka on kunnostanut voitelulaitteita edes tyydyttävän voiteluvarmuuden saavuttamiseksi.»

»Nykyinen niin sanoitu tervaöljy on jäykkyydeltään liian vaihtelevaa. Kesäkuumuudessa se ei tahdo pysyä laakerissa ja talvella se taas pikeentyy. Männenvarren tiivisteet eivät tahdo millään kestää voiteluöljyn huonouden ja riittämättömyyden vuoksi joutuen näin uusittaviksi jopa yhdenkin matkan jälkeen.»

»Vaunuöljyn ylikulutus aiheutuu suurelta osalta tervaöljyn käytöstä, joka nimenomaan elokuussa oli yleistä. Se aiheutti vetureille lukuisia kuumanakäyntejä, joten jouduttiin tavallista runsaammin käyttämään varaöljyjä. Moniaita tapauksia sattui, että veturi joutui tästä syystä palaamaan lähiasemilta varikolle korjaukseen.»

»Mainittu tervaöljy on lämpöisenä aikana liiaksi norjaa, puhumattakaan sen voitelu-arvosta. Samalla sillä on se paha ominaisuus, että se liuottaa nykyisen sillavoittoisen imusyöttölangan. Vielä on tervaöljyllä se haitallinen ominaisuus, että lämpöisenäkin vuoden aikana, jolloin imulankoja liikasyötön ehkäisemiseksi pitäisi lisätä ja näin tehdä syöttölangat imureikiin tiukemmiksi, kerääntyy niihin jo yhdellä matkalla pikimäistä kuonaa estäen syötön kokonaan. Samantapaista kuonaa kerääntyy myöskin veturien ja tenderien pyörien laakerien voitelupesäkkeisiin, jotka pitää usein kokonaan tyhjentää tästä kuonasta.»

Syyskuussa 1944 oli valtion rautateiden suorittama koko vetomatka 3,9 milj. km ja sitä seuraavana vuonna vajaan 10 % pienempi. Ajomatkan vähenemisestä huolimatta oli öljyn kulutus vuoden 1945 syyskuussa sylinteriöljyn osalta n. 5 ja vaunuöljyn osalta 12,5 tonnia suurempi. Ajokilometriä kohti sylinteriöljyn kulutus kasvoi 34 ja vaunuöljyn osalta 22 %. V. 1944 käytettiin vielä pelkkää maaöljyjalostetta vaunuöljynä, kun taas seuraavana vuonna Lt-öljy oli pääasiallinen vaunuöljy.

Kun Neuvostoliitosta oli onnistuttu saamaan vaunuöljyä, luovuttiin kotimaisten vaunuöljyjen käytöstä mahdollisimman nopeasti. Itse asiassahan Lt-öljyn laadun heikkous oli seurauksena ulkomailta tuodun liuskeöljyn käytöstä tervan jatkeena, johon menettelyyn oli pakko mennä äärimmäisessä hädässä. Kun tuhannet kansalaiset joutuivat rautateillä matkustaessaan oma-kohtaisesti näkemään laakerihäiriön vuoksi suoritettuja matkustajavaunujen irtikytkentöjä junista, joutui varsinainen kotimainen voiteluöljy näin kärsimään tavallaan ansiotontakin arvostelua. Sivulla 222 esitetty eräiden sulfaattiselluloosatehtaiden sivutuotteista tehtyjen öljyjen analyysiasetelmahan osoittaa, että mainitut kotimaiset öljyt sisälsivät normaalibensiiniin liukenematonta jaetta vain 0,01 %. Siinä suhteessa ne olivat siis maaöljyjalosteiden veroisia. Samoin oli pelkästä tervasta tehty St-öljyalaatu aivan eri luokkaa kuin Lt-öljy. Vaikka ikävyökyksiä ja vahinkoja sattui rautateiden toiminnassa tämän tuotteen vuoksi paljon, on kuitenkin todettava, että liikenne saatiin vaikeana aikana hoidetuksi. Valtakunnan maaöljyjalosteiden varastot olisivat rautateillä käytettäessä kuluneet loppuun aivan lyhyessä ajassa.

Voitelurasvoja käytetään meillä kuten muuallakin kahta eri pääläatua, halvempaa konerasvaa ja kalliimpaa kuulalaakerivaseliinia. Edellisten kulutus oli nyt puheena olevana aikana n. 50 tonnia ja jälkimmäisen n. 15 tonnia/kk. Kuulalaakerirasva valmistettiin koko ajan maaöljyjalosteista, konerasva sen sijaan kokonaan kotimaisista öljyistä käyttämällä rasvan teossa tarvittavan saippuan raaka-aineena niin ikään kotimaista tuotetta, tislattua mäntyöljyä. Kotimaisista öljyistä olivat konerasvan raaka-aineena etualalla Oulun ja Kemin tehtaiden tärpähti- ja mäntyöljyjalosteet, kun sen sijaan St- ja Lt-öljyjä käytettiin hyvin rajoitetusti tähän tarkoitukseen.

Oulun TTV-öljystä ja Kotkan VKO-öljystä tehdyt konerasvat olivat kauniin vaaleita ja pääsivät tämän perusteella rasvatuotteinakin kuluttajapiirien erityiseen suosioon. Suomessa valmistivat kotimaisia konerasvoja Kone-rasva Oy, Suomen Öljytehdas E. Grönblom ja Oy Vacuum Oil Company Ab. Kaikilla näillä oli kokemusta konerasvan valmistuksesta jo siltä ajalta, jolloin raaka-aineina käytettiin maaöljyjalosteita ja talia. Kuulalaakerirasvan kulutus pyrki jossain määrin kasvamaan konerasvan kustannuksella, koska siihen käytettiin edelleen raaka-aineena maaöljytuotetta. Kotimaisista raaka-aineista tehdyissä konerasvoissa täytyi käyttää yksinomaan natronperustaista saippuaa, sillä kalsiumsaippuaperustaisten konerasvojen teko ei onnistunut. Kun edellinen ei kestänyt vettä, täytyi veden kanssa kosketuksiin joutuvien laakerien voiteluun jonkin verran käyttää kuulalaakerirasvaa. Itse asiassahan rasvan voitelukyvyyn määrää siinä oleva voiteluöljy, ja lisäyksenä olevan saippuan tehtävänä on pysyttää öljy paremmin voitelukohdassa.

Kun eräiden kotimaisten öljyjen laatu vaihteli melkoisesti, tapahtui konerasvojen valmistus niiden kovuuteen nähden usein »sormikokeen» perusteella, koska kaikilla valmistajilla ei ollut rasvojen kovuusmittaria eli penetrometriä käytettävissä. Valmistetun konerasvan ASTM-kovuus oli yleensä n. 250 tuoreena mitattuna, mutta varastoitaessa rasva pyrki kovenemaan niin, että kuukauden kuluttua uppouma saattoi olla jo 200. Kotimaisten rasvojen tippumispiste oli 110–160 °C. Eräissä tehtaassa käytettiin keittopadan lisäksi rasvan vaivauslaitteita. Eräissä tapauksissa sekoitettiin rasvasekoitukseen myös vahoja mäntyöljysaippuan ja kotimaisen öljyn lisäksi. Rasvojen kuljetus- ja varastointiasioina käytettiin vaneriasiatioita, jotka olivat jo ennen sotaaakin yleisiä. Erikoismenettelyin saatiin sattuneet harmilliset astiavuodot estetyiksi.

Kotimaisen öljyn lukuisista muista käyttötarkoituksista mainittakoon vielä eräitä. Muuntajaöljynä ei niiden käyttö oikein tahtonut luonnistua huonon hapenkestävyyden ja sopimattoman jähmettymispisteen vuoksi. Sen sijaan käytettiin varsinkin kotkalaista VKO-laattaa menestyksellisesti tehdarakennusten sisällä olevien sähkömoottorien öljykäynnistimissä.

Sisävesialusten ja osaksi merelläkin kulkevien laivojen mäntähöyrykoneiden laakeriöljyiksi käytettiin yleisvoiteluöljysekoituksia sen jälkeen, kun naurisöljyllä ja traanilla rasvoitettujen maaöljyjalosteiden käytöstä oli luovuttava.

VKO-öljyn erikoiskäyttöistä mainittakoon vielä käsiseparaattorien ja ompelukoneiden voitelut, kun taas Oulun vaaleista tärpähtipolymeraateista tehtiin suurehko koe-erä lääkevaseliinia, jonka laatua ei kylläkään ehditty kehittää täysin tyydyttäväksi. Niin ikään käytettiin Oulu-öljyjä vuosikausia Oy Arabia Ab:n tehtaalla Turussa porsliinimassassa mäntyöljyn ohella. Samoin soveltuivat kotimaiset öljyt mainiosti tiilitehtaiden muottiöljyksi sekä vuoraus-huovan tekoon.

Voiteluaineiden säästämistoimenpiteet

Edellä on esitetty joukko kansanhuoltoministeriön voiteluainetoimiston keräämiä tietoja kotimaisten voiteluöljyjen käyttökokemuksista. Kun mainitun toimiston tehtäviin kuului myös valtakunnan voiteluainetilanteen helpottaminen öljyn säästöä edistävien toimenpiteiden muodossa, mainittakoon täältäkin alalta eräitä pikku kokemuksia.

Jo ennen sotaa oli suuremmissa tehdaslaitoksissa järjestetty erikoinen voiteluöljynhuolto, jossa järkipäisen öljyn laadunvalinnan ohella oli kiinnitetty huomiota myös käytetyn öljyn talteenottoon, sen puhdistukseen ja uudelleen käyttöön. Eräissä tapauksissa oli puhdistetun jäteöljyn osuus niin saatu nousemaan jopa 25 %:iin koko voiteluöljynkulutuksesta. Pulan aikana tällaista toimintaa tietysti tehostettiin (Jensen 1945), ja lisäksi siirryttiin usein öljyä säästävien kuula- ja rullalaakerien käyttöön niin kauan kuin näitä oli saatavissa. Myöhemmin oli joskus pakko menetellä päinvastoin. Voitiinpa toisinaan pysäyttää jokin tehtaan toiminnalle vähemmän tärkeä konekin ja säästää näin sekä voiteluöljyä että käyttöenergiaa.

Eräs tällainen tapaus oli sulfaattiselluloosatehtaiden tankomyllyjauhien käytöstä jättö, joka on sodan jälkeenkin jäänyt pysyväiseksi toimenpiteeksi, osaksi tehokkaampiin konerakenteisiin pyrkimisen vuoksi. Sahateollisuuden alalta voidaan mainita myös eräs öljynsäätöesimerkki. Veitsiluoto Oy:n sahan ylimestari, teknikko M. Valtari suunnitteli näet kehäsahan öljynsäätölaatikon, jota käytettäessä öljyn kulutus aleni 90 %. Kun pulan aikana kehäsahojen laakerivoiteluun käytettiin maassa noin 50 tonnia voiteluöljyä/kk, on selvää, että tällaisella menetelmällä voisi olla merkitystä normaaliaikanaan. Uusissa raamirakenteissahan tosin käytetään jo rullalaakerisovituksia.

Käytetyn automoottoriöljyn talteenottoon ja uudelleen käyttökelpoiseksi puhdistamiseen kiinnittivät eräät öljynmyyntiliikkeet kiitettävää huomiota. Moottoriöljyalalla Suomessa saaduista merkittävistä tuloksista antaa havainnollisen kuvan seuraava pieni asetelma:

	moottori- öljyn kulutus, tonnia	moottori- öljyä puhdistettu, tonnia	puhdistetun öljyn osuus kulutuksessa, %
vuonna 1944	3 311	741	22,4
» 1945	2 691	513	19,0
» 1946	4 226	354	8,3
» 1947	5 943	274	4,6

Valtion rautateiden sylinteriöljyjen tarjousohjeiden mukaan laatuvaatimukset olivat 1930-luvulla seuraavanlaiset:

»Öljyn tulee olla suodatettua, sekoittamatonta mineraaliöljyä, juoksevaa + 10 °C:ssa. Se ei saa sisältää vettä, mineraalihappoja, alkaaleja eikä muita epäpuhtauksia.

Öljyn tulee täyttää seuraavat erikoismääräykset:

	sylinteri- öljy tavallinen	sylinteri- öljy tulistaja
Liekitsemispiste (avonainen kuppi)	ei alle 270 °C	ei alle 320 °C
Viskositeetti, 100 °C (Engler)	» » 4,0	» » 5,5
Kovaa asfalttia	» yli 0,2 %	» yli 0,2 %

Vähintään 1 litran suuruinen näyte on annettava tarjouksen ohella taikka mieluummin toimitettava jo ennen tarjouksen tekoa.»

Kuten jo aikaisemmin esitettiin, eivät suunnistavat tutkimukset kotimaisen sylinteriöljyn valmistamiseksi ehtineet johtaa myönteiseen tulokseen. Sen sijaan Saksassa jo edellisen maailmansodan aikana tunnetun sylinteriöljyn vesiemulsion käytäntöön otto vaikutti ratkaisevasti tämän erikoispulman selvittelyyn. Ensinnä siirtyivät emulsion käyttöön valtion rautatiet, ja sittemmin kuluttajat velvoitettiin sitä voimassa olleen öljynsäätölaatikon merkeissä käyttämään kaikissa maamäntähöyrykoneissa. Sylinteriöljyn emulsion valmistuslaitteet hankittiin Helsingin, Kouvolan ja Seinäjoen rautatievarikoille. Lisäksi sitä valmistivat Konerasva Oy, Oy Nobel Standard Ab ja Oy Vacuum Oil Company Ab.

Kokeet aloitettiin valtion rautateiden konepajassa Helsingissä, ja kemistiasiantuntijana avusti kokeiluja niiden alkuvaiheessa tri-ins. A. Sundgren. Emulsion valmistusresepti oli seuraavanlainen:

vettä	70	litraa
märkähöyrysylinteriöljyä	70	»
värttinäöljyä	3	»
montaanivahaa	0,6	kg

Ohjeen mukainen vahaerä liuotettiin ensin n. 80 °C:n lämpötilassa yhteen kiloon sylinteriöljyä. Tämä liuos lisättiin sitten sylinteri- ja värttinäöljyoseokseen, jonka lämpötila oli 60 °C. Samaan lämpötilaan saatettu vesiannos pantiin emulgointikojeseen, jonka potkurisekoin pantiin pyörimään. Mainittu öljyosio annosteltiin sitten kuumana tasaisesti n. 10 minuutin aikana veden joukkoon. Koko emulsioseoksen lämpötila pysytettiin höyrylämmityksin edelleen 50–60 °C:ssa, ja sekoitin sai pyöriä, kunnes emulsio oli valmista tunnin kuluttua öljyoseoksen lisäämisen alkamishetkestä lukien.

Aluksi esiintyi epäilyksiä leimahduspisteeltään n. 270 °C:isesta sylinteriöljystä tehdyn emulsion käyttömahdollisuuksista tulistimellisissa veturihöyrykoneissa. Monista vetureista poistettiin tulistinputkia höyryn lämpötilan alentamiseksi 300 °C:seen. Myöhemmin havaittiin tämä toimenpide tarpeettomaksi, ja samaa sylinteriöljyemulsiota käytettiin sittemmin kivihiililämmitteissä Ukko Pekka -pikajunan vetureissakin, joissa höyryn lämpötila oli 350 °C.

Kaikkien veturien siirryttyä vähitellen emulsiosylinteriöljyn käyttöön oli näin saatu huomattava säästö aikaan. Valtionrautateiden sylinteriöljyn kuukausikulutus oli näet n. 20 tonnia, kun koko maan muu sylinteriöljyntarve oli tähän verrattuna kaksinkertainen. Mitään vaurioita ei tiettävästi vetureille aiheutunut emulsion käytöstä, joskin itse emulsion valmistus ja paksun puolijuoksevan aineen käsittely talvella oli hankalaa. Talviolosuhteissa saattoivat myös vesi ja öljy erottua toisistaan, jos emulsio jäätty ja sitten uudelleen sulatettiin. Värttinäöljynä käytettiin sylinteriöljyemulsioidin kotimaisia Kemin ja Kotkan öljytehtaan tuotteita.

Toisin kuin poraöljyemulsio on sylinteriöljyemulsio ns. »vettä öljyssä»-emulsio, jonka viskositeetti on suurempi kuin alkuperäisen öljyn. Siihen voi lisätä öljyä haitatta ja emulsion särkymättä. Emulsiossa olevan veden höyrystyessä kuumilla sylinterin seinämällä lämpötila ilmeisesti alenee paikallisesti. Näin voidaan leimahduspisteeltään suhteellisen alhaisellakin sylinteriöljyllä tulla toimeen höyrykoneissa, joissa muutoin tyydyttävä voitelu on saatu aikaan vain käyttämällä korkean tulistuslämpötilan edellyttämää erikoissylinteriöljyä.

Maahöyrykoneissa ei emulsiota käytettäessä ilmennyt valituksia erästä makaavaa venttiilihöyrykonetta lukuun ottamatta, jossa renkaat pikeytyivät kiinni aiheuttaen kahdesti parin viikon pysäyksen. Tässäkään tapauksessa ei lopullisesti saatu varmuutta siitä, että emulsion käyttö olisi ollut häiriön aiheuttaja.

Lopuksi voidaan mainita, että useat konemestarit halusivat edelleen käyttää emulsiota, kun sen käytöstä tilanteen helpottuessa luovuttiin.

X Kotimaisen voiteluöljyteollisuuden lopettamisvaiheet

Öljynkorvikkeiden valmistuksen talous

Jotta käsitys mäntypuumme pihkan käytöstä voiteluöljyn raaka-aineeksi muodostuisi täydelliseksi ja jotta ko. teollisuuden lopettamistoimenpiteiden jyrkkyys saisi luontevan perustelun, on lyhyesti selvitettävä myös korvikeöljyjen valmistuksen kustannuspuolta. Tutkimuksen alkupuolella on osoitettu, miten tervan hintaa jouduttiin korottamaan sitä mukaa kuin Suomen markka aleni arvossaan ja yleiset hintaindeksit vastaavasti kohosivat. Niinpä myös tervavoiteluöljyn kilohinta, joksi vielä Hangon koetehdasta suunniteltaessa uumoiltiin 38 mk, jouduttiin lopulta korottamaan yli 100 mk:n. Tervan suuri osuus siitä tehdyn öljyn hinnassa käy nim. ilmi Oy Petko Ab:n syksyllä 1945 hinnanvahvistusta varten laatimasta kustannuslaskelmasta, joka esitetään tässä sadanneksellisenä erittelynä:

suoranaiset valmistuskustannukset

raaka-aineet	osuus %	yhteensä %
terva rahteineen ja mittahäviöineen	64	
valmistuskemikaalit	1	
polttoaine ja sähköenergia	5,5	
käyttötöypalkat, insinööri, työnjohtaja ja 25 työntekijää	3	
koneiston korjaus	1,5	
öljyastioiden vuokra ja korjaus	0,5	75,5
yleiskustannukset		
hankinta- ja käyttöpääomankorko (6,5 %)	1	
hankintapääoman kuoletus (12 kk)	10	
valmistuslisenssi	1	
lomat ja vakuutukset	0,5	
toimisto-, myynti- ja hallintokustannukset	2	14,5
voitto		10,0
kaikki yhteensä		100,0 %

Tätä laskelmaa laadittaessa oli tervakilon hinta uusien tervatehtaiden osalta vielä kuoletuksineen 25 mk, joten tervan laskettiin rautatie- ja auto-rahteineen sekä huonojen kuljetustynnyrien pakollisesta käyttämisestä aiheutuvin mittahäviöineen tulevan maksamaan Viralan jalostamoon tuotuna 27 mk/kg. Marraskuussa 1945 toimeenpantu tervanhinnan ja kuoletuserän korotus merkitsi kilohintaan noin 9 mk:n lisäystä. Siitä lähtien muodostui tervan osuus öljyn valmistuskustannuksissa vielä suuremmaksi kuin edellä on esitetty. Liuskeöljyn kilohinta oli alle 10 mk:n, ja sen käytöllä tervan jatkeena saatiinkin valmistetun öljyn hinnan nousua huomattavasti jarrutetuksi.

Oma mielenkiintonsa on varmaankin myös vastaavanlaisella sulfaattiselluloosateollisuuden sivutuotteista tehtyjen öljynkorvikkeiden valmistuskustannusten tarkastelulla. Vahvistettaessa Oulu Osakeyhtiön raakamäntyöljynjalostamon valmistamien MV- ja MK-öljyjen tuottajan hintaa oli mainitun yhtiön esittämän hinnanlaskelman sadanneksellinen kokoomus seuraava:

suoranaiset valmistuskustannukset

raaka-aineet	osuus %	yhteensä %
raakamäntyöljy, rautakatalyytti ja natronlipeä ...	50	
sähköenergia, höyry ja halot	9	
käyttötöypalkat, insinööri, työnjohtaja ja 12 työntekijää	10	
koneiston korjaus	4	
öljyastioiden paikkaus ja raaka-aineidenmittahäviöt	2	75,0

yleiskustannukset

lisärakennuksen pääomakustannukset	1	
koneistopääoman korko ja kuoletus	10	
valmistuslisenssi	1	
tutkimustyö	3	
lomat ja vakuutukset	1	
talousmenot, hallinto- ja konttorikustannukset	4	20,0
voitto		5,0
kaikki yhteensä		100,0 %

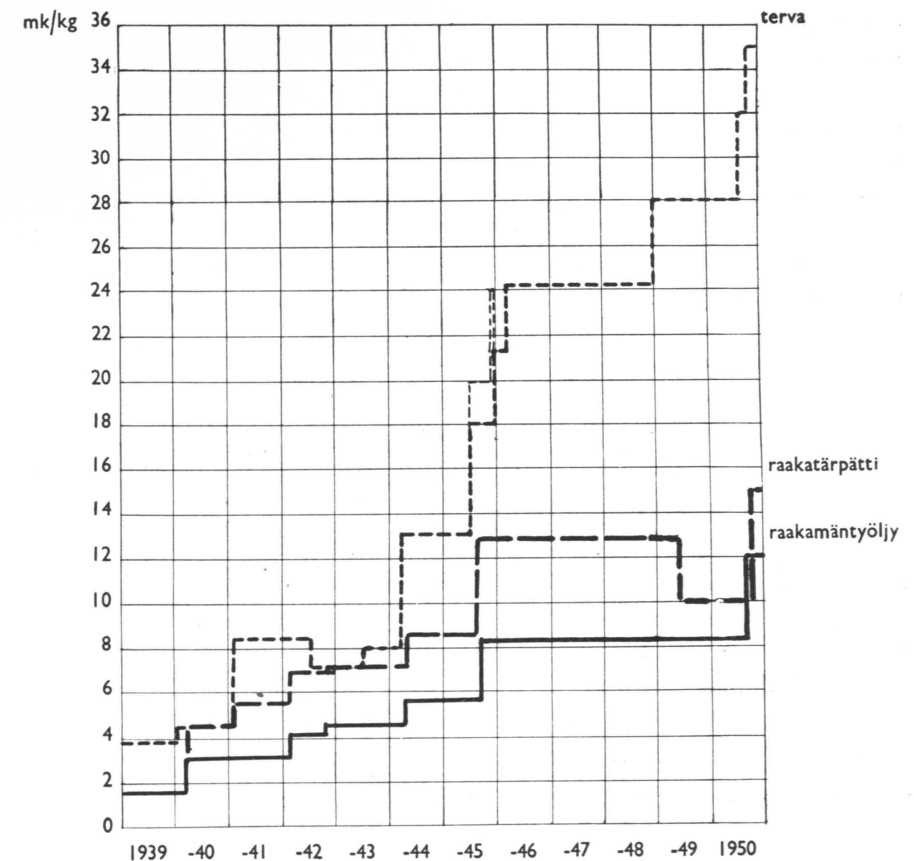
Verrattaessa tätä erittelyä tervavoiteluöljyn valmistuskustannusten laskelmaan havaitaan raaka-aineen osuus huomattavasti pienemmäksi. Kuvan 59

esityksen perusteella on ymmärrettävissä, että Oulun tehtaan öljytuotteille vahvistettu hinta oli vajaat puolet tervavoiteluöljyn hinnasta. Oulun mäntyöljynjalostamon sähköenergian, höyryn ja halkojen kustannusosuus oli merkittävän suuri, mikä johtui osaksi siitä, ettei kojeiston pääosa ollut varsinaisesti voiteluöljyn tekoa silmällä pitäen suunniteltu. Joka tapauksessa voitaneen tehdyn rinnastelun perusteella todeta, että tervavoiteluöljytehtaiden voima- ja lämpötalous oli itse asiassa kohtalaisen hyvä, vaikka sillä linjallakaan ei tehdastuksen lyhyden vuoksi voitu kehittää valmistustekniikkaa tässä mielessä mallikelpoiselle tasolle.

Oulun mäntyöljynjalostamon koneistonkorjausten kalleus johtui mäntyöljyn tervaan verrattuna voimakkaammin syövyttävästä vaikutuksesta. Työpalkkojen osuus on taas ymmärrettävissä tehtaan tuotannon pienuudesta johtuvaksi. Vaikka Oulu Osakeyhtiölle tavallaan myönnettiin valmistuslissensistä 50 %:n alennus, oli tämä kustannusosuus öljyvalmisteen hinnassa kuitenkin sama kuin tervaöljytehtaissa öljyn myyntihinnan huomattavan alemmuuden seurauksena.

Lisenssimaksun lisäksi oli Oulun mäntyöljynjalostamolla huomattavia tutkimuskustannuksia, sillä tehdyn öljyn laatua täytyi pyrkiä omin voimin parantamaan. Valmistustekniikan ja tuotteiden laadun kehittämiseen näin käytetty yhteensä 3 %:n kustannusosuus ei sinänsä ollut erityisen suuri tehtaan pienuuden huomioon ottaen, jos ajatellaan esimerkiksi USA:n ja Neuvostoliiton suurien ja eteenpäin pyrkivien kemiallisten teollisuuksien tutkimustarkoituksiin käyttämien varojen suuruutta (esim. Stevenson 1949). Yleensä väitetään tutkimustyön niissä nielevän 1–5 % teollisuuden liikevaihtotuloksesta. Tähän katsoen tuntuu myös tervaöljyteollisuuden keskitettyyn tutkimustyöhön uhrattujen varojen suuruusluokka varsin kohtuulliselta, normaaliaikaa ajatellen suorastaan liian vähäiseltä.

Maamme tuonti- ja vientimahdollisuuksien avauduttua sekä valuutta-, luotto- ja kauppasopimusneuvottelujen johdettua tuloksiin näytti vuosien 1945 ja 1946 vaihteessa todennäköiseltä, että jo seuraavan avovesikauden alkamisen jälkeen voitaisiin jatkuvasti maahan tuoda valtakunnan tarpeet täyttävät määrät maaöljyperustaisia voiteluaineita. Kansanhuoltoministeriön puu- ja polttoainelosaston toimesta ryhdyttiin hahmottelemaan kotimaisen voiteluöljyteollisuuden toiminnan lopettamisen suuntaviivoja (Murto 1945 b; vrt. Lärinkari 1946). Liuskeöljyä tiedettiin voitavan luovuttaa tervaöljytehtaiden raaka-aineeksi vain vuoden 1946 ensimmäisen neljänneksen käyntiin, joten siitä lähtien raaka-aineeksi olisi voitu käyttää yksinomaan kantotervaa, jonka tuotanto näihin aikoihin alkoi saavuttaa huippunsa, runsaat 500 tonnia/kk. Kun tervaöljytehtaat tarvitsivat täydellä vauhdilla käytäkseen tervaa yli 800 tonnia/kk, oli siis jonkin tervaöljytehtaan toiminnan



Kuva 59. Tervan ja sulfaattiselluloosatehtaiden sivutuotteiden hintojen kehitys.

Fig. 59. Development of prices of tar and sulphate pulp mill byproducts.

lopettaminen jo tästäkin syystä pian oleva edessä. Kotimainen terva-voiteluöljy olisi tehtaiden täyden kuoletuksen jälkeen tullut maksamaan 12 kertaa niin paljon kuin tuontivoiteluöljy.

Näissä olosuhteissa joutuivat valtiovalta ja Oy Tervaöljy Ab yhtäkkiä niiden vaikeiden pulmien ja ratkaisujen eteen, joihin tervateollisuudelle ja korviketeollisuudelle pula-ajan pakosta annettujen takeiden ennenaikainen selvittely antoi aiheen. Suunniteltaessa v. 1944 tervateollisuuden laajentamista ja siihen perustuvan öljyteollisuuden perustamista ei kukaan voinut sanoa, milloin tulevaisuudessa taas voidaan maan voiteluainehuolto hoitaa ulkomaisen kaupan merkeissä. Kuten aikaisemmin jo on esitetty, oli silloisissa

laskelmissa tähdittävä noin 2—3 vuoden toimintaan. Vaikeata oli myös hoitaa tervatehtaiden perustamispääoman kuoletusta kovin lyhyessä ajassa.

Muuttuneesta tilanteesta aiheutuneet valtiovallan toimenpiteet jakaantuivat kolmeen eri pääryhmään. Ensinnäkin oli kotimaisten voiteluöljytehtaiden tuotanto pysäytettävä. Toiseksi piti kantotervatehtaiden tuotanto supistaa normaalimenekkiä vastaavalle tasolle. Kolmanneksi oli valtiovallan koetettava edistää kotimaisten voiteluöljyjen ja niitä sisältävien voiteluaineseoktusten käyttöä niiden loppumiseen saakka. Kaikki nämä toimenpiteet kietoutuivat läheisesti toisiinsa.

Voiteluöljytehtaiden tuotannon lopettaminen

Tervavoiteluöljytehtaat vaikuttivat suuren valmistuskykynsä johdosta eniten tilanteeseen. Niiden ehdittyä olla siihen mennessä sentään pitempään käynnissä kuin useimpien sulfaattisivutuotteiden jalostamojen oli kuoleutakin saatu suoritetuksi jo suurin osa vuoden 1945 loppuun mennessä, joten tervaöljytehtaiden pysäyttäminen seuraavan vuoden alkupuoliskon aikana oli sinänsä mahdollista.

Ensimmäisenä sai Puukemia Oy kansanhuoltoministeriöltä 12. 2. 1946 päivätyssä kirjelmässä kehotuksen panna voiteluöljytehtaansa seisomaan maaliskuun loppuun mennessä. Toimenpidettä perusteltiin seuraavasti:

»Sitten kun kauppasuhteet Yhdysvaltoihin on saatu järjestetyksi ja solmittujen kauppasopimuksien puitteissa on nyt mahdollista tuoda ulkomailta riittävät määrät kivennäisvoiteluöljyjä, on tilanne maan voiteluainehuoltoon nähden ratkaisevasti muuttunut. Kotimaisten terva- ja liusketervaöljyjen suhteellisesti erittäin korkean omakustannushinnan ynnä muiden asiaan vaikuttavien seikkojen johdosta olisi syytä ensi tilassa luopua niiden käytöstä. Näin ollen on edellämäinittujen öljyjen valmistus lopetettava mahdollisimman pian sen jälkeen, kun asianomaisten tuotantolaitosten perustamiskustannukset on kuoleutettu kansanhuoltoministeriön vahvistamien kuoleutusperiaatteiden mukaisesti. Tervaöljyä ja etenkin liusketervaöljyä tulee vielä valmistuvat määrät huomioonottaen kertymään niin runsaasti varastoon, että niiden sekoittamista kivennäisvoiteluöljyihin on kuitenkin jatkettava pitemmän ajan, joten öljy-yhtiöt eivät enää voi vastaanottaa suurempia määriä.

Koska yhtiönne tervaöljytehdas on tullut kokonaan kuoleutetuksi jo viime vuoden loppuun mennessä, niin kansanhuoltoministeriö, ylläolevaan viitaten, esittää toivomuksenaan, että terva- ja liusketervaöljyn valmistus kysymyksessä olevalla tehtaallanne lopetettaisiin viimeistään maaliskuun viimeisenä päivänä.

Mainittakoon vielä, että tervaöljyteollisuudelle varattua liuskeöljyä, kiinteiden polttoainesten välttävän puutteen takia, on otettu käyttöön muihin tarkoituksiin, joten kaikkien tervaöljytehtaiden raaka-ainentarpeen tyydyttäminen lähitulevaisuudessa tuottaisi suuria vaikeuksia.»

Oy Kanter Ab sai 28. 2. 1946 vastaavanlaisen kehotuksen tuotannon lopettamiseksi huhtikuun loppuun mennessä. Heinolan tehtaalla lopetettiin siten öljynteko määräaikana, mutta sattuneen tulipalon johdosta sai Seinäjoen tehdas luvan käydä toukokuun viimeiseen päivään saakka saadakseen kuoleutuksen täyteen määräänsä. Suomen Forsiitti-Dynamiitti Oy:n ja Oy Petko Ab:n tehtaat saivat nekin vastaavasti jatkaa toimintaansa toukokuun loppuun ja kesäkuun puoliväliin asti, jolloin ne tulivat loppuun kuoleutetuiksi. Viimeksi mainittu tehdashan olikin aloittanut toimintansa viimeisenä ja tuli näin olleeksi toiminnassa vain 10 kk.

Kaikki tervaöljytehtaat saatiin siis erikoistoimenpiteitä kuoleutetuksi ennen tuotannon lopettamista, kiitos sen, että niiden tuotteiden myyntihintalaskelmiin oli voitu sisällyttää perustamispääomien kuoleuttaminen poikkeuksellisen lyhyessä ajassa. Kokonaisuudessaan tervaöljytehtaiden perustamiskustannukset olivat vain 35—40 milj. mk, ja näiden nopea kuoleutus merkitsi 10—15 %:n lisäystä öljyn omakustannushinnoissa. Tervaöljytehtaiden toiminnan äkillinen lopettaminen ei siis aiheuttanut valtiolle eikä Oy Tervaöljy Ab:lle mitään suoranaisia taloudellisia tappioita. Kotimaisille voiteluöljytehtaille ei koskaan annettu toiminta-ajan pituudesta kirjallisia takeita, vaan ne toimivat tässä suhteessa omistajiensa omalla riskillä. Näin ollen oli valtiovallalla ja Oy Tervaöljy Ab:llä vain moraalinen velvollisuus hoitaa asiat niin, etteivät nämä maan voiteluöljynhuollon vaikeimman vaiheen pelastajat kärsineet yritteliäissään toiminnassaan tappiota.

Sulfaattiseluloosateollisuuden sivutuotteista voiteluöljyä valmistavien tehtaiden kuoleutus oli huomattavasti vaikeampi hoitaa loppuun saakka, vaikka näidenkään tehdasyhtiöiden kanssa ei tässä mielessä ollut tehty mitään sopimuksia. Varsinkin raakamäntyöljyä jalostavat tehtaat olivat aloittaneet toimintansa niin myöhään, että ne voitiin saada täysin kuoleutetuksi vasta vuoden 1947 puolella. Kansanhuoltoministeriön hintaosasto sovelsi nimittäin sulfaattitärpätti- ja mäntyöljyperustaisiin öljytehtaisiin hiukan toisia periaatteita kuin tervaöljytehtaisiin. Niinpä sallittiin edellisten kohdalla vain 5 %:n voittoisuus öljyn omakustannuslaskelmissa, ja kuoleutuksiin nähden oli kaksi käyntivuotta hyväksytty minimi. Vaikka voiteluöljyjen sekoituspakko oli lieventämättä voimassa, ilmaantui kesällä 1946 muuttuneiden olosuhteiden johdosta öljynmyyntiliikkeiden piirissä haluttomuutta jatkaa kotimaisten voiteluöljyjen ostoa. Tämä vastahakoisuus johtui lähinnä siitä, että öljy-yhtiöt pelkäsivät voiteluaineiden myyntihintojen alentamista. Korvikeöljyjen myynti oli näet mahdollistettu hinnan tasauksen avulla. Mikäli viranomaiset olisivat kotimaisen öljyntuotannon supistuttua pienentäneet hinnantasausta tai jopa kokonaan sen poistaneet, tuontivoiteluöljyjen hintojen perusteella uudet jakelumyyntihinnat vahvistaen, olisivat öljynmyyntiliikkeet joutuneet kärsi-

mään huomattavan tappion varastoimiensa voiteluaineiden osalta, joihin hinnantasausta oli jo sovellettu.

Muistakaan syistä ei tänä ajankohtana katsottu vielä olevan aiheellista kokonaan lopettaa kotimaista voiteluöljyn tekoa. Öljyntuontiliikkeiden ilmoitettua kykenemättömyytensä ottaa vastaan korvikeöljyjä ja kestää näistä mahdollisesti aiheutuvaa vahingon vaaraa oli valtiovallan taholta pakko antaa näille liikkeille tietyt takeet, joiden suojassa öljyliikkeet suostuivat jatkamaan Kemin, Kotkan ja Oulun voiteluöljytehtaiden tuotteiden vastaanottoa vuoden eteenpäin, varsinkin kun samalla periaatteessa sovittiin, että mainittujen tehtaiden öljytuotteille asetetaan siihenastisia ankarammat laatuvaatimukset. Keväällä 1947, jolloin voiteluöljyjen varastotilanteen parannuttua alustavasti suunniteltiin voiteluaineiden vapauttamista jakelunsäännöstelystä, oli jälkimäinen edellä mainituista öljynmyyntiliikkeille annetuista takeista käytännössä ainoana esteenä. Tämänkin esteen poistamiseksi täytyi ensin saada kotimaisten öljyjen lisääntyminen jakeluliikkeiden varastoihin tyrehtymään. Nyt katsottiinkin jo mainittujen öljytehtaiden perustamiskustannusten tulleen kuoletuksi ja valtiovallan moraalisten velvoitusten myös näin täyttyneen. Kansanhuoltoministeriö antoi 2. 5. 47 päivätyllä kirjelmällään näille tehtaille toiminnan lopettamiskehotuksen:

»Mahdollistaakseen sulfaattiselluloosateollisuuden sivutuotteita raaka-aineena käyttävien kotimaisten voiteluöljytehtaiden tuotteiden myynnin vielä noin kuluvan vuoden puoliväliin saakka kansanhuoltoministeriö antoi kesäkuussa 1946 öljyntuontiliikkeille takuun siitä, että voiteluaineiden säännöstelyä ylläpidetään ainakin niin kauan, kunnes kotimaiset öljytuotteet ja niitä sisältävät voiteluaineet on toimitettu edelleen kulutukseen Öljyntuontikunta r:n ja sen jäsenliikkeiden varastoista. Samalla ministeriö sitoutui lunastamaan siirryttäessä kokonaan puhtaiden kivennäisöljyjen käyttöön öljyntuontiliikkeiden varastoissa silloin vielä olevat määrät edellä mainittuja voiteluaineita.

Voiteluaineiden tuontimahdollisuuksien ja varastotilanteen parannuttua ministeriö tietenkin pyrkii voiteluaineiden vapauttamiseen kokonaan säännöstelystä mahdollisimman pian, minkä esteenä kuitenkin on edellä mainittu takuu.

Kansanhuoltoministeriö saattaa näin ollen kotimaisten voiteluöljytehtaiden tietoon, että yllä mainittujen seikkojen perusteella voidaan hyväksyä ostolupia öljyntuontiliikkeille ainoastaan 30. 6. 1947 jälkeen tapahtuvia öljytoimituksia varten ehdolla, että asianomainen ostaja vähentää vastaavan määrän ministeriölle aikanaan lunastettavaksi esitettävästä silloin öljyntuontiliikkeellä varastossaan olevasta kotimaisten öljyjen ja sekoitusten määrästä.

Ministeriö huomauttaa vielä kotimaisten voiteluöljyntuotannon jatkamiseen nähden, että kysymyksessä oleva valmistus ainakin kansantaloudellisista syistä käy kokonaan kannattamattomaksi varsinkin sellaisista raaka-aineista, joille vientimahdollisuuksien avauduttua voidaan löytää markkinoita ulkomailla. Mainittakoon, että laadultaan parhaita kotimaista voiteluöljyä paremman väärtinöljyn hankintahinta on korkeintaan mk 7: — kilolta ilman astioita cif Etelä-Suomen satama ja että näin ollen voidaan esimerkiksi viemällä ulos jonkin kotimaisen öljyerän valmistukseen tarvittava raakamäntyöljymäärä ostaa näin saadulla valuutalla moninkertainen määrä ulkolaista kivennäisöljyä.»

Tämä kirjelmä puhui kylmää totuutta, sillä parhaan kotimaisen väärtinöljyn valmistushinta oli näihin aikoihin 78 mk/kg. Edellä mainitun määräyksen perusteella öljynmyyntiliikkeet lopettivat ostonsa kotimaisilta öljytehtailta miltei heti. Koska kuitenkin voiteluaineiden myynti jälleenmyyjille oli edelleenkin sidottu pakkoon myydä osittain kotimaisia voiteluaineita, ostivat muutamat öljyliikkeet vielä heinä—syyskuun aikana pieniä kotimaisia voiteluöljyeriä voidakseen osallistua öljyn kauppaan jälleenmyyjien kanssa. Syksyn 1947 kuluessa lopettivat Kemin ja Kotkan voiteluöljytehtaat toimintansa viimeksi mainitun saadessa viimeiset varastoon kertyneet raakaöljyeränsä puhdistetuksi marraskuussa. Oulun mäntyöljynjalostamo pysäytti pyörintänsä jo touko—kesäkuun vaihteessa. Tärpättiä siellä polymeroitiin aina lokakuun alkuun saakka. Vuoden 1947 lopussa oli kotimaisten öljytehtaiden varastossa enää ainoastaan n. 80 tonnia valmiita voiteluöljyjä, ja nämä käytettiin omistajayhtiöiden muiden tehtaiden voiteluun.

Tervatehdassitoumusten selvittely

Vuoden 1943 öljylain perusteella oli kansanhuoltoministeriö myöntänyt kotimaisen kanto-tervan hinnan takuita kaikkiaan 45 tehtaalle. Tervatehtaiden kanssa tehtyjen sopimuksien puitteissa kuolettaviksi hyväksytyt perustamiskustannukset nousivat yhteensä runsaasti 108 milj. mk:aan. Tästä määrästä oli vuoden 1945 loppuun mennessä ehditty kuolettaa n. 14 milj. mk. Ottaen huomioon, että mainitun vuoden marraskuussa tervan hintaan liitetty tehtaiden kuolettuserä nostettiin 10 mk:aan kiloa kohti, olisi kuolettujen loppuun viemiseksi vuoden 1946 alusta lähtien pitänyt vielä vastaanottaa noin 9 500 tonnia tervaa. Laskien mukaan viiden vanhan tervatehtaan kanssa tehdyt sopimukset oli Oy Tervaöljy Ab sitoutunut v. 1946 ostamaan 8 000 tonnia, v. 1947 6 900 ja v. 1948 n. 900 tonnia tervaa.

Kansanhuoltoministeriön asianomaiset virastot neuvottelivat helmi-huhtikuun aikana 1946 näiden takuusitoumusten selvittämiskysymyksestä valtioneuvoston jäsenten ja hinta- sekä palkka-asioita käsitelleen ministerivaliokunnan kanssa. Lopuksi teki kansanhuoltoministeriön asianomainen esittelijä asiasta vaihtoehtoisesti seitsemän eri ratkaisuehdotusta. Ensimmäisen ehdotusryhmän mukaisesti valtio itse ei olisi kärsinyt mitään tappiota, vaan takuusitoumukset olisi pidetty voimassa, kunnes tervatehtaat tervatoimituksien kautta olisi saatu kokonaan kuolettuiksi. Tähän ryhmään kuuluneet vaihtoehdot olisivat edellyttäneet, että voiteluaineiden, tervan tai polttoöljyn kuluttajat määrätyn hinnantasauksen avulla kantaisivat tervatehtaille maksettavat kuolettuserät. Asiaa harkittaessa tultiin kuitenkin siihen tulokseen, että kansantaloudelliselta kannalta katsoen päästäisiin suhteellisen edullisesti takeista, jos valtio heti ottaisi tietyn osuuden tililleen. Niinpä valtioneuvosto tekikin 17. 4. 1946 asiassa seuraavan päätöksen:

»1. Kansanhuoltoministeriön Teollisuuden Tervatuote Oy:lle antama hintatakuusitoumus sanotaan valtion puolesta irti, ja valtio suorittaa mainitulle yhtiölle valtioneuvoston 17 päivänä helmikuuta 1944 kotimaisen kantoteravan hintatakuusta antaman päätöksen mukaisesti sen tehtaiden perustamispääoman jäljellä olevat todelliset kuolettuskustannukset, jotka nousevat arviolta 15 miljoonaa markkaan. Yhtiön hallussa irtisanomishetkellä oleva kantomäärä, noin 70 000 p-m³, ostetaan valtiolle kansanhuoltoministeriön määräämästä hinnasta ja käytetään polttopuuna valtion rautateillä tai muuhun sopivaksi katsottavaan tarkoitukseen.

2. Mikäli muut tervatehtaat, joille on annettu kantotervan hintatakuu, suostuvat myymään, valtiolle hallussaan olevat kannot, irtisanotaan myös näille tehtaille annetut takuusitoumukset ja valtio korvaa sitoumusten mukaisesti perustamispääoman jäljelläolevat todelliset kustannukset.

3. Niiden kantotervatehtaiden osalta, jotka eivät suostu edellä kohdassa 2 tarkoitettuun järjestelyyn, pidetään hintatakuusitoumukset, jollei myöhemmin toisin määrätä, edelleen voimassa siksi, kunnes niiden perustamispääomat ovat tulleet kokonaan kuoleetuksi, kuitenkin niin, ettei sitoumuksissa määrättyä takuuaikaa pidennetä ja että irtisanominen on toimitettava niin hyvissä ajoin ennen pääoman kuoleetuksi tulemistä, ettei valtio joudu vastaanottamaan tehtailta sanottavasti tervaa enää senjälkeen, kun pääoma on loppuun kuoletetu. Tervatehtaat toimittavat kantotervaa edelleenkin Oy Tervaöljy Ab:n ja tehtaiden välillä tehtyjen sopimusten mukaisesti sanotulle yhtiölle, joka voi myydä sen edelleen teollisuuslaitoksille polttoöljyksi tai toimittaa muihin tarkoituksiin käytettäväksi.

4. Jotta tervan käyttö polttoöljyksi kävisi mahdolliseksi, järjestetään hinnantasausjärjestelmä, jonka mukaan kaikki teollisuuspolttoöljyn kuluttajat maksavat noin 1 mk/kg korkeamman hinnan maahan tuotavasta teollisuuspolttoöljystä, kunnes kysymyksessä olevien kantotervatehtaiden perustamispääomat ovat tulleet hinnantakuusitoumuksen mukaisesti kuoleetuksi. Poltettavan kantotervan hinta alennetaan vastaavasti. Öljyntuontiliikkeiden tulee maksaa teollisuuspolttoöljyn myyntihinnan ja tasaushinnan välinen ero kansanhuoltoministeriön hinnantasausrahastoon, josta vastaavasti hyvitetään Oy Tervaöljy Ab:tä.

5 Kansanhuoltoministeriön asiana on huolehtia näiden määräysten täytäntöönpanosta ja tarvittavien soveltamisohjeiden antamisesta.»

Silloisten laskelmien mukaisesti edellä mainittu päätös merkitsi, että valtio joutuisi suorittamaan tervatehtaille käteisesti n. 78 milj. mk. Niin ikään valtio oli joutuva lunastamaan Oy Teollisuuden Tervatuote Ab:n tervavaraston ja Oy Tervaöljy Ab:n välityksellä vastaanottamaan vielä n. 3 000 tonnia tervaa.

Käytännössä kävi ilmi, etteivät tervatehtaat yleensä olleet halukkaita myymään tervavarastojaan. Toisaalta suostui suurin osa tehtaista sitoumuksien irtisanomiseen muutta vaaatimuksista kuin jäljellä olleiden kuoletuserien suorittaminen ja irtisanomishetkellä varastossa valmiina olleen tervan ostaminen. Tällaisilla ehdoilla kansanhuoltoministeriö irtisanoi vuoden 1946 aikana 26 tehtaan sitoumukset. Kaksi sitoumusta saatiin selvitettyksi lisäehdolla, että Oy Tervaöljy Ab vastaanotti vielä senkin tervamäärän, joka voitiin valmistaa irtisanomishetkellä tehtaiden hallussa olleista tervaksista. Vuoden 1946 aikana saatiin kahdeksan tehdasta loppuun kuoletetuksi. Yhteensä saatiin näin irtisanotuksi mainittuna vuonna 36 sitoumusta. Loput tervatehdassitoumuksista sanottiin irti syyskuun loppuun 1947 mennessä. Valtio korvasi tehtaiden jäljellä olleita kuoletuskustannuksia kaikkiaan 65,8 milj. mk:n arvosta, josta Rahkeen tervatehtaan osuus yksinään teki runsaan kolmanneksen.

Oy Tervaöljy Ab joutui siis edelleen vastaanottamaan jonkin määrän tervaa, jonka käytön suhteen päädyttiin teollisuuspoltoaineratkaisuun, jota Ruotsissakin vastaavassa tilanteessa oli paljon laajemmassa mittakaavassa jouduttu käyttämään. Tervaa poltettiin Varkauden ja Voikkaan tehtaiden höyryvoimalaitoksissa yhteensä 2 800 tonnia. Viimeinen tervälähetys tapahtui joulukuussa 1947.

Tervan muuhun käyttöön tähdätty tutkimustoiminta

Ennen kuin tervan polttamiseen ryhdyttiin, tehtiin pieni yritys löytää mahdollisuuksia kansantaloudellisesti arvokkaampaan tervan käyttötapaan. Tämä työ aloitettiin vuoden 1946 alussa Keskuslaboratorio Oy:n orgaaniskemiallisella osastolla, ja siihen osallistui 2–3 tutki-

muskemistiä laboranttipulaisineen. Tervavoiteluöljytehtaiden lopetettua kuitenkin toimintansa toinen toisensa perästä jo huhti–kesäkuussa samana vuonna jouduttiin kesäkuun lopulla suoritettussa tilanteenarvostelussa toteamaan, ettei tervan kemiallisen jatkojalostuksen kysymystä voitu näin käden käänteessä saada ratkaistuksi, koska tutkimus alkoi ilmeisesti hieman liian myöhään. Työt päätettiinkin sitten keskeyttää jo suunnistavassa vaiheessaan, ja Suomen Tervayhdistys ry:n ja Oy Tervaöljy Ab:n myöntämästä määrärahostakin käytettiin vain puolet. Tutkimusohjelmaa laadittaessa käännyttiin myös eräiden teollisuudessa toimivien, terva-alaan tiettävästi kiinnostuneiden asiantuntijoiden, mm. dipl.ins. V. V. Juvo sen, tekn.tri P. Kirjakana, dipl.ins. T. Kirkkomäen, prof. F. Klingstedtin ja tekn.tri G. Nymänin puoleen, ja näin saatiinkin eräitä mielenkiintoisia näkemyksiä esiin. Tutkimustoiminnan lyhytaikaisuuden vuoksi ei ajateltuja asiantuntijaneuvotteluja ennätetty järjestää. Tutkimustyön suoritusta johti, kuten toisessa yhteydessä jo mainittiin, fil.maist. S. Kahila.

Suurhiiltämöjen melkoisia kantovarastoja ajatellen tutkittiin hieman mahdollisuuksia muuttaa nämä hiiltämöt hartsiuuttamoiksi, koska näin ajateltiin voitavan ehkä ratkaista osittain melko arvokkaiden tehdasrakennustenkin hyväksikäyttö. Suolahden tervatehtaan hienojakeisesta kantomurskeesta saatiin parissa pistokokeessa ettylieetterillä uutetuksi pihkaa n. 30 % täyskuivaksi lasketun tervaksen painosta. Pihka oli ulkonäöltään kauniin keltaista, ja sen hartsihappopitoisuus todettiin 62,3 %:ksi. Hartsi- ja tärpättituotteiden saaliin olisi tämän perusteella voinut laskea nousevan uuttomenetelmää käytettäessä ainakin samaksi kuin mitä edellä on esitetty saaduksi tärpättipitoista tervaa saman tehtaan hiiltokokeissa. Vaikka kannonuuttoteollisuus on USA:ssa viime aikoina kehittynyt suurteollisuudeksi, ei meikäläisin pienin kantovaroin katsottu olevan syytä jatkaa kokeiluja ja suunnitella tehdasmittakaavaista tuotantolaitosta.

Varsinaisten tervantutkimusten perustaksi otettiin luontevimmalta tuntunut menetelmä, jonka alkuvaiheena olisi ollut tervan jakotislaus tavallisessa paineessa tai tyhjiössä. Tislattaessa saatiin kantotervasta aluksi keskimäärin 3–5 % tärpättijaetta ja sitten 12–16 % polttoöljyeli liuotinjaetta samaan tapaan kuin tervavoiteluöljytehtaiden pyrolyysikuennuksen ja vesihöyrytislauksen yhdistelmässä. Viimeksi mainitusta jakeesta saatiin kokeissa natronlipeäpesulla uute, josta rikkihappokäsittelyllä saatiin vapautetuksi tervafenolia 3–4 % alkuperäisen tervan painosta. Nämä määrältään sinänsä vähäiset tervafenolit osoittautuivat alkolilakan-, muovijauheen- ja lysolinkorvikkeiden käyttökelpoisiksi raaka-aineiksi. Tervan tärpättijae olisi luultavasti tislauksjalostusta käytettäessä yhdistettävä muun hiiltotärpätin joukkoon.

Yli 300 °C:n lämpötilassa kiehuva tervan »öljyjaettahan» saadaan, kuten aikaisemmin jo mainittiin hyvästä suomalaisesta kantotervasta 50–60 % (300–360 °C). Tässä öljyjakeessa on noin 60 % neutraalia ainetta, josta suuri osa on erilaisia hydroreteenejä. Muusta osasta on noin neljännes rasvahappoja ja loput sidottuja ja vapaita hartsihappoja, joista sopivin katalyyttisin kuennuksin voidaan saada reteeniä. Niinpä tehtiinkin muutamia alustavia reteenin valmistuskokeita, joissa optimisaalis saatiin käytettäessä katalyyttinä 10 % rikkiä tervan painosta. 30–40 %:n tuloksin saatu raakareteeni oli hyvin epäpuhdasta, ja täysipitoista tuotetta laskettiin saatavan vain 10 % alkuperäisen tervan painosta eli 20 % öljyjakeesta. Rikkipitoisten sivutuotteiden hyväksikäyttö jäi tässä yhteydessä suureksi kysymysmerkiksi. Reteeniä ajateltiin voitavan käyttää lähinnä tekstiilien, paperien ym. imeyttämisineena, sillä se tekee tuotteen miellyttävän notkeaksi sen sijaan, että esim. paraffinoitu paperi on merkitävän jäykkää. Reteenin käyttömuotoja kehittäi tekn.tri R. Vuori.

Öljyjakeesta tehtiin myös eräitä esterijalosteita, joista osalla oli lakkateollisuuden silloisia

tarpeita ajatelleen lupaavia kuivuvien öljyjen ominaisuuksia. Tuotteet olisivat kuitenkin tulleet hyvin kalliiksi.

Tervan tislauksessa jäännöksenä saatavan pien käytön keksiminen osoittautui hyvin vaikeaksi, sillä siitä tehtyjen eristyspien ja metallilakkojen säänkestävyys oli heikko, joskin liuskeöljypikilisäyksiin hieman parannettavissa.

Raakahiiltotäpätin kokoomustakin tutkittiin alustavasti jalostusmahdollisuuksien esille saamiseksi. Sen varsinainen terpeenipitoisuus oli useissa tapauksissa vajaat 50 %, mikä tekee ymmärrettäväksi siitä saatavan puhtaan täpätin saaliin vähäisyyden. Tervafenolien tapaisia yhdisteitä oli siinä n. 6—7 %. Osa näistä aineista tislautuu vesihöyryllä, mutta osa jää vesihöyrytislauksen jätteeseen, joka tunnetaan vanhastaan nimellä pikiöljy. Tämä ei puolestaan alustavissa kokeissa näyttänyt soveltuvan muuhun kuin laivapien valmistukseen.

Kustannuslaskelmia suoritettaessa todettiin, että tervasta edellä hahmoteltuun tapaan eroteltujen, jatkojalostuksen kohteeksi hieman paremmin soveltuvien kemiallisten komponenttien valmistuskustannukset olisivat muodostuneet isohkossa keskustislaamolaitoksessakin niin suuriksi, ettei katsottu kannattavuudelle olevan riittäviä edellytyksiä olemassa. Osoittautui välttämättömäksi käyttää suurella vaivalla pystytetyn tervateollisuuden tuotannosta merkittävä erä teollisuuden polttoaineena.

Suoritettu tervanjalostuksen suunnistava tutkimus lieene joka tapauksessa ollut paikallaan, sillä antaneehan se varteenotettavia vihjeitä kantoterva-alan mahdollisuuksia harkittaessa. Tervan kemiallisen jalostuksen kannattamattomuus tuntuu ilmeiseltä otettaessa huomioon, että huomattavasti halvempien raakamäntyöljy- ja sulfaattitäpätituotteidenkin tulevaisuuden turvaamiseksi on jatkuvasti ponnella tehtävä tutkimustyötä. Menekin puutteessa käyttivät useat USA:n sulfaattitehtaat ainakin pari vuotta sitten täpätinsä polttoaineena. Samoin on ollut kotimaisen mäntyöljyjen suhteen asian laita. Mainittakoon, että kantotervan vienti oli 300 tonnia v. 1947 ja 450 tonnia v. 1948. Kotimaan myyntiä ja pien valmistukseen toimitettiin näinä vuosina 2560 ja 1606 tonnia tervaa. V. 1950 vietiin tervaa ulkomaille sen sijaan 1300 tonnia kotimaan kulutuksen ollessa vain 400 tonnia (Anon. 1951 a). Tervan kysynnän kasvu on johtunut sen käytöstä pehmittimenä autorenkaiden valmistuksessa.

Voiteluöljyjen jakelunsäännöstelyn lopettaminen

Huhtikuun lopussa 1946, jolloin tervaöljytehtaat olivat jo osaksi lopettaneet toimintansa, oli öljyntuontiliikkeiden ja kotimaisten voiteluöljytehtaiden varastoissa yhteensä n. 1700 tonnia kotimaista öljyä ja n. 1200 tonnia kotimaista öljyä sisältäviä voiteluainesekeituksia. Silloista vielä täydellistä voiteluaineiden jakelunsäännöstelyä jatkettiin öljyntuontiliikkeille annettujen takeiden pakottamana. Maan huoltotilanne voiteluaineiden suhteen ei siinä vaiheessa myöskään vielä sallinut vapaampiin muotoihin siirtymistä. Säännöstelymääräyksien puitteissa yritettiin mahdollisimman laajassa mitassa saada korvikeöljyt sijoitetuksi jo edellä eriteltyihin erikoistarkoituksiin, joissa ne jonkin verran heikommista laatuominaisuuksistaan huolimatta kuitenkin saattoivat täyttää tehtävänsä. V. 1946 oli voiteluöljyjen käyttö jo huomatta-

vasti runsaampaa kuin edellisenä vuonna, ja niiden kulutus olikin jo lähes 12 000 tonnia. Tärkeimmät käyttötarkoitukset olivat seuraavan suuruiset:

sulfaattisivutuoteöljyjen erikoiskäytöt	1 800	tonnia
yleiskoneöljyjen maaöljyjalosteessa ...	1 200	»
moottoriöljyt	4 200	»
vaihteistoöljyt	200	»
turbiini-, kiertovoitelu- ym. öljyt	400	»
muuntajaöljy	500	»
tavalliset sylinteriöljyt	600	»
erikoissylinteriöljyt (tulist. höyry)	600	»
valtion rautateiden vaunuöljy	2 400	»

yhteensä 11 900 tonnia

Tällaisen kulutusohjelman puitteissa saatiin kotimaisten öljyjen varastot vuoden 1946 loppuun mennessä hupenemaan n. 1 000 tonniin ja sekoitusten määrä alle 800 tonnin.

Alkusyksystä 1946 lopetettiin kotimaisten öljyjen sekoituspakko moottoriöljyjen osalta, joten lokakuun puolivälistä lähtien öljyntuontiliikkeet saivat ostolupia ja kuponkeja vastaan luovuttaa kuluttajille ja jälleenmyyjille alkuperäisiä ja yksinomaan maaöljyjalosteista sekoitettuja moottoriöljyjä.

Keväällä 1947 katsottiin tilanne jo niin hyväksi, että valtioneuvoston 22. 5. 1947 tekemällä päätöksellä kuponkisäännöstely lopetettiin ja pienkuluttajat vapautettiin näin jakelunsäännöstelystä.

Öljyntuontiliikkeiden varastoissa olevat voiteluaineet olivat kuitenkin edelleen takavarikossa, joten viranomaiset saattoivat jatkuvasti säännöstelyn puitteissa ohjata korvikeöljyjä sellaiseen käyttöön, jossa niitä koneistoa vahingoittamatta voitiin käyttää.

Vuoden 1947 lopussa oli öljy-yhtiöiden varastoissa jäljellä ainoastaan 270 tonnia korvikevoiteluaineita, ja tästä määrästä oli rasvoja runsaat 10 tonnia. Koska tämä jäännöserä oli siis jo huomattavasti pienempi kuin takuusitoumuksen edellyttämä enimmäismäärä 500 tonnia, kansanhuoltoministeriö suostui öljyntuontiliikkeiden esitykseen, jonka mukaan valtio lunasti 100 tonnia omaan käyttöönsä. Öljyntuontiliikkeet luopuivat kaikista muista vaatimuksistaan kotimaisten öljyjen suhteen.

Valtiovalta oli siis vuoden 1948 alussa jo kaikin puolin täyttänyt takuusitoumuksensa ja muut velvollisuudet kantotervatehtaita, kotimaisia voiteluöljytehtaita ja öljyntuontiliikkeitä kohtaan. Kun voiteluaineiden varastotilanne sitä paitsi oli huoltosuhdanteisiin katsoen kohtalaisen hyvä, lakkautettiin voiteluaineiden jakelunsäännöstely valtioneuvoston päätöksellä kokonaan 15 päivästä helmikuuta 1948 lähtien.

XI. Päätekatsaus

1940-luvulla kansainvälisessä kaupassa sattunut häiriö pakotti runsas-metsäisen Suomen valitsemaan mäntypuun pihkan voiteluöljyn raaka-aineeksi. Tätä poikkeuksellista metsä- ja puuteknologista toimintaa omaksi rakennelmaksi muokattaessa ja sitä kriittisesti läpikäytessä on tutkimusta kehitelty puunkäyttöopin soveltamien metodien mukaisesti. Ensin on käsitelty varsinaisen raaka-aineen synty ja ominaisuudet, sitten raaka-aineen hankinta metsästä ja pihkan talteenotto siitä. Näin saatujen välituotteiden ominaisuudet on selvitelty sekä sen jälkeen ko. jalostusteollisuus ja sen teknilliset erikoispiirteet. Koottua tietoa on vielä täydennetty esittämällä loppuvalmisteiden markkinointi- ja käyttöominaisuudet.

Tutkimus on rakennettu suurelta osalta 1940-luvun tutkimusten, kokeusten ja näkemysten varaan. Esitys on jaoteltu kymmeneen katkelmaan, jotka on pantu seuraamaan toisiaan pääasiassa aikajärjestyksessä. 1940-luvun puitteista on poikettu eritoten pihkan ynnä tervaskantojen syntyä ja tervasten sekä tervan teon varhaisvaiheita kirjallisuudesta esiin poimittaessa.

Tarkasteltaessa kotimaisen voiteluöljyn valmistusta II maailmansodan jälkeisen pulan aikana on noudatettu myös puun kasvun pääsuuntaa. On esitetty ensin kannonaluksen ja kannon, sitten rungon pihkan talteenotto ja jalostus. On kuvattu pihkan ja voiteluöljyn merkeissä koko mäntypuu juurista latvukseen ja neulasiin saakka.

Päätteeksi on luotava tavanomainen kokoava katsaus tutkimuksen tärkeimpiin tuloksiin ja rinnan sen kanssa — tulevaisuutta ajatellen — rakennettava työn antamat herätteet pieneksi ehjäksi kokonaisuudeksi. On löydettävä nykyisen metsäbiologisen tietämyksen valossa loogillisia hypoteeseja fysiologisen pihkan rikastumiselle mäntypuun tiettyihin osiin. Tämän jälkeen on alustavasti luonnosteltava pihkamännyn kasvatusmahdollisuuksia Suomen metsissä. Edelleen on männyn pihkan talteenottotavan valinnalle saatava teknilliset ja taloudelliset perusteet ajateltaessa sen käyttöä voiteluöljyn raaka-aineena. On myös aivan lyhyesti käsiteltävä maaöljyn syntyhypoteeseja sekä sen jalostustekniikan piirteitä. Maaöljyalan tietämyksen sovellutusmahdolli-

Männyn pihkan synteesi ja pihkakkaan puukudoksen synty

Pihkan aineosien otaksutaan syntyvän mäntypuussa polysakkaridien sivutuotteena eli assimilatioon liittyvän eritteen muodostuksen tuloksena. Kun fotosynteesin tutkimus on eritoten USA:ssa tätä nykyä voimakkaassa kehitysvaiheessa, on mahdollista saada lähivuosina lisävalaisua myös hartsihappojen ja terpeenien biogeneesiin. Niin ikään selvinnee näiden aineiden ns. kanta-ainehypoteesien merkitys. Toistaiseksi antavat kuitenkin isopreeni- ja fytoliväliasteolettamukset ymmärtämispohjaa mainittujen pihka-aineiden kemialliselle tutkimukselle. Kasvifysiologien tutkimukset ovat myös osoittaneet, että terpeniyhdisteiden synty on ainakin osaksi vuorokauden pimeän ajan tapahtuma, kun taas tärkkelys syntyy auringon valossa. Pihkan kemialliselta rakenteeltaan hydroaromaattisten aineosien, hartsihappojen ja terpeenien, syntyä selvitellessä olisi syytä entistä enemmän kiinnittää huomiota rasvahappojen eikä siis yksinomaan hiilihydraattien rinnakkaiseen muodostumiseen. Esiintyvähän kasvien vararavintona pidetyt rasvahapot runkopuun pihkasoluissa ja runkopuusta saadussa mäntyöljyssä rinnan terpeenien ja hartsihappojen kanssa. Hiilivedyistä on lähinnä vain C_{10} -terpeenejä valmiina männyn pihkassa, kun taas hydroaromaattiset C_{20} -yhdisteet ovat yleensä hapettuneet hartsihappoasteelle. Edellisiä voidaan polymeroida voiteluöljyn korvikkeiksi, mutta jälkimmäisiä lähtöaineena käytettäessä on suoritettava lähinnä dekarboksylointi. Pihkan koostumukselle ominainen on sen aineosien kemiallinen tyydyttämättömyys, jonka poistamisessa on tietysti lisävaivaa valmistettaessa niistä kuivumattomia voiteluöljyjä, varsinkin kun samalla on vältettävä eräiden haitallisten reaktioiden mukaantuloa.

Pihkan on todettu esiintyvän mäntypuun eri osissa vaihtelevin määrin eikä tälle ilmiölle ole toistaiseksi esitetty biologisia perusteita. Erityisesti kiintyy huomio pihka-aineiden rikastumiseen männyn kannonaluksen ja latvukseen. Kasvien kasvussa on luonteenomainen piirre niiden tiettyjen osien hakeutuminen pystysuoraan asentoon, mitä ominaisuutta nimitetään ortotrooppisuudeksi. Tyypillisiä ortotrooppisia puukasvin osia ovat sen pääjuuri ja pääverso, joista edellisen sanotaan myös olevan positiivisesti geotrooppinen eli maahakuinen, jälkimmäisen taas maapakoinen. Männyn ja kuusen päärun-

gosta lähtevien oksien esitetään olevan suurin piirtein poikittain geotrooppisia (Collander 1947) eli plagiotrooppisia, kun sen sijaan ensi luokan juurenhaarat ovat vinottain geotrooppisia. Wegelius on mitannut Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen Ruotsinkylän koealueella eri metsätyypeillä (OT, MT, VT ja kuusikorpi) kuusen oksien haarautumiskulmia ja todennut näiden suurentuvan eli oksien painuvan alaspäin puun iän kasvaessa (1939, s. 70). Vaakasuurassa asennossa oksat olivat aivan nuorissa, 1–20-vuotiaissa näreissä. Latvarungossa voitaisiin näin ehkä sanoa useimmiten esiintyvän sekä negatiivista että vinottaista geotrooppisuutta, kannonaluksessa taas kolmen laatuista eli positiivista, vinottaista ja negatiivista geotrooppisuutta. Yksinkertaisuuden vuoksi nimitettäköön tällaista kasvun suuntaan nähden sekavaa olotilaa molemmissa tapauksissa ortoplagentrooppisuudeksi. »Rungon maanalainen osa» eli kannonalus ja sen oksainen latvus ovat ilmeisesti siis puukasvin sellaisia osia, joissa ortoplagentrooppisuutta esiintyy. Näyttää siltä, että tällaisessa tavallaan sairaustilassa olevassa mäntypuun osassa biosynteesi ohjautuu hartsihappojen ja terpeenien syntyä suosivaan suuntaan. Erittäin selvästi ilmiö tulee esiin rungon sisässä olevassa oksanosassa, jolle suomen kielessä ei vielä ole omaa nimitystä erotukseksi neulasia tai lehtiä kantavasta oksasta. Useiden tutkijoiden mukaan »sisäoksa» on varsin pihkakas (vrt. kuva 46). Samoin voidaan olettaa kannonaluksen juurten liittymäkohtien olevan erityisen pihkakkaita, todennäköisesti mäntypuun eniten pihkaa sisältäviä osia.

Ortoplagentrooppisuuden aiheuttama pihkaisuuden lisääntyminen tulee ymmärrettäväksi, kun ajatellaan, että puukasvin on suorastaan pakko synnyttää edellä jo mainittua (kts. sivu 38) trakeidaaliparenkyymisolukkoa täyttääkseen sillä ortotrooppisten ja plagiotrooppisten kudossosiansa yhtymäkohtiin muuten jääviä koloja. Eihän näet rungon ortotrooppinen trakeidi tai oksan plagiotrooppinen trakeidi tietysti mielellään heti syntyessään edes asetu luonnottomaan asentoon. Näin on käsitettävissä esim. sisäoksan ympäröivän »hitaussaumaa» muistuttava rakenne. Kun syntyy siis paljon parenkyymisoluja, niin on ymmärrettävissä myös pihkan runsas muodostuminen. Mikäpä näet saisi esim. männyn juuri tässä tilanteessa luopumaan perinnöllisestä ominaisuudestaan muodostaa parenkyymisoluihistaan aina tietty jae pihkasoluiksi?

Vielä voidaan mainita, että ortotrooppisuuden ja plagiotrooppisuuden yhdistelmää esiintyy visakoivussa ja visamännnyssä, kuten jo niiden kudossyiden kiharasta suuntauksesta voidaan havaita. Molemmissa näissä »degeneroituneissa» rotupuissa on pihka-aineiden määrä epänormaalin suuri, eritoten jälkimmäisessä. Visamännyn pihkapitoisuuden on eetteriuutteenä määritettynä todettu voivan nousta yli 50 paino-%:n¹.

¹ Maat- ja metsät. kand. J. I t k o s e n tiedonannon mukaan.

Olisi mielenkiintoista tutkia pihka-aineiden jakaantumista männyn ja kuusen eri osiin ortoplagentrooppisuuteen perustuvan hypoteesin valossa.

Muitakin olettamuksia voidaan esittää esim. männynrunгон alatyven pihkakkuuden selitystä haettaessa. Jos valaistusolosuhteet vaikuttavat pihka-aineiden syntyyn (vrt. s.vu 36), on lähellä ajatus, että rungon alaosaan, joka ei saa valoa niin paljon kuin vähäpihkaiseksi tiedetty keskirunko, syntyy biosynteesin sivutuotteita enemmän. Männyn tyven suhteellisen paksun mannon eli toisin sanoen tyven voimakkaan paksuuskasvun voisi ajatella aiheuttavan pihka-aineiden suurta rikastumista tyven sydämkudokseen, vaikka niitä syntyisi biosynteesissä aina vain tietty osuus. Tyvessä on myös epänormaalin paksu kuori, joka mm. vähentää veden haihtumista, vaimentaa hengitystä ja pimentää nilan kloro- ja leukoplastien olotilaa näin ehkä samalla muuttaen biosynteesiä pihkan syntyä suosivaan suuntaan. Tyvi on lisäksi alttiina tuulen taivutusrasitukselle, jonka useat tutkijat ovat olettaneet rikkovan jättä ja synnyttävän patologisia pihkaerittymiä puukudokseen. Samoin on oksien runkoliittymäkohtien laita, joissa myös lumikuormalla lienee pihkan syntyä edistävää vaikutusta. Lämpösuhteiden vaikutus biotosynteesin erilaisuuteen ilmenee rungon etelä- ja pohjoiskyljen erilaisena pihkapitoisuutena.

Pohdittaessa maaperän vaikutusta männyn kannonaluksen pihkaisuuteen voidaan etsiä hypoteeseille tukea myös puiden juuriston selvittelyistä. Monet metsänhoidon, maaperäopin ja metsäbiologian edustajamme, mm. Blomqvist, Cajander, Heikinheimo, Aaltonen, Kokkonen, Laitakari, Kujala, Kalela ja Mikola, ovat luonnollisesti kiinnittäneet puiden juuristoon huomiota. Mielenkiintoisia ovat Laitakarin juurimorfologisessa väitöskirjatutkimuksessaan tekemät havainnot suomalaisen männyn juurista (1927, ss. 202–81), vaikka aineisto käsittikin vain 6 mäntyä, joiden rungon rinnankorkeusläpimitta oli yli 20 cm. Tutkija katsoo kannonaluksen tavallaan kuuluvan syväjuuristoon, lähinnä paalujuureen, mutta toteaa samalla sen olevan rungon maanalainen jatko, josta pinta-juuret lähtevät sivulle päin ja paalujuuri alaspäin.

Männynrunko on Laitakarin esityksen mukaan juurenniskasta harvoin laajentunut siinä määrin kuin kuusen, joten mänty voidaankin kaataa aivan maata myöten mitään kantoa tekemättä (vrt. sivut 45–46).

Moreeni- ja someromaiden männnyillä (VT ja CT) oli varsinkin runsaskivisessä maastossa suppea juuristo, hiekkamailla (MT) sen sijaan laaja. Savimailla (OMT) ja vähäkivisillä moreenimailla kasvavien männyn juuristo oli mittavuudeltaan edellä mainittujen keskivälillä. Moreeni- ja someromaiden männyn todettiin kehittävän vähäkivisessä maastossa melkoisen

pitkiä, runsaskivisessä sen sijaan lyhyitä juuria. Männylle nimenomaan on syväjuuriston voimakkuus muihin puulajeihimme verrattuna tyypillistä; koeaineistossa männyn syväjuuriston osuus kannonalus mukaan luettuna oli 3/7, pintajuuriston 4/7. Kantoja väännettäessä tuleekin männyn syväjuuristo aina selvästi esille, ja paalujuuri herättää luonnollisesti erityistä huomiota. Savimaalla ei paalujuurta kehity; kivisellä moreeni- ja someromaalla se ei pääse säännöllisesti muodostumaan. Koko aineistossa oli paalujuurellisia mäntyjä 64 %¹.

Siirryttäessä esitetystä juurimorfologisesta tietämyksestä varsinaisen metsäteknologian ja puunkäyttöopin piiriin, edelleen siis männyn kannonaluksen pihkakkuutta ajatellen, tulee mm. mieleen, että syväjuurien liitänäkohdissa on ortoplagiotrooppisuus erilaista kuin pintajuurien »sisäjuurissa». Pihkakkuuden todennäköinen erilaisuus juuristoltaan erityyppisten mäntyjen kannonaluksissa voitaisiin selvittää suorittamalla uuttokokeita ja mikroskooppitutkimuksia ja näin saada hyvien tervaskantojen synnulle teoreettista perustaa, jos sellainen puututkijoitamme kiinnostaa.

Kallioperäisten ja karkearakeisten maiden mäntyjen kannonaluksen erityisen runsas pihkaisuus voi ehkä johtua juurten suorittamasta raskaasta työstä ja osaksi maaperän korkeahkosta lämpötilasta männyn kasvukauden aikana.

Mainitunlaisilla maaperillä tavatun hyvän tervaskannon synnyn salaisuus piilee ehkä kuitenkin sen ortoplagiotrooppisuuden erikoisessa luonteessa, Kun männyllä on normaalisti kehittynyt paalujuuri, ei sen ja rungon välinen sisukseltaan pelkästään ortotrooppinen kannon alus ole nähtävästi erityisen pihakas. Kalliomaastossa ja karkearakeisilla mailla paalujuuri joutuu poikkeamaan pystysuorasta suunnasta. Tällöin plagiotrooppisuus kannonaluksessa voimistuu, ja edellä esitetyn perusteella täytyy tähän syntyä enemmän parenkymisolukkoa ja enemmän myös pihkasoluja ja pihkatiehyitä. Runskivisen maaperän männyn juurien lyhyys merkinnee kannonaluksen »juurioksien» mittavuutta. Vähäpuustoisessa kalliomaassa mänty myös hengittää enemmän ja saa runsaammin valoa kuin tiheähkössä kangasmetsikössä. Laihalla kallioperällä on kasvu kituvaa; syntyy paljon myöhäispuuta, joka on pihkaisempaa kuin varhaispuu. Kosteassa ja lihavassa maaperässä kasvavien mäntyjen kannonalus on vähäpihkinen, vaikkapa paalujuuri kokonaan puuttuisi. Ehkä myös valon puute suosii pihkan syntyä kuten alatyven suhteen edellä arveltiin.

Mahdollisesti siis useat eri tekijät, joiden keskinäinen vaikutus ensi silmäyksellä näyttää osaksi ristiriitaiseltakin, saavat aikaan kannonaluksen fysiologisen tervastumisen ja pihkakkaan puukudoksen syn-

¹ Lyckselen hyvien tervaskantojen nostotyömailla tehtiin Ruotsissa 1940-luvulla havainto, että vain kovan ja kiinteän moreenimaan männyllä oli paalujuuria (A n o n. 1941).

nyn männyn tiettyihin osiin yleensä. Tämän »ensiötervastumisen» ohella tervaskannon tapauksessa myöhemmin mahdollisesti tapahtuva »toisiotervastuminen» eli patologisten tervastuminen, josta tutkijat ovat jo viime vuosisadalla esittäneet hypoteeseja, on ilmeisesti teknologisessa mielessä vähämerkityksinen. Kuten aikaisemmin mainittiin, on Laitakari tutkimuksessaan (1927) todennut kuolleen ja elävän männyn juurten yhteistoimintaa, joskin hän olettaa yhteyden kuolleeseen puuhun, siis kanton, katkeavan ja kuolleen männyn juurien siis voivan toimia vain »elävän» puun palveluksessa. Tämä päätelmä lienee osaksi syntynyt havainnosta, ettei männyn kanto kyljesty. Ehkä on kuitenkin mahdollista, että männyn kannon elämä joskus suotuisissa olosuhteissa jatkuu pihkan teon merkeissä. Tervaskannon tekeytymisen merkitys, mikäli siihen ei sisällytetä mannon poislahoamista, on tervanteonkin kannalta kyseenalainen. Pihkan hapettuminen, josta tekeytymisessä lähinnä on kysymys, huonontaa runkopuusta saatavien mäntyöljytuotteiden laatua.

Mäntypuun pihkan fysiologiseen rikastumiseen alustavia hypoteeseja edellä esitettäessä ei ole käsitelty olennaisimmalta tuntuva sydänpuun pihkaantumista. Otaksuttavasti voidaan tällekin biologiselle ilmiölle laatia joku nykyisiä arveluja loogillisemmalta tuntuva selitys analysoimalla mäntypuun kasvutapaa ja elintoimintaa. Teknologisesti tärkeään sydäntymiseen liittyy kuitenkin muitakin ilmiöitä kuin pihkaantuminen, joten hypoteesin rakentelu voi vaatia kokeellisten havaintojen tekoa.

Suomalaisen männyn pihkaisuuden tutkimisessa on vielä paljon työtä. Voitaisiinhan selvittää esimerkiksi Lapin männyn ja etelän männyn pihkaisuuserojen syitä. Periaatteessa tämä kysymys saattaa olla yksinkertainen sikäli, että Lapin laihan maan mänty on ehkä rotua, jonka rungossa ortoplagiotrooppisuus on voimakkaampaa kuin Etelä-Suomen rehevähköillä metsätyypeillä elävässä rodussa. Mahdollisesti rungon pihkaisuudesta voisi tehdä karkeitä päätelmiä oksien haarautumiskulmia ja sisäoksien osuuksia mittailmalla. Todennäköisesti myös vuosilustoleveydellä ja siihen liittyen myöhäispuupitoisuudella on pihkaisuuden tunnuksena merkitystä. Tällaisiin pikkupiirteisiin ei Suomen rotupuututkimuksessa ole vielä ollut tilaisuutta kiinnittää huomiota, vaan voimat on kohdistettu suuren runkotilavuuskasvun omaavien ja tiettyssä mielessä ensiluokkaista ainespuuta antavien rotupuiden etsimiseen ja niiden suvun säilymisen varmistamiseen (S a r v a s 1948). Oma mielenkiintonsa saattaisi niinikään olla tutkimuksella, jossa selvitetäisiin esim. lumikuorman ja muiden metsätuhojen aiheuttajien osuutta Lapin männyn rungon runsaspihkaisuudessa (vrt. T i k k a 1939).

Runsaspihkaisen puun kasvatuskysymys

Riittävän mittavia tervaskantoja ei Suomessa nykyisin synny, eikä niiden jäljellä olevia suhteellisen vähäisiä määriä ehkä kannata metsävarojen inventointien yhteydessä valtion kustannuksella arvioida. Tervaskantojen hehtaari-teiheyden on Suomessa siksi pieni, ettei niiden nostotekniikassa liene yleensä syytä siirtyä traktorien käyttöön, vaan on parasta käyttää oloihimme hyvin soveltuvaa räjäyttämismenetelmää, joka metsätaloudessamme on parhaillaan muutenkin saamassa lisääntymistä.

Visamänty on esimerkki rotupuutyypistä, jonka olemassaolo herättää kysymyksen erityisen pihkamännyn kasvatuksesta Suomen metsissä. Toistaiseksi ei liene tehty tarkkoja tutkimuksia siitä, tapahtuuko pihkan muodostuminen tässä meillä varsin harvinaisessa männyssä normaalien puukudosaineiden synnyn kustannuksella. Toisaalta voi olla kysymyksessä yksilö, joka pystyy käyttämään hyväkseen tavallista suuremman osuuden kasvukautena tarjolla olevasta auringon energiasta. On tunnettua, että kasvien toiminnan hyötysuhde tässä mielessä on alle 1 %:n suuruusluokkaa (Collander 1944, s. 163). Saattaisihan näin ollen löytyä mäntypuuyksilöitä, joissa juuri pihka-aineiden saalis biosynteesissä olisi normaalia paljon suurempi, vaikka niiden synnytys vaatii enemmän energiaa kuin polysakkaridien ja ligniinin. Visamännyn kannonaluksen ja latvuksen voisi odottaa olevan poikkeuksellisen pihkakas, joten rungon mahdollisesti joutuessa mekaanisen puunjälöstuksen kohteeksi hakkuutähteet joutaisivat nimenomaan pihkatuotteiden saalistukseen.

Fysiologista tietä pihkakkaaksi kehittyvän mäntypuun kasvatuksen lisäksi voidaan tietysti jatkuvasti ajatella »patologisten» keinojen käyttämistä kasvavien mäntyjen pihkoittamiseksi. Tällöin saattaisivat tulla kysymykseen metsässä tapahtuva kemiallinen kuorinta tai jonkinlaisen jälöstetun tervasrososien tartuttaminen. Näin voitaisiin kaikesti menetellä vain edellyttäen, että »jalorosan» vaikutus saataisiin rajoittumaan tiettyihin metsälöihin ja elämään vain tietyn kasvuperiodin pituisen ajan. Pienten männynrunkojen kolonta on liian paljon työtä vaativana hylättävä pihkoittamiskeino. Männynrunkojen pihkominen ei 1940-luvun tutkimusten valossa ole Suomessa kannattavaa.

»Pihkamännyn» viljelyajatuksella tuntuvat joka tapauksessa tällä erää utooppisilta, joten on tarpeetonta ryhtyä muotoilemaan sen kaato- ja kuljetustekniikkaa. Mikäli syrjämetsten saanti kaupan piiriin tuottaa maassamme jatkuvia vaikeuksia, saattaisi ehkä juuri niissä ajatella sellaisen mäntyrodun kasvatusta, josta suhteellisen yksinkertaisin teknillisin menetelmin ja pienin pääomakustannuksin voitaisiin valmistaa kohtalaisen arvokasta pihkatuotetta. Hartsin ja tärpätin saanti koko maailmassa tulee tervaskantovarojen ehtyessä

ehkä hyvin pian suuresti vaikeutumaan, muitakin käyttötarkoituksia kuin voiteluöljyjen valmistusta tällöin ajatellen. Suomen 300 vuoden pituinen kolopihkapuun valmistus ja ulkomaille myydyt tervan teko siitä oli elinkelpoista aikana, jolloin puulla ei ollut muuta käyttöä menekin puutteen ja hankalien kulkuyhteyksien vuoksi. On todennäköistä, että sahaus- ja kuitupuun kasvatusta suosiva metsänhoito ja metsätalous tulee sen merkeissä tehtävän voimakkaan kehitystyön vuoksi pitämään puoliaan pihkapuun näin pysyessä nykyisessä syrjäytetyssä asemassaan. Nykyiset erämetsät tultaneen siis kaatamaan sahaus- ja kuitupuuksi, mutta samalla jouduttaneen parantamaan mainittujen seutujen kulkuyhteyksiä, jolloin pihkapuun kasvatusta ei »syrjäseuduilla» enää tarvittaneenkaan. Erityisesti selluloosan ja pihkatuotteiden valmistuksen kannalta on syytä harkita nykyisin meillä vallalla olevan, oksattomaan tukkipuuhun tähtäävän metsänhoidon ja rotukasvatuksen tarkoituksenmukaisuutta. Tärkeätä on saada metsissä syntymään paljon ja halpaa puuta, ja on mahdollista, että mm. teollisuudessa vireillä olevat kuitupuun viallisuuksien tutkimukset niihin kytkeytyneine massanlajittelun perusteiden laajoine selvittelyineen tulevat osoittamaan, että »susipuun» saannin pelko on Suomen selluloosateollisuudessa ollut hieman liioiteltua. Kannanoton tarkistus voidaan kuitenkin tehdä vasta vuosia vievien tutkimusten päätyttyä. Selluloosan laatua tuntuvasti huonontavan puun käyttö ei ole kannattavaa. Pihka-aineiden tuottoa tosin edistävän runsasoksaisen sulfaattipuun jälöstuksessa suosiminen aiheuttaisi toisaalta sellaisenaan huonohintaisen oksamassan saannon lisääntymistä. Ennen tällaista kehitystä on luonnollisesti varauduttava oksamassan riittävän pitkälle menevään kartonki- tai paperiteknilliseen jälöstukseen.

Männyn pihkan talteenotto

Kantopihkalle on ominaista erityisen suuri hartsihappopitoisuus, kun taas sulfaattipuun pihkassa on rasvahappojen osuus keskimäärin yhtä suuri kuin hartsihappojen. Hartsihapoista on pyrolyysikemiallisen kirjallisuuden ja 1940-luvun kotimaisen kokemuksen mukaan helpompi valmistaa voiteluun soveltuvia hiilivetyjä kuin rasvahapoista, joista suhteellisen alhaisissakin lämpötiloissa pyrkii muodostumaan voiteluöljyn jähmettymispistettä haitallisesti korottavia kiinteitä aineita.

Kantotervasten nosto- ja erilaiset kuljetuskustannukset olivat tervan teossa suurimpana tekijänä. On tarpeetonta järkeillä, kuinka paljon kantojen käsittelykustannuksia olisi 1940-luvun öljyrynnytyksen aikana voitu joillakin rationalisointitoimenpiteillä alentaa. Poikkeuksellisissa olosuhteissa mahdollisuudet olivat tässä suhteessa kerta kaikkiaan suppeat. Todettakoon vain, että

raaka-aineen hankinta- ja kuljetuskustannusten pienentäminen on puunjalostusteollisuutemme avainkysymyksiä ja että normaalioloihin päästyä on työtä sen ratkaisemiseksi jo tehty voimaperäisesti. Tervaspuun hankinnan organisointi saatiin hoidetuksi hyvin, mistä oli todistuksena määrällisten tavoitteiden toteutuminen.

Kantopihkan taloudellisinta talteenottotapaa ei maassamme voiteluöljyn valmistukseen ryhdyttäessä pohdittu, vaikka kysymykseen on ulkomaisessa kirjallisuudessa jonkin verran kiinnitetty huomiota. Tämänluonteinen harkinta olisi kuitenkin ollut tarpeen, koska 1940-luvun kokemus meilläkin osoitti, että valmistettaessa tervaksista hiiltomenetelmällä tervaa on monilukuisten pikkutehtaiden pyrolyysikojeistoissa vaikeata estää hartsihappojen haitallista hajaantumista kiinteiksi hiilivedyiksi, lähinnä reteeniksi, jonka jatkojalostukseen tähtäävää tutkimustyötä maamme kemistit ovat tosin jo ennen viime sotaakin harrastaneet, mutta aina sen kannattamattomaksi todenneet.

Klason jo totesi, että itse tervan teko merkitsee pihkan puhtaiden alkuperäisaineosien tarvelemistä pidettäessä silmällä tervan jatkojalostusta (1923 b). Hänen työnsä jatkaja Bergström on useaan otteeseen tähdentänyt samaa asiaa (esim. 1942) ja koetti 1940-luvullakin kehittää muuatta männynkantorouheiden uuttamismenetelmää kilpailukykyiseksi pihkan talteenottotavaksi Ruotsin olosuhteissa.

Vaikka USA:n kantotervateollisuus on aivan viime vuosina hieman lisännyt tuotantoaan kumiteollisuuden alettua käyttää kantotervaa pehmitysaineena, on sen merkitys kuitenkin vähäinen pihkomis- ja uuttoteitse valmistettujen hartsituotteiden rinnalla. Sodan aikana männynkannoista saadun uutoshartsin tuotanto kasvoi siellä suuresti ja oli viime vuonna jo runsaat 300 000 tonnia ja yli 1,6-kertainen pihkomishartsin tuotantoon verrattuna (Sarrat 1951 a). Pihkomishartsin valmistuksen jarruksi muodostui varsinkin sodan aikana työvoiman hakeutuminen paremmin palkattuihin töihin. Pihkauuttamoyksiköt ovat USA:ssa niin suuria, että yksi tehdas saattaa niellä jopa 2 000 p-m³ kantoja/vrk. Meikäläisten pienten kannokoiden varaan rakennetut uuttamot eivät voisi siis olla kilpailukykyisiä näiden jättiläistehtaiden kanssa, mistä normaaliaikana onkin todistuksena paperihartsin tuonti USA:sta Suomeen. Olisi ollut syytä tehdä öljyrynnistykseen lähdetäessä rinnasteleva laskelma jonkin suurhiiltämön ja uuttotehtaan rakentamis- ja käyttökustannuksista, varsinkin kun paperihartsinkin saannissa oli viime pulan aikana vaikeuksia. Suomessa ovat uutossa tarvittavat liuottimet, tärpätti mukaan luettuna, tosin kalliia Amerikan oloihin verrattuna, ja niiden saantikin oli sota-aikana rajoittunutta.

Sandermannin mukaan (1943) tehtiin Saksassa viime sodan aikana laskelmia myös mäntyisen runkopuun pihkan uuttotalteenoton kustannuksista ajatellen suorittaa puulastujen uuttaminen ennen selluloosakeittoa. Harkittavana oli niin ikään menetelmä suorittaa männyn kantolastujen esiuutto natronlipeällä tai soodalla pihkan poistamiseksi ja sen jälkeen tehdä niistä kuitulevyjä. Kienitz (1936) tutki tätä kysymystä jo 1930-luvun puolivälissä, jolloin Saksa alkoi valmistautua sotaan, mutta hän päätyi negatiiviseen tulokseen resinaattien osaksi hajaantuessa pesun aikana ja hartsin näin jäädessä suureksi osaksi lastuihin. Kienitz päätyi tutkimuksessaan siihen, että on edullisinta valmistaa kannoista selluloosaa natron- tai sulfaattikeitolla, kuten Schwalbe ehdotti jo I maailmansodan aikana. Kannoista muodostuvan mäntysuovan ilmeisesti suojellessa selluloosakeiton aikana kuitua oli natronselluloosa paperiteknillisiltä ominaisuuksiltaan yhtä hyvää kuin kanton-sulfaattimassa. Mäntyöljyn saalis oli 60 % kantojen uutemäärästä (Schwalben laboratoriokeitoissa 70 %), ja siinä oli 90 % hartsihappoja, 8 % rasvahappoja ja 2 % saippuoitumatonta neutraaliainesta. Tyhjötislauksen jälkeen hartsihappopitoisuus oli 98 % rasvahappojen ollessa siis ilmeisesti niin hapettuneita, että ne tislauksessa hajaantuivat. Natronselluloosan ominaisuudet olivat kiinnostuksen kohteena erityisesti sen vuoksi, että suunniteltiin natriumhydroksidikeittoisten erillisten pikkuselluloosatehtaiden perustamista. Kienitz mainitsee julkaisussaan myös Saksassa suoritetuista tarkoista kantovarojen arvioinneista, jotka eräälläkin alueella osoittivat tervaskantovarojen olleen 20-kertaiset yhden vuoden hakkuissa keskimäärin syntyviin uusiin kantoihin verrattuna. Sandermann taas on julkaisussaan (1943) erityisesti tähdentänyt kantopuun pihka-aineiden puhdistumista sulfaattiselluloosakeitossa oksihappojen jäädessä mustaliipeäliuokseen. Uuttomenetelmän suhteen mainitut saksalaiset tutkijat toteavat, että vanhanaikaisessa jaksoittaisuutossa liuotinainehäviö on 2 % puun painosta, mutta uudemmissa jatkuvatoimisissa kojeistoissa vain 0,5–0,7 %. Tällainen moderni uuttamo on parhaillaan rakenteilla Suomeen rypsinsementen käsittelyä varten. Suuren hartsipulan vuoksi oli Saksassa viime sodan aikana uutettava sellaisiakin kantoja, joissa oli vain 10 paino-% pihkaa, kun taas Kienitz laskelmoi, että sitä kannattavuuden saamiseksi täytyy olla vähintään 15 %. Sandermannin mukaan valmistettiin Saksassa sodan aikana pihkomalla n. 10 000 tonnia balsamia/v, ja tähän tuotantoon tarvittiin 5 000 miestä. Vertailun vuoksi mainittakoon, että Suomen sulfaattitehtaissa suorittaa n. 15 000 tonnin vuotuisen pihkatuotemäärän talteenoton parikymmentä miestä.

Amerikkalainen Hawley on ehdottanut myös uuttomenetelmän ja selluloosan valmistuksen toisiinsa yhdistämistä männyn kantojen jalostuksessa (1926), mutta tehdasmittakaavassa ei tätä USA:ssa todella harkittavana ollut

ajatusta ole kuitenkaan toteutettu. Syynä tähän on ilmeisesti ollut sikäläisten kannonnuuttamoiden vesihöyrytisläusvaiheen raju luonne, josta on seurauksena selluloosan vaurioitumista ja ligniinin kondensoitumista.

Suomessa olisi 1940-luvun öljyrynnistyksen aikana ollut yksinkertaisinta kuljettaa tervaskannot sulfaattitehtaisiin, joissa ne olisi lastutettu ja keitetty selluloosaksi. Eräiden suunnistavien tutkimusten mukaan meikäläisestä tervaskannosta tehty sulfaattiselluloosa oli myyntikelpoista (Murto ja Kiviharju 1949). Runsaasti hartsihappoja sisältäneen raakamäntyöljyn ja sulfaattitärpätin saalis kantopuusta oli merkittävän suuri. Tämänluonteiset kokeilut aloitettiin sivutuotteiden saaliin lisäämismielessä sen enempiä voiteluöljyjen valmistusta ajattelematta. Jossain määrin kokeiltiin Suomessa myös kantopuun selluloosakeittoa tehdasmittakaavassa. Kantotervasten kiintomittasadanneksen epämääräisyyden ja pienuuden vuoksi ei sivutuotteiden silloisilla hinnoilla kantoselluloosan valmistus kaikkialla kannattanut. Tervaskaupan järjestely painomittausperustaiseksi ja raakamäntyöljyn sekä tärpätin pienoinen hinnan korotus olisivat kyllä auttaneet tilannetta. 40–50 uuden tervatehtaan perustamiseen käytetty pääoma ja niiden vaikeasti hankittava materiaali sekä sodan väsyttämää yrittäjävoimaa olisi näin säästetty. Enso-Gutzeit Oy:n Kotkan sulfaattiselluloosatehtaan sivutuotteiden jalostamon tislauksetho olisi riittänyt koko raakamäntyöljytuotannon käsittelyyn, joten voiteluöljyksi olisi voitu jalostaa yksinomaan mäntyöljypikeä. On myös mahdollista, että suoritettut laboratoriokokeilut voiteluöljyn valmistamiseksi suoraan sulfaattiselluloosatehtaan raakasuovasta olisi voitu tekniikkassakin saattaa onnelliseen ratkaisuun, jos menetelmän kehittämiseen olisi voitu uhrata tutkimusvaroja riittävästi. Kysymyksessä oli, kuten sivulla 130 jo mainittiin, hyvin pestyn ja varovaisesti kuivatun raakasuovan tyhjöpölyrolyysi. Tällaisia näköaloja tuli kuitenkin maassamme esiin vasta niin myöhään, että tervateollisuuden laajentaminen ja tervavoiteluöljytehtaiden rakentaminen oli jo päätetty asia. Moisen ratkaisun esteenä katsottiin olevan myös selluloosateollisuuden epävarma käynti. Niin ikään tahdottiin mahdollisuuksien mukaan välttää tervaspuun rautatiekuljetuksia, kun halkojen kuljetus oli öljyrynnistyksen aikana, vv. 1945–46, laajassa mitassa käynnissä (Holopainen 1950; vrt. Jalava ja Palosuo 1945; Osara 1948). Tervaspuun määrät olivat kuitenkin suhteellisen pieniä, ja toisaalta juuri näihin aikoihin oli puun rautatierahdit inflaation jarruttamismielessä pysytetty suhteellisen alhaisina, joten rautateitse kuljetettujen tervaksien hinnassa näillä oli suhteellisen pieni osuus. Selluloosalinjan öljytuotteet olivat terväöljyä halvempia.

Mikäli sulfaattiselluloosateollisuutemme ei olisi joutunut sodan johdosta tuntuvasti rajoittamaan tuotantoaan, olisivat tämän teollisuuden sivutuotteet yksinäänkin riittäneet voiteluöljyn raaka-aineeksi, vaikka mainittujen tuot-

teiden kysyntä oli vilkasta moniin muihin käyttötarkoituksiin. Sodalta säästyneessä Ruotsissa oli sulfaattiselluloosateollisuuden käynti myös tyypistettyä ja sen sivutuotteiden muu käyttö niin moninaista, ettei näitä erikoisponnistuksinkaan saatu sanottavasti liikenemään voiteluöljyn luonteisten tarvikkeiden raaka-aineeksi. Öljynkorvikkeiden teko pyrittiin läntisessä naapurimaassa suorittamaan pääasiassa ennestään toiminnassa olleissa krakkauslaitoksissa, ja näin lisääntynyttä polttoöljyn saantia pidettiin suotavana. Vauraan Ruotsin olosuhteissa oli mahdollista järjestää männynkantojen pihkan talteenotto tervateitse, vaikka se siellä edellytti lähes 500 uuden tervatehtaan perustamista.

Piirteitä maaöljystä ja sen jalostuksesta

Petro Oleum, kivennäis-, vuori- eli maaöljy, kuten sitä nimitetään, on ollut tervan lailla tunnettu, ihmiskunnan käyttämä hyödyke jo tuhansia vuosia. Järjestelmällisen maaöljyteollisuuden kuitenkin katsotaan alkaneen vasta v. 1859, jolloin amerikkalainen »eversti» Drake rakensi ensimmäisen varsinaisen poraustornin Titusvilleen Pennsylvaniaan. Mainittuna vuonna lasketaan maaöljyn tuotannon olleen 6 000 tonnia, ja jo seuraavana vuonna se oli 75 000 tonnia (Park 1943). Maaöljyteollisuuden nykyiset valtavat puitteet, joista tutkimuksen alkupuolella esitettiin karkeita numerotietoja, ovat tehneet mahdolliseksi voimakkaan teknillisen kehityksen. Tähän verrattuna ovat esim. oman maamme tervanteko- ja sulfaattiselluloosatehtaiden sivutuotteiden talteenotto- ja jalostustekniikka menneet normaaliaikana eteenpäin verkkaista vauhtia lähinnä vähäisten tuotantomäärien vuoksi. Eräät kemiallisen puunjalostusteollisuuden yleisarvostelijat (esim. Fergusson ja Dodge 1940) ovat ottaneet eri teollisuuksien kehittyneisyyden yhdeksi perustunnukseksi sen, miten pitkälle jossakin tehdastuksessa on päästy jatkuvasti toimivien menetelmien käyttöön. Niinpä maaöljyteollisuudessa siirryttiin vuodesta 1885 lähtien yleisesti kestotislaukseen ja -krakkaukseen. Vastaavanlaista kehitystä on kemiallisen puunjalostuksemme päähaaran luonteenomaisimman tehdastusvaiheen, selluloosakeiton suhteen alettu tositaroituksella toteuttaa vasta aivan viime vuosina. Kehityksen hitaus on tosin tässä tapauksessa johtunut osaksi tehtävän vaikeudesta, ja mainitussa teollisuudessa on muissa tehdastusvaiheissa, esim. puun kuorinnassa ja lastutuksessa, tällainen kehitys viety lävitse jo kauan sitten. Mäntyöljyn talteenotossa ja jalostuksessa sitä on meillä voitu toteuttaa vasta 1940-luvulla.

Maaöljyn synnystä ovat kemistit ja geologit rakentaneet montakin eri teoriaa. Suhteellisen pitkään oli vallalla epäorgaaninen syntyhypoteesi, jonka

mukaan sen hiilivedyt olisivat muodostuneet tulistuneen vesihöyryn vaikutuksessa maakamaraan kuumien sisuskerroksien rautakarbideihin. Vähitellen astui etualalle saksalaisen Englerin teoria maaöljyn orgaanisesta alkuperästä. Sen mukaan maaöljyt olisivat syntyneet eläin- ja kasviorganismien nestemäisistä ja kiinteistä rasvoista ynnä vahoista, jotka korkeissa lämpötiloissa ovat ensin krakkautuneet ja sen jälkeen taas osaksi polymeroituneet (mm. Pauk 1943). Krakkauksen ja polymeroinnin sopiva yhdistely on nimenomaan luonteenomaista nykyaikaiselle maaöljyn jalostustekniikalle tarpeellisine tislauks- ja puhdistuskäsittelyineen (kts. esim. Vuorela 1947). Nestepolttoaineiden ja voiteluöljyjen valmistus tapahtuu tällöin usein rinnakkain.

Viime aikoina on yleensä omaksuttu maaöljyn synnyn biologis-katalyyttinen teoria, jonka mukaan eräillä anaerobisilla bakteereilla olisi siinä tärkeä osuus katalyyttien ohella. Tämän teorian mukaan maaöljyn lähtöaineina voisivat olla myös hiilihydraatit, jotka ensin muuttunevat rasvahapoiksi (Treibs 1950). Biologis-katalyyttinen teoria on tavallaan saanut vahvistusta ranskalaisen Laigret'n toistaiseksi julkaisemattomista tutkimuksista, joissa hän Treibsin mukaan on hiljattain onnistunut biokemiallista tietä valmistamaan maaöljyä mm. kasviöljyistä, kalanjätteistä, appelsiinin kuorista, karjanlannasta ja muista senkaltaisista raaka-aineista.

Maaöljyvarojen ehtyminen ja niiden käyttöoikeuksien osittainen kiistanalaisuus eräillä maapallon seuduilla ovat viime sodan jälkeen yhä vilkastuttaneet synteettisten voima-aineiden ja voiteluöljyjen valmistusta. Saksassa alkuaan keksittyjä kivihiilen nesteyttämismenetelmiä on maaöljyteollisuuden johtavassa maassa, Amerikan Yhdysvalloissa, viime aikoina pystytty kehittämään edelleen valmistuskustannuksia alentaen. Kehityksen alaisena on myös menetelmä, jossa on tarkoituksena saada kivihiilen nesteytyksen ensivaihe, kaasutus, suoritetuksi maan alla kaivoksessa. Tämän alan uusia tutkimus- ja tuotantolaitoksia on siellä pantu ripeästi pystyyn. Viime sodan suuresti kuluttamia maaöljyvaroja voitaneen näin ennen pitkää ryhtyä tuntuvasti säästämään (Christiansen 1948). USA:n kivihiilivarojen tiedetään nykyisin kulutuksen riittävän vielä 1000 vuotta; maaöljyvarojen riittävyyden arvioinnissa sen sijaan on hiljattain mainittu jopa vain 12 vuoden rupeama (Vander 1948). Viimeiset kaksi kirjallisuusviitettä osoittavat, että läntisessä naapurimaassamme seurataan kiinteästi alan tämänhetkistä kiihkeätä kehitystä, johon Suomessa ei liene toistaiseksi kiinnitetty sanottavaa huomiota. Meillä on kyllä herätetty ajatus perustaa ensimmäinen maaöljynjalostamo, jollainen Ruotsissa pantiin pystyyn jo 1940-luvun alussa. Maaöljynjalostamon saanti edistäisi luonnollisesti sekä nestemäisten polttoaineiden että voiteluaineiden valmistustekniikan tuntemusta maassamme.

On tosin ennustettu atomivoimankin voivan tulevaisuudessa korvata maaöljyperustaisia moottorinpolttoaineita, mutta tietoisuus siitä ei salline luopua kivennäisvoiteluöljyjen saannin jatkuvuuden varmistustoimenpiteistä, mikäli tällaisiin pienissä, luonnon öljylähteitä vailla olevissa valtioissa yleensä pystytään ryhtymään.

Pihkavoiteluöljyjen varsinainen valmistus

Tervasta, joka sellaisenaankin sisältää melkein kolmanneksen painostaan voiteluun soveltuvia hiilivetyjä, oli jo I maailmansodan jälkeisen pulan aikana valmistettu käyttökelpoista voiteluöljyä sekä Ruotsissa että Suomessa. Tästä näkökulmasta oli siis kantotervateollisuuden laajentamiseen ryhtyminen 1940-luvulla ymmärrettävää. Ruotsissa olivat tervaskantovarot nähtävästi metsien maaperän erilaisuuden vuoksi merkittävästi suuremmat ja laadultaan paremmat kuin Suomessa. Meikäläisen tervaksen yleisen huonouden takia olisi ainakin teoreettisesti ajatellen ollut parempi, jos hiiltämöjen asemesta olisi voitu valita sulfaattiselluloosatehtaat kantopuun pihkan talteenottolaitoksiksi. Sitäpaitsi osoittautui, että sodan kiroissa tervatehtaiden rakentaminen edistyi liian hitaasti. Tästä oli seurauksena liuskeöljyn käyttöä tervan jatkeena, jolloin voiteluöljytuotteen laatu arveluttavasti huononi. Sinänsä valitettavaa oli sitä paitsi, että öljyrynnistyksen loputtua jouduttiin käyttämään lähes 3000 tonnia hiellä ja vaivalla tehtyä tervaa teollisuuden polttoaineena. Sota-ajan sanelemaa männyn kantojen pihkan talteenoton hajoittamista pieniin tervantuotantoyksiköihin ympäri maata oli ymmärrettävästi kuitenkin vaikeata ottaa vakavan harkinnan alaiseksi myöhemmin, valmistelujen jo ohitettua tietyn rajan.

Tervatien valintaan vaikuttivat siis ratkaisevasti varmuusnäkökohdat. Erityisesti tervavoiteluöljyn hinta nousi kylläkin korkeahkaksi, mutta hinta ei tässä kysymyksessä merkinnyt suuriakaan. Eihän voiteluöljyn hinnalla ollut osuutta esim. elinkustannusindeksin nousuun. Sen sijaan on helppoa arvata, miten pelottavan suuriksi valtakunnan taloudelliset menetykset olisivat muodostuneet, jos liikenne ja muu elinkeinoelämä olisivat joutuneet pysähdyksiin voiteluöljyn puutteessa.

Raaka-aineen niukkuuden vuoksi oli Suomessa tervan jatkojalostusta kehitettäessä määrätietoisesti pyrittävä mahdollisimman taloudelliseen valmistusmenetelmään. Nyt tiedetään, että tässä yrityksessä onnistuttiin paremmin kuin Ruotsissa sekä öljyn saaliin että sen käyttökelpoisuuden suhteen. Ilmeisesti myös tervavoiteluöljy oli nimenomaan automoottorin voiteluun sove-

liaampi kuin sulfaattisivutuotteista tehdyt öljyt, jotka osaksi olivat tähän tarkoitukseen liian ohuitakin. Mäntyöljy- ja tärpättiperustaisten voiteluöljyjen laatua olisi pitänyt tässä mielessä hieman parantaa, jos tervaöljyä ei olisi lainkaan valmistettu. Tervavoiteluöljyn valmistusmenetelmäämme voidaan joka tapauksessa pitää onnistuneena, joskin sitä nähtävästi olisi voitu yksinkertaistaa. Tarvittiinhan kuitenkin mm. maaöljyteollisuudessa 1800-luvulla noin 25 vuoden kehitysaika, ennen kuin jatkuvatoimisen tislauksen periaate alkoi levitä käyttöön. Tervavoiteluöljyjen valmistusta luotaessa oli tärkeää saada aikaan käytettävissä olevin niukoin materiaalein halvalla kokoonpantava tuotantolaitostyyppi. Kehitystyön suorituksen heikkoutta tavallaan ilmeni sikäli, että keksittiin vain yksi tervan katalyyttisen pyrolyysin kojeisto, kun sen sijaan esim. Ranskassa 1940-luvulla oli vastaavia pihkomishartsin pyrolyysipatentteja useita (L o m b a r d 1946). Yhteen paikkaan keskitetty tutkimus, jonka suoritus tavallaan merkitsi maan selluloosateollisuuden taholla tehtyä uhrausta, tiesi voimien säästön ohella sen halpuutta.

Tervan pihka-ainesten jatkopyrolyysimenetelmien tultua tutkituksi melko laajaperäisesti on sen sijaan todettava, että itse tervan valmistukseen hyvän öljyn saantia silmällä pitäen syvennyttiin meillä hatarasti. Sodan vuoksi ei tutkimukseen voitu riittävästi irrottaa sopivaa teknillistä voimaa, joten oli tyydyttävä lähinnä hankkimaan ruotsalaisia tervatehtaiden konelisansseja. Mm. Ramén-koneistojen suhteen jouduttiin melkoiisiin vaikeuksiin, joista kuitenkin vähitellen selviytyttiin. Ilmeisesti ei täysin oivallettu tervasten hiillon olennaista osuutta kannon pihkan hartsihappojen termisessä hajotuksessa. Kun tervan runsaahko reteenisisyys joutui tilauksessa tervavoiteluöljyyn, ei tämän tummaa väriä ja tervamaista hajua voitu jatkopuhdistuksella poistaa, kuten eräitä käyttötarkoituksia varten olisi ollut suotavaa tehdä. Tekniikaltaan satoja vuosia tunnetun runkopuun hiillon ja tervanteon alalla saatiin meillä kuitenkin syntymään pari uutta ja merkittävää jatkuvan tehdastuksen periaatteella toimivaa kojeistotyyppiä.

Sulfaattiselluloosatehtaiden yhteydessä valmistetut mäntyöljyperustaiset öljyalaadut tehtiin varsin erilaisissa kojeistoissa, jotka osaksi eivät varsinaisesti olleet korvikeöljyjen tekoon suunniteltuja. Näin ollen on vaikeata ratkaista, mikä menetelmästä oli paras, etenkin kun öljyjen käyttötarkoitus oli varsin moninainen. Sulfaattitärpätin polymeroinnissa saatiin sekä alumiinikloridilla että tehosavikatalyyteilla hyviä tuloksia, vaikka laboratoriotutkimukset jäivät tältäkin osalta tilojen ja voimien niukkuuden vuoksi suppeiksi. 1940-luvun kotimaista voiteluöljytutkimusta näin jälkeänpäin pohdittaessa on syytä tähdentää teknillistieteellisen kemian tutkimuksen riittävän voiman ja oikean organisoinnin välttämättömyyttä aloittelijatasen ylittämiseksi ja todellisen kehityksen aikaansaamiseksi (vrt. Chilson 1947; Dahlén 1947;

Svedberg 1947; Stevenson 1949). Tutkijalle tai teknikolle, joka tavalla tai toisella joutui tekemisiin kotimaisen voiteluöljynvalmistuksen kanssa, tarjoutui tässä teollisuudessa nimenomaan sen suppeuden vuoksi hyvä mahdollisuus saada käsitys siitä, miten uuden luomiseen tähtäävää teknillistä kehitystyötä voidaan pienissä oloissamme tehokkaasti järjestää.

Sulfaattisivutuotteista valmistettiin loppujen lopuksi voiteluöljyä huomattavasti enemmän kuin kantotervasta, ja ko. öljytuotteet olivat ulkonäkönsäkin puolesta kuluttajapiirien luottamusta nauttivia.

Nimenomaan selluloosateollisuutemme sivutuotteiden jalostuksen harjoituskenttänä säilyttäneen voiteluöljyteollisuutemme vaikutuksensa pitemmänkin aikaa. Saatiinhan siinä avarretuksi ko. pihkavälituotteiden jalostamismahdollisuuksia. Jälkeenpäin on tällä alalla virinnyt vilkasta tutkimustoimintaa, joka ei tosin vielä ole voinut johtaa käänteentekeviin teknillisiin sovellutuksiin mm. harts- ja rasvahappojen selektiivisissä erottelumenetelmissä tarvittavien liuotimien kalleuden ja vaikean saannin vuoksi (T ä h t i n e n 1951). Kotimaisten voiteluöljynkorvikkeiden valmistus, joka hinnansäännöstelyn avulla pidettiin kannattavuuden rajoissa, herätti eräiden muiden korviketeollisuuksien tapaan osaksi liiankin paljon uskoa normaaliaikaisiin mahdollisuuksiimme tietyillä orgaaniskemiallisilla aloilla. Mm. jättiläismittakaavaisen maaöljyteollisuuden eräiden sivutuotteiden tavaton halpuus on sittemmin paljastanut kilpailukyvyttömyytemme monien tuotteiden valmistuksessa.

Voiteluöljyteollisuutemme perustui vuoden 1943 öljylakiin, ja lopettamiensa saakka se oli voimakkaasti valtiojohtoista. Voiteluöljyä oli viime sodan jälkeisissä olosuhteissa pakko valmistaa kotimaisista raaka-aineista, ja asian ratkaisuun saattaminen oli tehtävä tiukan aikataulun puitteissa. Pakkotilanne on useinkin päättäväisen työn ja keksimistöiminnan tehokas virike. Niinpä tässäkin tapauksessa päästiin asetettuihin tavoitteisiin — kaikessa kiireessä työskenneltäessä — varsin tyydyttävällä tavalla sekä öljyn määrän että suurlta osalta myös sen laadun suhteen. Suoritetuista hallinnollisista toimenpiteistä voidaan näin ollen pitää aivan oikeaan osuneina. Laadultaan normaalia huonompien voiteluöljytuotteiden suhteen saatiin harkitusti järjestetyllä sekoitus-, jakelu- ja neuvontatoiminnalla sekä huolellisesti hoidetulla öljyjen laatu- ja käyttökelpoisuustarkkailulla arvokkaita kokemuksia. Pihkatuotteiden valmistuksen ja voiteluöljyn parissa jo ennen työskennelleiden monien toimimien ja ammattimiesten myönteinen suhtautuminen kotimaisen voiteluöljyteollisuuden kehittämistyöhön oli merkityksellistä. Samoin oli Ruotsista saatu monenlaatuinen apu tervetullutta.

Kotimaisten voiteluöljyjen raaka-ainekysymys tulevaisuudessa

Uuden voiteluöljypulan mahdollisesti joskus tullessa maahamme ei voitane enää turvautua tervaskantojemme ehtyneisiin esiintymiin sellaisessa laajuudessa, että sillä olisi merkitystä koko valtakunnan öljyhuollossa. Onhan maaöljyesiintymienkin keskimääräinen käyttöaika vain 4 vuotta (Pauk 1943). Sulfaattiselluloosateollisuutemme sinänsä vähäiset sivutuotteet tuskin nekään voivat paljoka auttaa tilannetta (Lassenius 1950). Tosin maanviljelyksemme uusien »rahakasvien», rypsien ynnä rapsien, siemenistä saatu kasviöljy voinee auttaa näiden aineiden riittävyttä. Vastikään vireille pantu kitupellavan viljelykokeilu saattaa onnistua ja antaa ennen pitkää Suomen kansalle sekä ravinto- että maaliöljyä.

Voiteluöljyjen kulutus kasvaa kuitenkin maassamme vuosi vuodelta väkiluvun lisääntyessä ja elinkeinoelämän elpyessä¹. Hiljattain on tähdennetty Suomen mäntyhartsin tuotannon ylijäämän lievähköjä ja ehkä ohimeneviä markkinointivaikeuksia (Juvonen 1950). Rasvahapporikasteet sen sijaan kuluvat nykyisin melko tarkkaan kotimaan tarpeisiin. Lisäksi tiedetään mäntyöljypikeä käytettävän teollisuuden polttoaineena. On lähellä ajatus, että mäntyhartsista koetettaisiin valmistaa myös pyrolyysillä kuivuvia hartsiöljyjä, kun taas mäntyöljypiki voitaisiin paremman puutteessa jalostaa jatko-pyrolyysillä ja tarpeen tullen »tekeytymis» hapetuksella kantotervan luonteiseksi aineiksi. Näin voitaisiin pyrolyysialan kemiaa ja tekniikkaa kehittää eteenpäin ja olla tilanteen niin vaatiessa valmiina voiteluöljyjenkin tekoon mainituista raaka-aineista. Samalla myös vielä 2 000 vuositonnin vauhdilla tuttua latuaan jälleen kulkeva tervateollisuutemme voisi saada tieteellistä tukea tekniikalleen. Pyrolyysitekniikan sovellutuksiin selluloosateollisuuden keittojäteliemien orgaanisen aineksen suhteen uhrasi mm. ruotsalainen Rinman koko elämänsä, ja Skandinavian nykyhetken tunnetuin selluloosakeittokemisti, prof. E. Hägglundkin on yhdessä saksalaisen Bergiuksen kanssa kehittänyt ko. korkeapainepyrolyysin patentteja jo I maailmansodan jälkeisen pulan aikana (Johansson 1942). Maamme selluloosateollisuus on lähivuosina keittotekniikkansa kehittelyn ja keittojäteliemiensä käyttöön liittyvien polttoainekysymysten vuoksi niin suurten taloudellisten tehtävien

¹ Bensiinin ja voiteluaineiden tuonti Suomeen oli vv. 1949—50 tonneissa seuraava (Anon. 1951 b):

	1949	1950
bensiiniä	216 000	242 000
kivennäis voiteluöljyä	13 100	19 800
voiteluaineita	510	1 780

edessä, ettei ko. pyrolyysi, olipa kysymys korkeapaineessa, ulkoilman paineessa tai tyhjiössä suoritettavasta kuivatislauksesta, mahtune teollisuuden tutkimuksen puitteisiin, niin houkuttelevalta kuin moninaisten tuotteiden valmistus teoreettisessa mielessä näyttääkin ja niin mainittava kuin Suomessakin 1940 luvulla tällä alalla saavutettu kokemus on. Mikäli jätelipeen polton yhteydessä voitaisiin käytetyt keittoliuokset muuttaa suhteellisen kuivaan muotoon, kuten johdantoluvussa mainitussa BT-menetelmässä tapahtuu, olisi pyrolyysin tie helpommin tarpeen tullen sovellettavissa. Pyrolyysin rinnalla olisi kai syytä vähitellen kiinnittää vakavaa huomiota maaöljyn suhteellisen uuteen biogeneesiteoriaan ja kokeilla Laigret'n käyttämää biokemiallista menetelmää myös selluloosateollisuuden jäteliemien ja mikseipä esimerkiksi sahajauhejätteiden tapauksiin.

Varsinaisen kantotervankin teon tutkimusta voidaan esim. akateemisissa oppinäytetutkimuksissa jo pietteettisistä puoltaa, joskin on syytä muistaa, että puunjalostusteollisuutemme kokonaiskaaviossa on pihkatuotteilla kaiken kaikkiaan nyt suhteellisen vaatimaton asema (Murto 1950). On ilahduttavaa, että Suomessa on öljyrynnistyksen jälkeen alettu suorittaa teknillistieteellistä akateemista tutkimusta pyrolyysin alalla, sillä tuskinpa on syytä puukemistien koulutuksessaan aivan kokonaan luopua kansanomaisuudellaan nuorta insinööriä viehättävän hiiltotekniikan tarjoamista opetuksista. Sitä paitsi saattaa pyrolyysillä kaikesta huolimatta olla sovellutusmahdollisuuksia teollisuuden eräiden jätetuukysymysten ratkaisussa (Jensen 1948). Harvoin tullaan ajatelleeksi sitä tärkeätä osaa, mikä kuivatislauksella on selluloosatehtaittemme jäteliemien orgaanisen aineksen poltossa ja näin siis selluloosateollisuutemme tärkeimmän sivutuotteen, höyryn, kehityksessä.

Oma mielenkiintonsa on tässä yhteydessä toteamuksella, että valmistettaessa maassamme n. 700 000 vuositonnia sulfiittiselluloosaa on kuusipuusta päätuotteeseen painonlisänä jäävistä 7 000 pihkatonnista monenlaista kiusaa. Ns. pihkavaikeuksien eliminointi onkin parhaillaan meillä vireän tutkimuksen kohteena.

Pihkamännyn viljelyä ja pihkan biogeneesin selvittelyä on jo edellä koskeltu. Todettakoon vielä vain, että tiedämme Suomessa itse asiassa hämmästyttävän vähän pihkan eri jakeiden sijainnista mänty- ja kuusipuusta samoin kuin patologisen pihkan keskimääräisestä esiintymisestä kuitupuissamme. Kuusikuitupuun sisäosien vuosittainen pihkamäärä on niiden paino-osuuden vähäisyyden vuoksi siksi pieni (Wegelius 1939), ettei sille kannattane ajatella erikoisjalostusta, mutta mahdollisuuksien mukaan olisi syytä pyrkiä käyttämään kuusioksalastut sulfaattiselluloosan raaka-aineeksi.

Moottorinpolttoaineiden ja voiteluöljyjen kriisien aikaista saantia viime aikoina pohdittaessa on edellisten suhteen meillä päädytty sodanjälkeisen

pulamme kokemusten mukaiseen tilanteen arvosteluun (Osara 1950). Toisin sanoen Suomen kaltaisessa pienessä maassa on maaöljytuotteiden varastoinnin antamien mahdollisuuksien lisäksi turvauduttava puuhiilen ja puupilkkeen käyttöön autoissa, niin paljon hankaluuksia kuin sellaisesta tekniikasta koituukin. Luonnollisesti on epätervettä suhtautua tämän hetken laskelmissa liian optimistisesti johonkin maaöljyn uuden biokemiallisen tuotannon mahdollisuuteen, kun kysymyksessä on menetelmä, jonka yksityiskohtia ei vielä ole saatettu edes julkisuuteen. Voiteluöljyn osalta lienee syytä kuitenkin pitää mielessä muutamia uusia raaka-ainetyyppejä. Sellainen on jo viime pulan lopulla tässä mielessä kokeiltu sulfiittialkoholi, jonka suhteellisen korkea hinta tekee halvoiksi tiedettyjen voiteluöljyjen valmistuksen siitä normaaliaikana mahdottomaksi. Ei liene syytä unohtaa myöskään koivun tuotetta, jonka erottelu vaneritehtaiden jätteistä saattaa olla mahdollista mm. kuorintatekniikan kehittyessä (Jensen 1948). Viime vuonna oli sulfiittialkoholien tuotanto Suomessa n. 15 000 tonnia, ja täyskuvaksi lasketun tuohen määrä vaneriteollisuuden jätteissä on ainakin 10 000 vuositonnin suuruusluokkaa. On mahdollista, että suomalaisesta turpeesta saatava raakavaaha, jossa on noin puolet vaha-aineita ja loput hartsihappoja, olisi helpompaa jalostaa voiteluöljytuotteiksi kuin turve sellaisenaan¹. Pyrittäessä erityisesti ensiluokkaisiin sylinteriöljyihin lienee edellä lueteltujen samoin kuin 1940-luvulla käytettyjen raaka-aineiden suhteen yleensä ajateltava käyttä suhteellisen voimakkaan krakkauksen ja polymeroinnin yhdistelmää samaan tapaan kuin maaöljyteollisuudessa. Näin siis poikettaisiin 1940-luvulle ominaisista osaksi tarpeettoman varovaisiksi muotoiltujen pyrolyysin ja polymeroinnin ajatuksista. Mahtaisiko ylipäänsä huokeana pidetty biokemiallinen tie auttaa asiaa? Toivottavaa tietysti on, ettei maamme enää joutuisi turvautumaan sodan jälkeen keinotekoiselta tuntuvaan voiteluöljyjen valmistukseen ja käymään käsiksi niiden vähemmän luontaisiin raaka-aineisiin. Puunjalostusteollisuudessamme on tunnetusti suuri joukko koko metsätalouden kehityksen kannalta elintärkeitä, pihkakysymystä kuitenkin vähän sivuavia ja kehitystyötä kaipaavia kysymyksiä, joiden kimppuun pienet tutkimusvoimamme on keskitettävä.

Viime pulan aikaiset kokemukset osoittivat joka tapauksessa, että mäntymetsiemme hyvätuoksuinen pihka kelpasi moniin käyttötarkoituksiin soveltuvien voiteluöljynkorvikkeiden raaka-aineeksi. Kotimainen voiteluöljyteollisuus on sitä paitsi avartanut katsetta ja avannut

¹) Vrt. ruskohiilitervan käyttö synteettisen bensiinin ja voiteluöljyn raaka-aineena. Ruskohiilitervaa tehdään myös tyhjöpölyrolyysilla.

uusia näköaloja. Ehkäpä vielä tulee aika, jolloin metsästä saadaan nykyistä runsaammin auringon energiaa pursuavia tuotteita, jotka nyt ovat puukasveissa vain biosynteesin toisioluonteisia tunnuksia ja siten suhteellisen vähämerkityksisiä elämämme ylläpitäjiä. Kuka tietää, etteikö ne voisi tulevaisuudessa saada ratkaisevaa merkitystä kansakunnan eteenpäinmenon katalyytteina.

FINNISH PINE RESIN AS RAW MATERIAL FOR LUBRICATING OIL

Summary

Shortage of certain vital commodities already scarce during the war prevailed in Finland after the termination of the Second World War. Regarding raw material for lubricating oil, we had recourse to pine oleoresin products. This industry involved, in Finnish conditions, exceptional supply and processing of forest products. It was found necessary to carry out a study of this activity before the experience obtained was forgotten.

The investigation is divided into eleven parts:

Introduction.

Selection of resin products for raw material of lubricating oil substitutes.

State measures to create a lubricating oil industry.

Pine oleoresin and its accumulation into stump base.

The making of tar wood and its purchases in the 1940 s.

Tar wood and stump tar as raw material for lubricating oil.

Sulphate pulp mill by-products as raw material for lubricating oil.

Production statistics of Finnish lubricating oils.

Quality and usability of Finnish lubricating oils.

The closing period of the Finnish lubricating oil industry.

Concluding survey.

The credit for the accomplishment of the investigation falls to the board of directors of Oy Tervaöljy Ab (Tar Oil Ltd.), which acted as central organ for the lubricating oil industry. This firm has subsidized the work and defrayed a great part of the printing expenses. Suomen Metsätieteellinen Seura (the Finnish Silvicultural Society) and Suomen Tervayhdistys r.y. (the Finnish Tar Union), central organ for the stump tar industry in the country, have also given notable help in this respect. Great also is the support given by the pulp industry. In Oy Keskuslaboratorio (Central Laboratory Ltd) the central research institute of this industry, the author was allowed to carry through, in addition to his professional duties as technical director, the present investigation, which lasted over four years. The performance of the work was facilitated by the experience, that the author gained as chief of research, design and building work, superintendent of operations and expert in various stages of this comparatively short-lived industry.

I. Introduction

The world war of 1939—1945 checked the international trade of commodities, among other things wood and wood products. Finnish export trade, in which forest products predominate, became depressed. Those responsible for the economic life of the country, had also to take special measures to substitute for many important import goods with home products. The strait-jacket conditions created by war direct the creative power of even a small nation towards new technical developments. In Finland, the scourge of war fettered life and prevented the emergence of independent revolutionary results even during the crisis that succeeded the war. Modest exceptions within the sphere of forest industry were, however, the fairly extensive manufacture of wooden houses started in the turmoil of war and the Finnish lubricating oil industry set up immediately after the conclusion of the peace treaty. The object of manufacture in the wooden house industry is a type known before the war already. In the lubricating oil industry, difficulties were met with owing to incomplete knowledge of the chemical composition of raw materials and the exceptional nature of products. For instance, Finland has no refinery for petroleum. Even from this viewpoint its was necessary to assemble the material gained in refining pine resin into lubricating oil and to decide how production, recovery and refining of resin in the technical sense can be arranged during future crises.

The biogenesis of resin and its accumulation into certain parts of pine wood has been investigated surprisingly little, particularly in Finland. In order to compensate for this neglect, special attention has been paid here to this synthetic processing which is, in a sense, the chief stage of production even in the manufacture of Finnish lubricating oils. The chemical composition of oleoresin and intermediate products obtained from it has naturally been dealt with in the light of the most recent investigations carried out in the big producer countries of naval stores products, USA and France. The theoretical side of the pyrolysis and polymerization reactions that form the basis of the manufacture of lubricating oils originating from resin has been presented so far as the forest and wood technological nature of the subject is concerned. The techniques used in the Finnish lubricating oil industry have been presented thoroughly including the economics of production. The presentation of economic facts, however, has been disturbed by the devaluation of Finnish currency since the war, the effect of which is illustrated by the strong rise of the wholesale index in figure 1. At appropriate points, comparisons have been made with records of corresponding experiences in Sweden because the western neighbor of Finland manufactured about five times more tar lubricating oil during the 1940 s than Finland.

II. Selection of resin products for raw material of lubricating oil substitutes.

Since the manufacture of motor fuel and lubricating oil in the petroleum industry is all part of one process, as is the distribution of these products to consumers, information on the activity of the motor fuel front has been included in the presentation of the phases of development work directed towards the selection of raw material for lubricating oil, in the comparison between Sweden and Finland. In the early 1930s both countries were considering the use of wood waste, peat and the organic matter in pulp mill waste liquors as raw material for liquid fuels and lubricating oils. In Sweden, there are, in addition, slate deposits. Their low oil content, however, renders the fuel oil manufacture started in 1941 comparatively expensive. Both in Sweden and in Finland, intensive research was carried out in the 1930s on high pressure hydration of wood and

peat and tars obtained from them. The primitiveness of peat digging techniques, the abnormally high investments and the high estimated production cost of gasoline prevented the realization of the industry. The use of charcoal as motor fuel was also considered in these countries before the war and did in fact become general in Sweden during the international crisis. In Finland endeavors were made to decrease investments on charcoal plants and to save wood by using wood blocks as well as charcoal (cf. Osara 1950). In the 1930s, Sweden was ahead of Finland in the production of sulphite spirits which, in Finland, was strongly opposed on the part of car owners organizations. During the war, the number of spirit plants operating in connection with Finnish sulphite pulp mills reached seventeen. The saccharification of wood and the making of alcohol by this means was also investigated thoroughly. Preparations for a plant making synthetic methanol were started during the war, but the production could not begin until 1949. Experiments carried out in the 1940s in Sweden and somewhat less in Finland on high pressure pyrolysis of sulphate pulp mill waste liquor did not lead to production of fuels and lubricating oils.

Over 2 000 tons of tar lubricating oil was manufactured in Sweden during the crisis following the first war (see fig. 33). In this process, only a small quantity of liquid fuel is formed. Experiments carried out during the crisis created by the second world war showed that the shale oil there was not suitable as raw material for lubricating oil, and liquefaction tests of peat remained at the laboratory stage. Owing to this, stump tar was selected as a raw material for lubricating oil at the end of 1940. Of raw material for tar, resinous pine stumps, there was, according to rapid estimates, enough in Sweden. About 500 tar plants were set up but it was decided to carry out the further pyrolysis of tar in the Swedish petroleum cracking plant and in other small pyrolyzing plants. Vague projects of using some other means than that offered by pyrolysis technique for the recovery of tar stump resenes were discarded in favor of tar.

In Finland another research project on small and large laboratory scale was the manufacture of first class lubricating oil from peat, using the German Fischer-Tropsch method which has been developed on commercial lines in the USA during the recent years. Again need for a large capital and the high estimated price of lubricating oil prevented the establishment of a plant. It was also difficult to find peat deposits in Finland adequate for a continuous yield of 150 000 tons (metric) for the needs of the plant. Thus Finland also went in for tar lubricating oil substitutes, trusting to previous experience and taking the development in Sweden as an example. With regard to the manufacturing method, we succeeded, however, right from the start, by using catalytic pyrolysis, in obtaining a more economical production of tar lubricating oil and better oil quality than was generally produced in Sweden, where it was more difficult to use catalytic pyrolysis at the petroleum cracking plant because of the danger of pipe incrustation. A pure thermal pyrolysis in Sweden also yielded more liquid fuel and this proved a desirable use of tar resources.

The use of sulphate pulp industry by-products for lubricating oil manufacture was first started in the big concern in the Finnish wood-working industry, Enso-Gutzeit Oy, whose managing director, Mr. V. A. Kotilainen, when Minister of Supply initiated also the above mentioned experiments for production of peat lubricating oil. Two polymerization plants of sulphate turpentine were operating before the first tar lubricating oil plant was finished, which was in 1944. Lubricating oil plants for refining tall oil products were erected a little later when the difficulties that had arisen in establishing stump pyrolyzing plants prevented the aims set to the production of Finnish lubricating oil being realized. The experiment carried out to polymerize

the mixture of butadiene and butylene hydrocarbons obtained first from sulphite alcohol into lubricating oils of good quality, is of general interest. In the starting of the research on lubricating oils from Finnish raw materials B. Nyberg, Ph. D., played an active part.

III. State measures to create the lubricating oil industry.

The lead in the development of the tar and oil industry was taken by the wood and fuel department of the Ministry of Supply. It was Professor N. A. Osara who, as Minister of Supply, set the work going at full speed. The tar wood, tar and lubricating oil departments of this ministry shared the administrative burden. In December 1943 Parliament enacted a special oil law giving the government power to regulate the manufacture, marketing, use and quality of lubricating oils and their raw materials, to issue guarantees for prices and sale of the products, and, when necessity arose, to compensate for mill investments.

Finnish consumption of lubricating oil just before the war was 15 000 tons yearly. During the war it was reduced to 7-8 000 tons. The production of the Finnish oil industry was calculated at 4 000 tons for which about 2.2 times the quantity stump tar was needed.

In the spring of 1943 Oy Tervaöljy Ab (Tar Oil Limited) was formed with the State as principal shareholder. The chairman of the board of directors during the whole period of its activity was Colonel V. Vartiainen, who, in other respects too, as chairman of the state committee of motor fuels, had a decisive influence on the development of this field in Finland. The program of this firm included, among other things, the designing and building of tar and tar oil plants, and the starting and supervising of their operations. The company purchased tar from stump wood pyrolyzing plants and transmitted it to oil factories. Licenses for the use of tar plant equipment were acquired both from Sweden and from our own country. The company supplied the funds, on behalf of the state, for development research on tar lubricating oil methods and supervised its execution. A pilot plant for tar lubricating oil manufacture was also set up operating from May to September 1944. Tar lubricating oil factories were designed and built. A share of 2-3 per cent in the price of tar lubricating oil covered the costs of Oy Tervaöljy Ab.

IV. Pine oleoresin and its accumulation into the stump base.

Physiological oleoresin is secreted into the normal wood tissue of the standing pine tree as a by-product of the chain reactions of biosynthesis. Resin is found in the resin cells of radial rays, in the intercellular vertical and horizontal resin ducts, and in heartwood in the tracheid walls too. No measurements have been carried out in Finland as to the number of resin ducts per area unit of a wood section. However, on the basis of published figures it can be calculated that only a part of the pine resin is contained in ducts. In the ducts, the resin is quite waterless (Sanderman 1941) since water would bring about the crystallization of resin acids from resin. The oxidation of resin matter during wood storage is interesting, not only from the standpoint of tar stump and tar, but also as regards pulp wood, because it impairs the yield and the quality of tall oil in sulphate mills. On the other hand, it reduces the pitch troubles that appear in the sizing of paper when sulphite pulp is used. Various theories on the genesis and the place of genesis of resin are presented. From the hypotheses on the basic matter the isoprene theory has been widely applied in polymer chemistry (Frey-Wyssling 1935) and the phytol theory is connected with hypotheses on the genesis of chlorophyll and

vitamin A (Hasselström 1949). Starch is known to generate in the needles of *Pinus maritima* during daytime, terpenes and their derivatives, in darkness. The locating of the place of genesis is complicated by the presence of fats and fatty acids in the resin cells. These are considered food reserves for plants and they are found in all pine oleoresins, and particularly in tall oil. Little attention has been paid to the genesis of fatty acids in outlining theories about the formation of resin. Usually only the genesis of starch and polysaccharides is spoken of in this connection. In the western hemisphere, the photo synthesis investigation with the utilization of radioactive C isotopes has made swift progress and it may before long throw light on the biogenesis of terpenes, resin acids and fatty acids, also.

In relation to pathological resin, most space has been devoted in this study to the work of European scientists. The conception that the oleoresin flowing into a wound cut in the bark of a pine may act, during the primary and secondary flow, as an antiseptic is met with certain reservations. This may equally well be due to a natural reaction of the tree to prevent the danger of resin ducts getting wet. The occlusion requires a sufficiency of parenchyma tissue, and in the genesis of this a certain amount of resin always is created. The genesis of pathological resin is said to be above all a consequence of a metabolic disturbance (Freys Wyssling 1935).

The knowledge of these investigation results should facilitate the finding of a logical explanation for the accumulation of resin in the different parts of the pine tree, particularly in the stump base. The work done by forest physiologists and resin chemists on this subject so far seems inadequate. A new explanation for this is presented in the conclusion of this study. The literature on the subject ever at the end of the 19th century presents many different factors thought to affect the increase in the resin content of pine stump and stump base after the felling of the tree. The investigations published are so incomplete and inconclusive that it is impossible to solve this question on the basis of these alone. Usually only the stub or the part of stump above ground has been investigated, although in tar making in Scandinavia, for instance, it is known that the underground part has proved the most important source of resin. The original resin of tar wood has not been systematically investigated at all in Finland. According to some Swedish rough analyses the alcohol extract of this wood tissue contains 9–20 per cent neutral matter, 60–80 per cent resin acids, 5–15 per cent fatty acids, and 10–20 per cent oxyacids (Bergström and Trobeck 1947). No description has been given, in connection with experiments of this kind, of the seasoning, degree of tar stump, by which is understood the decaying degree of sapwood and the oxidation degree of resin, since no information has been given, for example, about the site and age of the pine tree and the time elapsed since felling. Likewise, in the few analyses of stump tar in the literature there is no information on the quality of its raw material.

V. Making of tar wood and tar wood purchases in 1940–50.

Tar stump pulling by hand was still done in Finland to some extent in the twenties, but even then the use of explosives for this purpose was common. During the years 1944–45, when tar wood production was at its height, nearly 1 000 tons of explosives were used in stump lifting. Tractors could not be provided for this work in Finland as they were in Sweden.

The cubic measure formed the basis in the tar wood trade in Finland and Sweden. It was known that the solid content of a cubic meter piled measure of tar wood varied greatly, but it was calculated that 1 cu m piled measure corresponded on the average to 0.35 cu m of solid stump wood. At pulling, the moisture content of tar stumps is 45–50 per cent in Scandinavia.

They must, then, be dried to 25 per cent moisture content by suitable forest storing in small piles. Floating cannot be used in the transportation of tar wood, as is commonly done for pulp wood in Scandinavia.

In the contracts dealing with lifting with explosives, the number of tar stumps per hectare, their size, the difficulty of the terrain, and the seasoning degree of the stumps were taken into consideration in Finland.

The silvicultural importance of stump pulling has also been considered in Scandinavia. It was found to contribute to natural reproduction and to recede the danger of insects in young seedling stands. Pulling with explosives lessens damage to standing trees. Pulling with tractors instead is the most economical process according to Swedish and, more especially, American experience. Owing to the hardships of war time it was difficult to begin rationalization investigations concerning the making of tar wood.

Before the lubricating oil rush, two rapid inventories of stump resources were carried out. According to the inventory carried out in spring 1944 Finland had only about 1 million solid cu m tar stumps within suitable traffic connections, while in Sweden a corresponding inventory carried out a little earlier gave about twice that amount. It was not possible to carry out an effective control of tar stumps in Finland, and therefore it sometimes happened that stumps of poor quality were lifted. While in Finland 10–20 cu m piled measure of tar wood were obtained per hectare the yield in Sweden was 25–45 cu m due to the prevalence of coarse-grained and rocky soil in pine stumps stands.

Every year during the period 1943–45, plans for the acquisition of tar wood were made by the Ministry of Supply. In 1945 the tar wood lifting reached its maximum, 465 000 cu m piled measure. Finnish forest owners were obliged during the last war and the following crisis to release a certain amount of wood, since this was necessary for fuel. From 1943–45 tar wood could be included in the quota. For the making of tar wood, 5 000 men were needed during the yearly lifting period lasting about 5 months, and for the making of firewood for tar plants, about 300 men all the year round. The greatest part of tar wood was yielded from forests owned by the state and the selling price of this wood was the same throughout the country. Effective propaganda was required to carry through the acquisition of tar wood in warweary Finland.

VI. Tar wood and tar as raw material for lubricating oil.

The manufacture of tar from the resinous parts of pine wood for export has been practised in Finland for about 300 years but the craft of tar making has been the property of the Finnish nation from time immemorial. In the 17th century, the pine tar formed about 50 % of the total value of Finnish exports, in the 1820s it was still 30 %. From 1840–60 it decreased to 12–16 %, with the exception of the year 1855, when, owing to the Crimean war, a large quantity of pine tar and pitch was needed for the building and maintenance of wooden battle ships. The American Civil War at first quadrupled tar prices, but then it proved that the time of wooden battle ships was over. From this time the Finnish tar trade began to decline, particularly as other ships too were later built of iron. The tarring of boats and ski soles is still practised in Finland. This and some other impregnation processes still consume about 1 000 tons of tar yearly. The tar export described above reached its maximum in 1866 when it was about 30 000 tons. After the First World War there was a short period of livelier activity, but the value of tar export was only 0.1–0.2 %.

From the 17th to the 19th century tar in Finland was made of young pine trunks which were faced by removing the bark to the height of several meters. In the 1860s, about 2 % of

the annual growth of forests was used for this purpose according to estimates at that time. This was one of the first times that attention was paid to the question of dealing with trees of small size, which has often been investigated, for instance in the 1930s, in relation to the pulpwood and firewood question. It was generally considered that the state of forests did not suffer from such making of tar wood. Tar was made by »burning» in tar pits (fig. 21 A). In the 1890's the use of pine stumps as tar wood was started and the general tendency was to go over to making tar in iron retorts. Towards the end of the 1930's 13–18 tar plants were operating and the production was about 1400 tons yearly. The tar plants were situated in central Finland (fig. 14), and the stump pulling area was only 3 500 km².

Some examples of the technical development of coniferous stem wood pyrolyzing also practised in Scandinavia are given in figure 20. Sketch A presents a stack kiln developed in Sweden in 1933 for working in forests. It was used in Finland too in the 1940's for the manufacture of motor fuel (cf. fig. 2). Sketch D shows the *Kirkkomäki* pyrolyzing equipment which operated continuously. 80 plants of this type were built and one is still operating at a rayon factory.

The early technical development of tar plants manufacturing resinous stump wood is presented in figure 21 (cf. fig. 13). Wartime Finland was able to construct only two types of equipment for tar plants, the *Kirkkomäki* and the *Sellberg* systems. In the former there were small 1,5 m³ tackle retorts and in the latter portable retorts were placed in a ring. This plant was easily portable from one stump area to another. The general practise was to buy licenses for tar plant equipment from Sweden and to make the equipment in Finland where it was however very difficult to obtain iron plates and pipes and copper material, etc.

In the comparison of the technical results of different tar plant types, the first account concerns the »old» tar plants built in the period 1900–1920 and using car retorts, used originally in USA for this purpose. Then follows the description of tackle retort tar plants known for 100 years already in Finland but modernized in the emergency of the 1940's. This »new» tar plant type did not prove any better than the old car retort methods. With Swedish licenses *Rökipip* or *Ramén* tar plants were built in which a kiln pyrolysis was made. When the idea came to Finland a wooden spray tower-like mixing condenser system was an essential part of the equipment. Development work directed by the author resulted in the replacement of this by copper surface condensers. In these plants experimental pyrolyses were carried out. An example of one of these is included in fig. 30. Of other novelties the most important was the *Magnusson* tar plant (fig. 31) built with Swedish equipment licenses. This equipment was originally intended for stem wood pyrolysis.

During the briskest tar and oil rush about 50 tar plants were operating in Finland (fig. 32) and tar wood was then acquired from a forest area about 30 times as large as in the 1930's (see fig. 14).

On page 112 some production figures for Finnish stump tar industry are given. During the oil rush in 1945–46, about 9 000 tons of stump tar was manufactured. Two thirds of it was used as raw material for oil and the rest as industrial fuel as lubricating oil imports commenced again in spring, 1946, to the great satisfaction of Finnish people. Raw material made up about 60 per cent of the price of tar and fuel somewhat less than 10 per cent. The plan for building tar plants could not be accomplished to its full extent. Therefore tar had to be supplemented, to some extent, with imported shale oil and it was also necessary to start making lubricating oil from sulphate pulp mill by-products.

The development of the manufacturing process of tar lubricating oil is treated in the investigation in three stages: laboratory, pilot plant and production proper.

Tar oil investigations were started in Finland by B. Nybergh Ph.D. in Oy Keskuslaboratorio, of which he is the managing director. The state paid the cost of the investigation and it was carried out under the leadership of T. Enkvist Ph.D. The chemical composition of stump tar was investigated in Finland more accurately in a few analyses. About a third of the weight of this product is known to consist of hydrocarbons similar to lubricating oil due to pyrolysis in the tar plant. In addition, it contains resin acids changed by the influence of heat, of which a part consists of oxyacids. Fatty acids are present to a less degree but their behavior too is interesting even in the manufacture of tar and tar lubricating oil, and much more so, of course, in the pyrolysis of tall oil and its pitch.

Since stump tar contains about 30 % hydrocarbons by weight the first step in manufacturing lubricating oil is to carry on the pyrolysis begun at the tar plant. In the pyrolysis the most typical reaction, besides the charring of wood, is the decarboxylation of resin acids. The pyrolysis chemistry of resin acids is presented in the investigation partly in the light of research done in various countries before the war and partly in the light of laboratory research carried out particularly in France, Sweden and Finland in the 1940's. The *retene* formed at about 380 °C which in tar lubricating oil is as troublesome as paraffin in mineral oils, is also studied. In Scandinavia, it was not realized early enough that a considerable quantity of retene is formed even in the pyrolysis of tar plants. Research done in France (see Lombard 1946) and in Finland (Enkvist and Mäkelä 1948) extended the pre-war knowledge of the use of catalysts in the thermal decomposition of resin acids. The catalytic influence of iron powder, iron salts and active earth, for example, was studied from this point of view. The decomposition of fatty acids of resin into ketones is a fact already known on the basis of pyrolysis chemical observations made 100 years ago. Ketones, like retene, raise the solidification point of lubricating oil. Among other catalysts, the iron powder greatly promotes this reaction too.

The influence of pressure conditions on the pyrolysis of resin and fatty acids was not investigated very much in Scandinavia in the 1940's, although it is important, particularly from the standpoint of the pyrolysis of fatty acids. Much research has been done on the use of high pressure pyrolysis for the treatment of the organic matter in sulphate pulp mill waste liquor; particularly in Sweden since 1910's. The author, with his assistants, carried out preliminary experiments with the vacuum pyrolysis of crude sulphate soap and obtained promising yields of hydrocarbons. There was no opportunity, however, to develop this method to mill scale. Tall oil contains equivalent amounts of fatty acids and resin acids, and consequently precautions must be taken to prevent ketone formation. Some Swiss investigations support the utilization of the new method (Pictet and Potock 1919). Jensen has used the vacuum pyrolysis for making tar from birch bark (1948). Klason too investigated its nature to a considerable extent in his fundamental investigations on the pyrolysis chemistry of wood (cf. Hawley 1946) but he did not carry out tar stump pyrolysis according to this method, so far as is known. Vacuum pyrolysis has also been used in the dry distillation of brown coal.

The laboratory scale development work of the manufacturing method for Finnish tar lubricating oils resulted in the parallel use of iron and lime. Iron was the actual catalyst and lime or calcium carbonate neutralized the acetic acid and other acids in tar. According to publications of Enkvist (1949) it seems that with lime alone almost as good results could have been obtained. And the method would have been simpler because the crude oil would have been neutral direct from pyrolysis. In this case a wash with sodium hydroxide solution had to be used. The distillation was done with steam and an oil product was obtained from which retene formed in tar plants did not crystallize. The yield of lubricating oil in the laboratory

was 40–58 % of the weight of tar, only 10–20 % of fuel oil was obtained as by-product. The pitch obtained as distillation residue was brittle, with a melting point of 180–200 °C. The fraction rich in fatty acids dissolved into alkali was repyrolyzed in Finland but not in Sweden where the pyrolysis of tar took place without catalysts.

The pilot plant making tar lubricating oil (fig. 36) was operating for about half a year. Here the laboratory results were corroborated without changing the discontinuous equipment to continuous. The ancient fractionating condenser system of tar plants was adapted in the equipment. Certain parts in the equipment were improved. Oil was made for the test lubricating of different machines. It is shown in this research how, under more favorable conditions, it would have been possible to simplify the method and equipment and to make it more easily operable at the production stage.

The flow sheet of production in **the largest Finnish tar lubricating oil factory** is presented in figure 39. Four factories were built, and located away from the centers of railroad traffic because of the danger of air raids. This circumstance also made it necessary to build small tar plants all over the country. The factories were actually used, however, only after the conclusion of the peace treaty. When in spite of exertions it proved impossible to produce enough tar it was necessary to supplement it with imported shale oil. This impaired the quality of tar lubricating oil and increased its notoriety in the country. The author, having come comparatively late into the tar lubricating oil industry, carried out, together with operation chiefs, some corroborative development work at factories. The dissolving method of the iron catalyst was changed at one factory and operation disturbances could be thus reduced.

About 75 cu m of tar wood and about 30 cu m of fuel wood were needed for the manufacture of one ton of tar lubricating oil.

VII. Sulphate pulp mill by-products as raw material for lubricating oil.

In Finland, as in other countries little has been done to determine the resin content of pine, and the analysis methods have varied. Consequently it is difficult to compare results obtained by different investigators. No reliable data are available on the average resin content of Finnish sulphate wood at different mills. According to limited investigations carried out by the author at Oy Keskuslaboratorio the acetone extract content of pine in Finnish Lapland was 4.9 % by weight calculated as an average of different forest types and different parts of the trunk. The corresponding value of pine in the farthest south was 2.6 per cent. Only wood tissue free from knots was analyzed and the composition of resin was not investigated. The turpentine content of Finnish pine has not been investigated in this way. On the resin content of spruce knots an extensive study has been carried out (Wegelius 1939) on the basis of which it appears that knots would increase the resin content of coniferous wood by 10 % on the average.

Emphasis was placed on the recovery of by-products at Finnish sulphate pulp mills in order to obtain more raw material for lubricating oil during the crisis. A second stage in the separation of sulphate soap was taken into use, an idea patented in Sweden 35 years ago. The author developed a new continuous flow box type soap separator (fig. 47). This was built in three mills. Turpentine recovery from the digester could be increased with a drop trap and control apparatus developed by the author. The use of this apparatus is still common in Finnish sulphate mills. Such measures increased the by-product yield of mills calculated per ton of pulp as is shown in the mill statistics on page 47. The investigation also includes an extensive summary of corresponding development at Swedish mills.

The composition of crude tall oil was investigated in Finland in the 1940s with an extensive series of analyses. The potentiometric titration method was employed (Kahila 1951), and the column chromatography was applied for this purpose (Jensen 1950). The different composition of tall oils obtained from pine thinning material and sawmill waste has also been shown by experiment (Juvonen 1950). In relation to resin acids the new analysis method of Harris (1948) has not yet been applied but the quantities of different unsaturated fatty acids, oil, linoleic and linolenic acids, in tall oil products of all mills, have been determined. The recovery of crude tall oil was started in Sweden in 1901 but Finland participated in the development of its distillation refining technique right from the beginning (Alfons Hellström 1939). At present, the production of crude tall oil in Finland is about 14 000 tons yearly, in Sweden twice as much and in USA about 15 times as much.

The composition of sulphate turpentine has not been investigated very much in Finland. It is used as distilled terpene mixture for the requirements of the varnish and paint industry. In Sweden its chief components have been found to be alphapinene and Δ_3 -carene. Fractionating distillation in a wire spiral apparatus and determination of hydrogen number were there in turpentine analysis in the 1930s.

The suitability of crude tall oil as raw material for lubricating oil was first investigated in the laboratory, but only in a very limited degree (Enkvist and Kahila 1949). The use of iron catalyst and steam distillation after dry distillation was adapted in its pyrolysis too.

The author designed a pyrolysis equipment for tall oil, shown in figure 50, which deviated considerably from the laboratory method. It included vacuum distillation, which made it possible partly to avoid the use of steam distillation. The yield of lubricating oil in manufacturing was 40–50 % of the weight of crude tall oil. Fuel oil and pitch were obtained as by-products. In figure 48 another pyrolysis equipment for crude tall oil developed in Finland is presented. It was constructed by E. Walden. The equipment was partly continuous; at pre- and main pyrolysis stages electrically heated apparatus were used (see fig. 49).

Tall oil pitch which is obtained as distillation residue from crude tall oil was used as raw material at two lubricating oil factories in both of which batch system equipment was used. In the factory shown by figure 52 vacuum distillation was used and the only catalyst in pyrolysis was the amount of iron that dissolved from electrically heated equipment. V. V. Juvonen and J. Rautama began to use the refining of oil products with sulphuric acid at the factory. Among the products of this method was an usable transformer oil. Tar lubricating oil was not suitable for this purpose. The oil factory in figure 53 produced printing oil containing small quantities of free acids. A typical feature of the method was rapid pyrolysis. The factory is still operating.

There were two polymerization plants for sulphate turpentine in Finland. T. Norta was first to develop $AlCl_3$ polymerization, which includes chlorination of turpentine as pretreatment. He built a small plant in 1941 which operated during the whole oil rush. The author designed and built the turpentine polymerization plant shown in figure 54 (cf. fig. 55) which used the Norta method. Later the chlorination of turpentine was given up and distillation of turpentine raw material was started. The equipment showed a tendency to corrode and acid-proof steel was difficult to obtain. Therefore active earth polymerization was adopted, using the same equipment, and corrosion troubles were eliminated. A fire, however, destroyed the plant and in its place a continuous active earth polymerization was built under the direction of the author (fig 57). The research on this new method was carried out by Y. Tuhkunen in the plant's own laboratory. Test lots of Finnish active earth

were made by Y. Hentola, Ph. D. Professor N. I. Toivonen had shown, in the 1930s, the latent property of Finnish clay to isomerize and to polymerize terpenes.

In all plants manufacturing lubricating oil from crude tall oil, sulphate pitch, and turpentine, small quantities of by-products were obtained that were suitable for solvents and fuel. Gases not condensed in pyrolysis were generally not burned as equipment heated electrically or with superheated water was used.

VIII. Production statistics for Finnish lubricating oils.

The production of lubricating oils made from tar, tall oil and turpentine in 1943-47 is presented in page 210. In all, nearly 9 000 tons of lubricating oil substitutes were made, 53 % of this from sulphate pulp mill by-products and 47 % from tar and shale oil.

IX. Quality and use of Finnish lubricating oils.

Information on the chemical composition of tar lubricating oil has been presented in the investigation so far as limited publications allow. In France the hydrocarbon composition of lubricating oil made from gum resin was investigated most thoroughly (see Lombard 1946). In Sweden Professor N. Hellström has investigated the quantities of different hydrocarbons in tar lubricating oil (1948 b).

The viscosity of Finnish tar lubricating oil was higher than that of the Swedish products. Neither was it necessary to remove retene from it. The crystallization of retene from tar lubricating oil caused additional work in Sweden and limited the utility of the oil. The chemically unsaturated nature of tar lubricating oil was shown in its poor resistance to oxidation. Tar oil thickened considerably at oxidizing in normal use. Swedish investigations proved that tar oil lubricated bearings with a light load better than mineral oils, but that under great stress its lubricating film was not resistant (Norlin 1943).

It was difficult to lighten the color of Finnish tar oil and to remove its tar-like odor, as retene always precipitated in refining. Equipment necessary for its removal was difficult to obtain. In laboratory experiments the sensitiveness to temperature of the viscosity of oil was improved but in practise it was not necessary to apply it owing to the thickening phenomenon mentioned above. In Finland during the crisis there was serious shortage of first class cylinder oil but attempts to make it from tar were not successful with the methods used. The emergency was solved by using an emulsion of mineral cylinder oil containing 50 per cent water. It should be said that in car traffic and in industry a considerable quantity of used lubricating oil was recovered. By purifying it usable oil could be obtained again.

The quality requirements for lubricating oils made from turpentine and petroleum became more stringent towards the end of the crisis, for instance as regards the appearance of products. Their quality was appraised by committee of experts, of which the author was a member as representative of lubricating oil plants. In some respects these home lubricating oils came up to the standards, formulated in Finland during the war, for lubricating oils made from petroleum. Lubricating oils made from turpentine and tall oil were also subject to sensitiveness of viscosity to temperature (fig. 58), thickening in use due to oxidizing and, in addition, a slight tendency to dry.

During the operation of pilot plants, extensive operation experiments with home lubricating oils were carried out in Finland. It was found out that tar oil as such was suitable for lubricating

car motors, particularly when mixed with mineral oil, usually in the proportion 1:1. The use of shale oil as addition to tar impaired the oil quality and therefore it sometimes happened that passenger or freight cars had to be disconnected from trains owing to bearing damages. Pure tar oil and lubricating oils made from tall oil and turpentine gave better results in this respect on railroads. As a general purposes machinery oil in industry and in agriculture all these oils were used both by themselves and mixed with mineral oils.

According to the table on page 221 oils made from tall oil and turpentine were suitable for the manufacture of common machine grease but not of ball bearing vaseline, boring and cutting oils, leather dressing oil, wool oil, separator and sewing machine oil, cable oil and hardening oil. The annual demand for these special oils in Finland in 1946-47 was about 2 500 tons.

X. Closing period of Finnish lubricating oil industry.

It has been indicated in this study that the price of home lubricating oils was 7-12 times that of mineral oil products, whose quality was much superior. The state refunded the capital investments of tar plants not yet amortized. For lubricating oil plants all the amortizations could be produced. Tar oil plants ceased operations in the first half of 1946, the pyrolysis plants for crude tall oil and tall oil pitch and polymerization plants for turpentine a year or a year and a half later. About 3 000 tons of tar had to be used as industrial fuel since short investigations to erect a special chemical industry in the country for tar refining did not meet with success. The regulation of lubricating oils in force during the war was removed completely in February 1948.

XI Concluding survey

The present investigation, a survey of the character of a study of wood-utilization has been carried out with special reference to the biosynthesis of the raw material, pine resin. Again, starting from this point, there remains to be added a conventional survey of the most important results of the work. At the same time some new ideas arising out of this investigation are presented. Finally, endeavors are made to consider, in the light of hypotheses concerning the origin of petroleum and its special technical features, the general question of raw materials for the production of lubricating oil substitutes in a small country like Finland destitute of petroleum sources.

The formation of resinous wood tissue.

In considering the hypotheses concerning the biosynthesis of resin and endeavoring to relate these to certain fundamentals of plant physiology, the dissimilar geotropism of different parts of the plant suggests itself particularly. Certain parts of the pine seedling, such as the main root and primary root branches, endeavor in their growth to penetrate into the earth in a vertical or oblique direction. Other parts, such as the main shoot and its branches during the first years, avoid the earth and, in striving towards the light, rise vertically or slightly obliquely up into the air. The former parts are almost or completely positively geotropic, the latter negatively geotropic. In the course of years the branches

arrange themselves horizontally and become *plagiotropic*. As the tree grows old, the ends of the branches begin to hang more or less obliquely downwards. These phenomena have been investigated in spruce trees growing in various forest types in Finland (Wegelius 1939).

Now it seems obvious that in those parts of the tree where an uncertain, and in extreme cases almost unsound, condition is created by the opposing orthotropic and plagiotropic growth tendencies, in other words by orthoplasiotropism, the coniferous tree forms an exceptional amount of tracheidal parenchyma tissue, as in the case of pathological resin synthesis. For instance, around the junction of the horizontal branch and the trunk, that is around the knot, the pine has to create an abnormal number of short cells, parenchyma, because it is impossible to obtain a perfect «welding» with normal tracheids. Since the pine, in forming parenchyma cells, tends to produce a certain proportion of resin ducts, what should prevent their formation in situations characterized by orthoplasiotropism?

Thus abundant tracheidal parenchyma tissue and comparatively large amounts of oleoresin are formed in the top of the stem, particularly in its numerous knots and in the stump base, particularly in its «knots».

The extraordinary anatomical structure of the branches, which Wegelius for instance has treated in his investigation already referred to, renders it understandable that in them, too, particularly in the upper half, in the tension wood, more resin is present than in the middle trunk.

The accumulation of resin in the heartwood, a phenomenon which has technological importance in many industries, is probably also explainable in terms of tree physiology. For the present, we may restrict ourselves to suggesting additional hypotheses to account for the resinousness of the stump base and trunk butt of the pine.

The junction of the tap root, representing positive geotropism, is probably not a very favorable location for the maximal formation of resin compounds. On the other hand, resin should tend to be abundant at the junctions of other roots in the stump base and the more so the closer the root is to the horizontal position.

In passing from the stump base the resin content of the roots is known to decrease strongly comparatively soon. In view of its physiological function mostly tensile strength is demanded of the root tissue and therefore it possesses some rather long tracheids also.

The comparatively high resin content of the trunk butt could be thought to result simply from the proximity of the stump base. In other words, the tree is not able to begin its most typical negatively geotropic growth at the trunk butt but only at the still only slightly knotty middle trunk, which is known to be the least resinous part of the pine. There may be other causes, too, for the high resin content of the pine trunk butt, for instance the scantiness of light, the abnormal thickness of its sapwood and the thickness of the bark perhaps resulting from the latter. The abnormal thickness of the bark may direct biosynthesis towards the formation of resin, for it cuts off the light from the chloroplasts and leucoplasts of the cambium, lessens the evaporation of water and hinders respiration. Perhaps also the bending strain caused by the wind, which is particularly directed to the trunk butt, contributes to the abundant formation of resin. On such grounds, at any rate, the physiological resinification of pine stumps can be understood without it being necessary to imagine that it is caused by gravity, a claim which Mayr (1894) has already disproved, without, however, giving any explanation for the resinification of stumps. At that time, the pathological resinification of the stump

after felling was particularly disputed in Central Europe, and this is presumably of less importance in the technical sense.

The seasoning of the tar stump, i.e. the rotting away of its sapwood, the oxidation of its resin and the decrease in the moisture content of the stump observed particularly in the pine stump areas of the USA (Harris 1948), is detrimental to the quality of the resin products. On the other hand, these phenomena facilitate the acquisition from forest of resinous matter obtainable from the stump base and stump, as well as the transportation of stump wood of this kind and its treatment in refineries.

The occurrence of good tar stumps on rocky and coarse-grained soil observed in Scandinavia is worth a few lines, also. When this question is considered, the conclusion can be drawn from researches on root morphology made on Finnish pine (Laitakari 1927) that the sturdiness of the vertical root system is especially typical of pine on the most common forest types in the country. It is obvious that the tap root of the pine is not able to develop normally on rocky and coarse-grained soils. The orthoplasiotropism of the stump base is thus strengthened and more resin is then formed. Some other factors thought to influence the resinousness of the pine stump on such soil are also discussed.

It would be interesting to investigate the differences in the resin content of the pine races in Lapland and in the southern parts of the country in the light of the hypothesis based on orthoplasiotropism. The proportion of pathological resin in average pulpwood is also unknown in Finland.

The cultivation of resinous pine.

In some parts of Finland is found the curly-grained pine, the representative of a pine race in which, as in the case of Finnish curly birch, the orthoplasiotropism may be of an exceptional nature. This can be detected by examining the anatomy of the curly-grained pine under the microscope or by determining its high resin content by extract tests. There is little opportunity, however, in Finland now to carry out research on resinous pine, so that the question of its cultivation is without practical importance for the present. Silviculture directed towards the growing of less knotty timber trees can be considered as somewhat in conflict with that concerned with pulpwood trees since the most important thing for chemical utilization of wood is to get plenty of cheap wood from Finnish forests.

The recovery of pine resin.

Every time war has broken out in Europe during this century a shortage of even common resin products has ensued. During and after the First World War this happened in Germany, for instance. In Scandinavian countries, too, the prices of tall oil, then still comparatively unknown as a commodity, and tar, so important in the international wood trade in the 17th and 18th centuries, went up considerably. Primarily from the point of view of acquiring paper rosin, wood technologists considered the utilization of the scant tar stump resources in Germany during the war. It has turned out that the alkaline pulping method with its recovery of by-products is best suited, partly owing to the poor quality of the raw material, for the recovery of stump resenes as well (Kienitz 1936). The rosin component of stump resin is purified, as oxyacids remain in the waste liquor in the separation of crude sulphate soap (Sander mann 1943). Stump pulp has also proved to be a suitable

raw material for paper in Finland (Murto and Kiviharju 1949). The USA has been considering combining pulp manufacture with the wood rosin industry, which uses stumps as raw material (e.g. Hawley 1926). In Sweden Klason in his time stated that the production of stump tar involves spoiling the resin, and in the beginning of the last crisis Bergström put forward similar ideas (1942). Obviously strong measures would have been necessary to get their views considered and to overcome the conventional tendency to use stumpwood tar as the raw material of lubricating oil substitutes.

No attention was paid to this question in Finland when the manufacture of lubricating oil substitutes was started. Subsequently Klingstedt (1947) in his publication on rosin pyrolysis made a short survey and suggested that the tar line was not, perhaps, the best one (cf. Murto and Kiviharju 1949). In retrospect it seems obvious that there was a good possibility of saving enterprise and investments, which were altogether close on one thousand million Finnish marks, calculated on the basis of present currency exchange rates. In Finland such a solution would have been still more desirable than in wealthy Sweden, where other factors, too, influenced the settlement of this question (cf. section II).

For instance, the vacuum pyrolysis of well washed and carefully dried crude sulphate soap, as suggested by the author, should be a possible way to a simple manufacturing process, which, with a little further development, could be brought into continuous operation.

The transportation of pine tar stumps to sulphate pulp mills and the carrying out of the pulping there would have cheaply and easily settled the problem of the manufacture of resin lubricating oils. The trouble caused by retene and fatty acid ketones in the manufacture of lubricating oil substitutes would probably have been avoided in this way.

It would have been necessary to arrange the sales of tar wood on the basis of weight.

The prices of sulphate pulp by-products would have been allowed to rise a little. The price of crude tall oil in the 1940's was only about one third of the price of stump tar (see fig. 59). It would have been possible, by exploiting the new possibilities of the pulp mill line in making lubricating oil, to bring down the price of the product to about a half that of tar oils. The prices of all commodities were regulated in Finland during the war and subsequent crisis, as in many other countries in the world.

Points concerning the origin of petroleum and its refining technique.

In considering Finnish lubricating oil substitutes the hypotheses about the origin of petroleum are of interest to the investigator. They are found to be in harmony with tendencies in the technique of refining petroleum. Special attention has been attracted by the newest hypothesis, the so-called biogenesis theory, which is supported by research in the USA, the leading country in the petroleum field. Technical modifications based on this hypothesis may soon be devised. It is claimed that the Frenchman Laigret, in his still unpublished researches, has prepared »petroleum» biochemically from vegetable oils, fish remains, orange peelings and other organic waste matter.

As early as 1885 the petroleum industry was already going in for continuous distillation. A theory of the origin of petroleum associated with the name of Engler in Western Europe has been adapted in the technique. The essential idea, apart from purification by distillation

and dissolving, has long been a suitable strong pyrolysis and the polymerization of the compounds formed. The fluid catalytic cracking of petroleum hydrocarbons with active earth, for instance, which has reached enormous proportions in the USA, has signified a notable development.

The manufacture of synthetic motor fuel and lubricating oil from brown coal and coal forms its own chapter in the history of petroleum (Keith 1947). These coals are »underground forests» formed by pyrolysis from trees and other plants that grew hundreds of millions of years ago. The newest development, the transfer of the gasifying stage of coal into the mines (Hightower 1947), may be impossible to adopt when resin is used as raw material for lubricating oil.

When the Finnish lubricating oil plants of the 1940's are examined in the light of the technical development of the gigantic petroleum industry, the primitiveness and imperfection of the methods used are naturally accentuated. This, however, was due not only to the scant knowledge of the subject, but to the war which, as has been emphasized previously, absorbed the powers of this small country at a time when in addition the acquisition of building material was very difficult. On the other hand, there is still developmental work to be done within the sphere of the large scale and permanent industries of the world, for instance as regards continuous unit processes and continuous unit operations. This is true of the pulp cooking process, for instance, which is gradually beginning to arouse interest in Finland too. Examples have been quoted of clever adaptations of the continuous principle in stem wood pyrolyzing and tar making, where material of comparatively large particle size is handled. The treatment of Finnish resin products can better be compared in this sense with the case of petroleum.

Manufacture of resin lubricating oil.

Some peculiarities of the raw material typical of the manufacture of resin lubricating oils and the imperfection of the technique have been touched upon previously. As a matter of fact, the technique of tar lubricating oil manufacture had to be based on the knowledge of the 1910-30's and full profit from the research of the 1940's can really be gained only in the future. Unit operations derived from tar, resin oil and petroleum technology were combined. The use of catalysts in the tar oil method, however, improved the results, and, in relation to the equipment, a combination was invented that made possible the manufacture from stumpwood tar of a lubricating oil substitute that was suitable for a surprising number of purposes. The drawback of Swedish tar oil plants, the crystallization of retene, appeared only in refining experiments designed to improve the appearance of the oil products. The safety measures dictated by the war constitute an explanation and argument not easily disproved for the decision in Finland to build 40-50 new tar plants and 4 tar lubricating oil plants in different parts of the country in order to achieve a comparatively small output. In only four tar plants the output was of the order of magnitude of 300-600 tons yearly. The biggest tar oil factory had an output of 150 tons monthly.

In plants manufacturing lubricating oil from crude tall oil and tall oil pitch, equipment partly suitable for other operations and diverted from its normal purpose was used in order to save investments. Nor was their setting up preceded by research as intensive as in the case of tar lubricating oil plants. Hence it is difficult to say which manufacturing method was the best one. As several technicians were exercising

their brains with questions of equipment, some interesting arrangements were brought about, including continuous unit processes and unit operations.

In the polymerization of turpentine, which was the first process, thanks to the work of T. Norta, to produce lubricating oil on a mill scale, products were obtained which were admirably suited to the making of cable oil, vital at one time from the standpoint of war payments. Passable yields were obtained with aluminium chloride polymerization, and the oil quality was the same as in active earth polymerization, where, however, the yield of the light solvent fraction was better. The tower polymerization was a continuous unit process, but on the other hand the predistillation of turpentine, for instance, was carried out as a batch unit operation. In tower polymerization there was no danger of fire and it was a simple process. The use of a stationary catalyst, however, was a backward development in comparison to the fluid catalyst methods developed in the USA. In the field of turpentine polymerization much more research is needed in order to achieve first class results. New ideas about equipment were maturing when active earth polymerization was started: making distillation a continuous process, leading terpene vapors directly to tower polymerization, effective cooling of the towers and accurate temperature control, utilization of the extra heat energy liberated in polymerization for heating the plant, etc. The difficulty of getting material was the principal obstacle to the development of designing.

In any potential crisis in future there will be an opportunity considerably to improve the quality and manufacturing technique of resin lubricating oils. The attempt to produce first class cylinder oil from products, whether tall oil products or turpentine, will probably depend on a comparatively strong pyrolysis, in conjunction with polymerization.

Question of raw materials for lubricating oils in the future.

In addition to resin products, sulphite spirit, the outer bark of the birch waste from plywood mills and crude wax obtained in extracting peat, can be thought of as raw material for lubricating oil in Finland in abnormal times. The use of organic matter in pulp mill waste liquors is probably restricted since it finds an immediate use as fuel in the mills. In addition to the pyrolysis process, attention ought, perhaps, to be paid to biochemical methods. In this case, the wet saw dust, of which about 400.000 tons calculated bone dry is wasted in Finnish saw mills yearly, could be considered as raw material.

Final comments.

Resin lubricating oil substitutes helped the Finnish people to survive a severe crisis. Valuable experience was gained about the production, properties and utility of these products. As often in the past, the emergency of the 1940's started individuals working at various levels in the community for a definite end.

It was fortunate that the creation of our oil industry was backed up on the administrative level by men who realized the seriousness of the crisis before it was too late and were clever enough to understand the positive technical results in general derived from such industrial development work as is the object of this investigation.

The help obtained from Sweden in the field of stumpwood tar making and manufacture of oil substitutes was of vital importance. The positive attitude of our own people working

in pyrolyzing plants and in the oil business before the war was in itself remarkable. The experiences gained in the use of lubricating oils of the substitute class were valuable.

The narrow compass of the lubricating oil industry in particular has rendered it possible for a research worker and technician to gain a complete picture of how to organize the use of certain types of chemical raw material yielded by the forest, including the various ways in which production could exploit technical theories, at first the biosynthesis of resin, then the growing of resinous pine tissue etc. and at the end the technique of marketing products, too.

It would be desirable to continue research work in Finland on this deep but, considering the total compass of our forest industry, narrow front. For it is surely a fact that this oil industry, which has been appreciated and also criticized in not too subjective a manner, I hope, did succeed in opening up new technological and economic prospects, not only where resin is concerned, but also within the wider sphere of wood-utilizing industries in Finland.

Perhaps a time will come in the future when more resin products of more varied kinds than are known at present will be obtained from the forest, resin products in which the energy of the sun is more abundant than in wood fiber products, now shipped abroad, and in lignin which is found to be a good fuel at the mills. Unfortunately the breeding of tree races is a slow process demanding a hundred years to achieve what agriculture is able to accomplish in ten, as for instance recently in the case of oil plants in Finland.

LAKI

kotimaisten moottoripolttoaineiden ja voiteluaineiden sekä niiden raaka-aineiden valmistuksen ja käytön edistämisestä.

Annettu Helsingissä 3 päivänä joulukuuta 1943.

Eduskunnan päätöksen mukaisesti, joka on tehty valtiopäiväjärjestyksen 67 §:ssä määrättyllä tavalla, säädetään:

1 §.

Kotimaisten moottoripolttoaineiden ja voiteluaineiden sekä niiden raaka-aineiden valmistuksen ja käytön edistämiseksi valtioneuvostolla on valta:

valvoa ja sopivin toimenpitein säännöstellä tai määrätä säännösteltäväksi moottoripolttoaineiden ja voiteluaineiden sekä niiden raaka-aineiden ja näistä valmistettavien kemiallisten tuotteiden, niin myös puu- tai puuhiilikaasuttimien tahi muiden moottoripolttoaineen käyttöön tarvittavien apulaitteiden maahan tuontia, valmistusta, kauppaa, käyttöä ja laatua;

antaa tai oikeuttaa määräämänsä viranomainen antamaan kotimaisten moottoripolttoaineiden ja voiteluaineiden sekä niiden raaka-aineiden ja näistä valmistettavien kemiallisten tuotteiden valmistajille valtioneuvoston määräämillä ehdoilla takuusitoumuksia siitä, että valtio tarvittaessa ostaa sitoumuksissa määrättynä aikana valmistetut tuotteet valtioneuvoston vahvistamasta hinnasta tai, jos valtio on irtisanonut takuusitoumuksen, suorittaa valtioneuvoston määräämien perusteiden mukaan korvauksen tuotantolaitokseen sijoitetun pääoman jäljellä olevista kuoletuskustannuksista, kuitenkin enintään vielä kulumatta olevaa takuu-aikaa vastaavan osan tällaisten kustannusten määrästä;

tukea tulo- ja menoarvion rajoissa valtion varoilla kotimaisten moottoripolttoaineiden ja voiteluaineiden sekä niiden raaka-aineiden ja näistä valmistettavien kemiallisten tuotteiden valmistuksen ja käytön edistämistä tarkoittavaa tutkimus- ja kokeilutoimintaa;

antaa määräyksiä moottoripolttoaineiden ja voiteluaineiden sekä niiden raaka-aineiden ja näistä valmistettavien kemiallisten tuotteiden teknillisen kelpoisuuden tarkastuksesta ja siitä maahan tuojalta ja valmistajalta perittävistä maksuista;

määrätä, minkä viranomaisen asiana on huolehtia tämän lain nojalla annettujen määräysten täytäntöönpanosta ja päättää sanottua tarkoitusta varten tarpeellisten toimikuntien ja toimihenkilöiden asettamisesta, tehtävistä ja toiminnasta; sekä

antaa määräyksiä tarkastusten toimittamisesta ja ilmoittamisvelvollisuudesta, milloin se on tarpeen tässä laissa edellytettyä toimenpidettä tai tämän lain nojalla annettujen määräysten toimeenpanoa ja valvontaa varten.

2 §.

Joka rikkoo tämän lain nojalla annettuja määräyksiä, rangaistakoon, jollei muualla laissa ole säädetty ankarampaa rangaistusta, sakolla tai enintään vuoden vankeudella.

3 §.

Tarkemmat määräykset tämän lain soveltamisesta antaa valtioneuvosto.

4 §.

Tämä laki on voimassa vuoden 1948 loppuun, ja sillä kumotaan puu- ja puuhiilikaasuttimien käytön edistämisestä 8 päivänä marraskuuta 1940 annettu laki. Kuitenkin jäävät sanotun lain nojalla annetut määräykset edelleen noudatettaviksi, kunnes asianomainen viranomainen toisin määrää.

Helsingissä 3 päivänä joulukuuta 1943.

Tasavallan Presidentti

RISTO RYTI.

Ministeri *N. A. Osara.*

Kirjallisuusuuttelo

- Alanko, L. 1949. Metanolin synteettinen valmistus Enso-Gutzeit Osakeyhtiön Imatran tehtaalla. Teknillisen Kemian Aikakauslehti, ss. 339–41.
- American Society for Testing Materials. 1949. Tentative methods of testing tall oil. A.S.T.M. Designation: D 803–49 T. Book of A.S.T.M. Standards, part 4, ss. 559–71.
- Anon. 1830. Beskrivning om gran-tall kådas mångfaldiga nytta och serskilda användande. Stockholm.
- »— 1937. En destillationsapparat för tjära. Teknisk Tidskrift, ss. 23–24.
- »— 1941 a. Stubbrytningen åter aktuell. Skogen, ss. 320–28.
- »— 1941 b. Arbetsorgan för pyrolys och tjärförädling. Pyrolysgnar 1940–41 och därmed vunna resultat. IVA 1941:4, ss. 207–26.
- »— 1945. Analysmetoder för sulfatterpentin. SPCI:s tekniska meddelanden. CCA 14. Svensk Papperstidning, ss. 495–99.
- »— 1946. Analysmetoder för rå och destillerad tallolja. SPCI:s tekniska meddelanden. CCA 15. ibid., ss. 97–103.
- »— 1947. Kolningsugn för finfördelad ved. IVA 1947:2, ss. 62–63.
- »— 1951 a. Tervan viennissä v. 1950 uusi ennätys. Teknillisen Kemian Aikakauslehti s. 72.
- »— 1951 b. Kemikaalien ja eräiden kemian teollisuuden tuotteiden ja raaka-aineiden tuonti Suomeen vv. 1949–50. Teknillisen Kemian Aikakauslehti, ss. 226–30.
- Ant-Wuorinen, O. 1942 a. Uusi puun sokeroimismenetelmä ja sen mahdollisuus olla uuden kansallisen suurteollisuuden perustana. Suomen Kemistilehti, ss. 31–41.
- »— 1942 b. Eine neue Holzverzuckerungsmethode. Die chemische Technik, ss. 253–57.
- »— 1948. Decomposition of Monosaccharides on Hydrolysis of Wood with SO_2 -solution. Suomen Kemistilehti B, ss. 29–33.
- Austerweil, G. — Roth, J. 1917. Gewinnung und Verarbeitung von Harz und Harzprodukten. München und Berlin.
- Barduishev, I. I. — Pirjatiniskij, A. L. — Barduisheva, K. V. — Tschernajeva, O. I. 1950. O sostave otetschestvennuh skipidarov is obuik-novennoj sosnui. Schurnal Prikladnoj Himii, ss. 203–10.
- von Berg, C. H. E., 1860. Anleitung zum Verkohlen des Holzes. (Euroopan hiiltokirjalli-suuden luettelo v:ilta 1680–1855, ss. 11–21) Darmstadt.
- Bergström, H. 1932 a. Oljor och andra produkter ur ved. IVA 1932:1, ss. 12–18.
- »— 1932 b. Förädling av flytande harts. Svensk Papperstidning, ss. 156–61.
- »— 1938. Kolningslaboratoriets verksamhet 1907–1937. Teknisk Tidskrift K, ss. 89–94.
- »— 1941. Kolningslaboratoriets verksamhet arbetsåret 1940–41. IVA 1941:4, ss. 192–204.
- »— 1943 a. Kolningslaboratoriets berättelse arbetsåret 1941–42. IVA 1943:1, ss. 11–27.
- »— 1943 b. Kolningslaboratoriets arbeten 1 juli 1942–30 juni 1943. IVA 1943:4, ss. 251–73.

- »— 1943 c. Kontinuerlig kolning av fullständigt uttorkad ved. Bränsletekniska kommittén vid Ingeniörsvetenskapsakademien. Pyrolysmötet 5 mars 1943, ss. 27–29.
- »— 1944 a. Kolningslaboratoriets verksamhet 1 juli 1943–30 jun 1944. IVA 1944:4, ss. 149–71.
- »— 1944 b. Träkolning. Bränsletekniska kommittén vid Ingeniörsvetenskapsakademien. Pyrolysmötet 12 maj 1944, ss. 25–29.
- »— 1946. Utredning angående arbetsförhållanden vid sulfatcellulosafabriker med hänsyn till hälsofaran. Produkter ur trä V. Stockholm.
- »— 1947. Handbok för kolare, IV Upplaga, Uppsala.
- »— 1948. Biprodukter vid framställning av sulfatcellulosa. Cellulosa och Papper, SPCI 1908–1948, Stockholm, ss. 346–63.
- »— 1950. Framställning av trätjärer och produkter därur. IVA 1950:3, ss. 81–87.
- Bergström, H. — Cederquist, K. N. 1931. Torrdestillation av trätjärer I. IVA 1931:4, ss. 82–86.
- »— 1933. Torrdestillation av trätjärer II. IVA 1933:3, ss. 91–93.
- »— 1934. Tryckupphettning av stubbtjära och A-tjära. IVA 1934:1, s. 39.
- »— 1937. Hartssyrornas förekomst i svartlut och tvättvatten. Svensk Papperstidning, ss. 112–14.
- Bergström, H. — Cederquist K. N. — Trobeck, K. G. 1936. Framställning av bensin och smörolja ur trätjära, skifferolja m.fl. produkter genom hydrering. IVA 1936:4, ss. 125–32.
- Bergström, H. — Fagerlind, O. 1908. Biprodukter vid framställning av natron-cellulosa. Jernkontorets Annaler, ss. 575–87, 649–65.
- Bergström, H. — Trobeck, K. G. 1938. Sätt vid tvättning av cellulosa. Ruotsalainen patentti n:o 102 859.
- »— 1943 a. Avskiljnin sanordning för såpa ur svartlut. Självantändning förorsakad av svaveljárn. Svensk Papperstidning, s. 494.
- »— 1943 b. Undersökningar på flytande hartsområdet. ibid., ss. 565–69.
- »— 1944 a. Bestämning av harts i flytande sulfat-avlutar. ibid., s. 7.
- »— 1944 b. Förluster av flytande harts vid sulfatfabriker. ibid., ss. 29–33.
- »— 1945. Svavelförluster vid sulfatcellulosaframställningen. ibid., ss. 195–99.
- »— 1946. Mättade feta syror i flytande harts. ibid. s. 330.
- »— 1947. Extrakt ur ved. ibid., s. 215–21.
- Bergström, H. — Wesslen, G. 1922. Om träkolning, III upplaga, Stockholm.
- Blengsli, H. L. 1940. Tall Oil. Paper Trade Journal, Vol. 111, TS, ss. 139–40.
- Bohr, E. 1951. Tillsatser för motorsmörjolja. Teknisk Tidskrift, ss. 317–20.
- Bristedt, E. 1942. Sveriges smörjmedelsförsörjning i fredstid och krigstid. Kurs i smörj-ningsteknik. Norrköping, ss. 7–10.
- »— 1944. Pyrolyspanprodukter som smörjoljor. Bränsletekniska kommittén vid Ingeniörs-vetenskapsakademien. Pyrolysmötet 12 maj 1944, ss. 6–12.
- Browning, B. L. — Calkin, J. B. 1946. The fatty acids in tall oil — a literature review. Paper Trade Journal, TS., ss. 215–17.
- Bugge, G. 1927. Industrie der Holzdestillationsprodukte. Dresden.
- Burch, G. N. B. — Shaw, A. C. — Nicholls, R. V. V. 1947. Canadian tall oils. Their composition and potential uses. Pulp and Paper Magazine of Canada, ss. 127–32.
- Cajander, A. K. 1916. Metsänhoidon perusteet I. Kasvibiologian ja kasvimaantieteen perusteet, Porvoo.

- Cederquist, K. 1943. En ny kontinuerlig schaktugn för träkolning. Bränsletekniska kommittén vid Ingeniörsvetenskapsakademien. Pyrolysmötet 5 mars 1943, ss. 9—11.
- Chilson, W. 1947. Making a Research and Development Program Work. The Paper Industry and Paper World, ss. 222—23.
- Christianson, B. 1948. Coal Research in the USA Today. IVA 1948:1, ss. 59—75.
- Cirves, F. J. 1943. Tall Oil Recovery. Paper Industry and Paper World, ss. 149—51.
- Collander, R. 1944. Kasvifysiologian perusteet I. Helsinki.
- »— 1947. Kasvifysiologian perusteet II, Helsinki.
- Dahlen, A. 1947. Forskningen inom USA:s kemiska industri. Teknisk Tidskrift, ss. 749—54.
- Ehrensward, G. — Nilsson, H. 1944. Destillation av trätjära med överhettad alkoholång. Bränsletekniska kommittén vid Ingeniörsvetenskapsakademien. Pyrolysmötet 12 maj 1944, ss. 34—36.
- Ekman, E. — Sundgren, A. 1945. Turve ja turpeenjalostus. Teknillinen Aikakauslehti, ss. 193—201.
- Enkvist, T. 1945. Centrallaboratoriets metod för fabrikation av smörjolja ur stubbtjära och andra hartssyrhaltiga råmaterial. Keskuslaboratorio Oy:n tutkimuslöst, Helsinki.
- »— 1947 a. Några erfarenheter vid prövning på flyktiga svavelföreningar i sulfatterpentin. Suomen Paperi- ja Puutavaralehti, ss. 38—44.
- »— 1947 b. Undersökningar rörande talloljebeck. Svensk Papperstidning, ss. 363—69.
- »— 1948 a. Lubricating Oil from Pine Tar and Tall Oil. 3. The Effect of Catalysts on the Decarboxylation of Fatty Acids from Tall Oil. Suomen Paperi- ja Puutavaralehti, ss. 446—52, 459.
- »— 1948 b. Smörjolja från trätjära och tallolja. 5. Egenskaper hos smörjolja framställd katalytiskt ur stubbtjära. Finska Kemistsamfundets Meddelande, ss. 80—96.
- »— 1949. Smörjolja från trätjära och tallolja. 4. Kok med katalysatorer på stubbugnstjära. Suomen Paperi- ja Puutavaralehti, ss. 44—47, 61—68, 75.
- »— 1950. Smörjolja ur trätjära. IVA 1950:3, ss. 100—22.
- Enkvist, T. — Bäck, K. 1947. Förbättring av polhöjden hos tjärsmörjolja. Svensk Papperstidning, ss. 76—80.
- Enkvist, T. — Kahila, S. 1950. Katalytisk framställning av smörjolja ur tallolja och talloljebeck. Suomen Paperi- ja Puutavaralehti B, ss. 26—32.
- Enkvist, T. — Mäkelä, K. 1948. Lubricating Oil from Pine Tar and Tall Oil. 2. The Effect of Catalysts on the Decarboxylation of Resin Acids from Tall Oil and Tall Oil Pitch. Finska Kemistsamfundets Meddelande, ss. 21—61.
- Enkvist, T. — Mäkelä, K. — Krohn, T. 1947. Lubricating Oil from Pine Tar and Tall Oil. 1. The Composition of Oven Pine Stump Tar from Plant of Maavesi. Suomen Paperi- ja Puutavaralehti, ss. 336—38.
- Enström, A. F. 1933. Inhemskt motorbränsle. IVA 1933:2, ss. 45—48.
- »— 1940. Skogen som råvarukälla i fred och krig. IVA 1940:1, ss. 48—57.
- Erickson, H. D. 1938. The Flow of Liquid through Radial Resin Canals. Journal of Forestry, ss. 417—23. Ref. Holz als Roh- und Werkstoff 1938, ss. 358.
- Fahrion, W. 1909. Über einflussiges Harz. Zeitschrift für angewandte Chemie, ss. 582—83.
- Frey, G. 1945. Tillverkning av smörjolja ur trätjära. Teknisk Tidskrift, ss. 145—54.
- Frey-Wyssling, A. 1935. Die Stoffausscheidung der höheren Pflanzen. Berlin.
- »— 1938. Über die Entstehung von Harztaschen. Holz als Roh- und Werkstoff, ss. 329—32.
- Gabrielson, C. O. 1950. The Composition of Tall Oil and its Distillation Products. IVA 1950:4, ss. 162—84.

- Gejrot, C. 1943. Driftresultat från Skifferverket i Kvarntorp. Bränsletekniska kommittén vid Ingeniörsvetenskapsakademien. Pyrolysmötet 5 mars 1943, ss. 30—33.
- Gerry, E. 1942. Radial Streaks and Giant Resin Ducts in Spruce. United States Department of Agriculture. Forest Service. Forest Products Laboratory, Mimiograph n:o 1391.
- Grün, A. — Ulbrich, E. — Krczil, F. 1926. Beiträge zur Synthese der Wachse. Zeitschrift für angewandte Chemie, ss. 421—423.
- Gustafsson, Ch. 1947. Några erfarenheter om tallolja och sulfatterpentin som råmaterial inom den kemiska industrin. Finska Kemiska Samfundets Meddelanden, ss. 18—21.
- Hakanen, A. 1926. Kuivatislauustuotteiden vienti Suomesta. Metsänhoitotutkintoon liittyvä metsäpoliittinen tutkielma. Helsinki.
- Harlahti, O. A. — Gustafsson, C. A. F. 1949. Tapa valmistaa eristysöljyä. Suomalainen patentti n:o 23027.
- Harno, S. 1944. Tjärvedens Behandling. Skogsbruket, ss. 299—301.
- Harris, G. C. 1948. Wood Resins. Nature of the Chemical Components of Wood. Tappi Monograph Series n:o 6, ss. 167—177.
- Harva, O. 1946. The salting out of tall oil soaps. Suomen Kemistilehti, ss. 77—83.
- Hasselström, T. 1925. Bidrag till kännedom om de i tallolja förekommande fettsyror. Suomen Paperi- ja Puutavaralehti, ss. 632—38.
- »— 1927. Om palmitinsyrehalten i tallolja. Suomen Paperi- ja Puutavaralehti, ss. 136—44.
- »— 1944. Fundamental Research on Tall Oil and Sulphate Turpentine and Commercial Exploitation of Results. Paper Trade Journal, Vol. 118, ss. 134—38.
- »— 1949. On Pine Tree Resenes. Paper Trade Journal. Vol. 128, TS, ss. 55—59.
- Hauan, R. 1942. Synpunkter på viskositetsproblemet. Kurs i smörjningsteknik. Norrköping. ss. 46—51.
- Hawley, L. F. 1926. Holz-Destillation. Berlin.
- »— 1946. The Thermal Decomposition of Wood. Wise, L. E.: Wood Chemistry, Chapter 21, ss. 679—95. New York.
- Heinänen, P. 1948. Über die Oxydation des Tallöls. Suomen Kemistilehti B, ss. 65—74.
- Heinänen, P. — Kecklund, L. 1949. Über die Oxydation des Tallöls. Suomen Kemistilehti B, ss. 52—55.
- Helander, B. 1922. Metsänkäyttöoppi. II painos. Porvoo.
- »— 1949. Suomen metsätalouden historia. Porvoo—Helsinki.
- Helander, B. B. — Vesterinen, E. 1918. Tervateollisuus. Helsinki.
- Hellström, A. 1943. Erfarenheter med terekolning. Bränsletekniska kommittén vid Ingeniörsvetenskapsakademien. Pyrolysmötet 5 mars 1943, ss. 12—20.
- »— 1944. Nya erfarenheter av terekolning. Bränsletekniska kommittén vid Ingeniörsvetenskapsakademien. Pyrolysmötet 12 maj 1944, ss. 19—24.
- Hellström, Alfons 1939. Über die Raffination von Tallöl. Chemiker-Zeitung, ss. 358—61.
- Hellström, N. 1943 a. Om destillat från träkolning. Ingeniörsvetenskapsakademiens Handlingar n:o 171.
- »— 1943 b. Om möjligheterna att med kemiska metoder bedöma trätjörar. Bränsletekniska kommittén vid Ingeniörsvetenskapsakademien. Pyrolysmötet 5 mars 1943, ss. 53—54.
- »— 1944 a. Om destillat från träkolning. IVA 1944:1, ss. 16—25.
- »— 1944 b. Om destillat från träkolning. IVA 1944:2, ss. 71—86.
- »— 1948 a. On Distillates from Fir Stumps. Kungliga Tekniska Högskolans Handlingar n:o 21. Stockholm.

- »— 1948 b. On Identification and Determination of Polycyclic Hydrocarbons by Ultraviolet Absorption and Chromatographic Absorption. *Acta Chemica Scandinavica*, ss. 319—32.
- Hentola, Y. 1951. Kotimaisten savien aktivoinnista. *Suomen Kemistilehti*, ss. 18—22.
- Hightower, J. V. 1947. Gasifying Coal Underground. *Chemical Engineering*, n:o 4, ss. 107—09.
- Hohenstein, A. 1857. *Die Theer-Fabrikation*. Wien.
- Holmberg, B. 1937. Sulfittcellulosaindustriens hartssvårigheter. *Svensk Papperstidning*, ss. 180—82.
- Holopainen, V. 1950. Eräiden Suomen kaupunkien halkojen hankinta-alueet. *Acta Forestalia Fennica* 59. Helsinki.
- Håkansson, H. 1943. Driftserfarenheter från Kooperativa Förbundets kolningsanläggning i Lycksele. Bränsletekniska kommittén vid Ingeniörsvetenskapsakademien. Pyrolysmötet 5 mars 1943, ss. 6—8.
- Häggglund, E. 1939. *Holzchemie*. Leipzig.
- Häggglund, E. — Larsson, S. 1937. Om grankvistens kemiska sammansättning och dess förhållande vid sulfittkockningsprocessen. *Svensk Papperstidning*, ss. 356—60.
- Härlin, A. 1941. Virkesförråd, tillväxt och avverkning. IVA 1941:1, ss. 37—41.
- Höckerberg, S. ym. 1942. Rening av smörjoljor. Kurs i smörjningsteknik. Norrköping, ss. 87—93.
- Ilvessalo, Y. 1947. Suomen metsävarat ja metsien tila. II valtakunnan metsien arviointi. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 30.
- »— 1948. Nyky-Suomen metsät. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 25. Helsinki.
- Itkonen, T. I. 1934. Muinaisen tervahaudan kaivaus Sulkavalla. Suomen muinaismuistoyhdistyksen vuosikirja XL. Helsinki.
- Jakobsson, T. 1939. Tallöl oder flüssiges Harz. *Svensk Papperstidning*, ss. 473—74, 513—14, 534—35, 600.
- »— 1940. Tallöl oder flüssiges Harz. *ibid.* ss. 24—25, 44—45, 65—66, 109—10, 175—79.
- »— 1943. Tallöl oder flüssiges Harz. *ibid.* ss. 128, 183, 283—84.
- »— 1944. Tallöl oder flüssiges Harz. *ibid.* ss. 473—74, 492—94, 580—81, 605—07.
- »— 1949. Tallöl oder flüssiges Harz. *ibid.*, ss. 193—98, 290—94, 379—80, 381—82, 451—53, 481—82.
- »— 1950. Tallöl oder flüssiges Harz. *ibid.* ss. 369—75, 444—46.
- Jalava, M. 1933. Suomalaisen männyn lujuusominaisuuksista. Metsätieteellisen Tutkimuslaitoksen julkaisuja 18. 7. Helsinki.
- »— 1945. Suomalaisen männyn, kuusen, koivun ja haavan lujuusominaisuuksista. Metsätieteellisen Tutkimuslaitoksen julkaisuja 33. 3. Helsinki.
- Jalava, M. — Palosuo, V. J. 1945. Metsäteollisuuden riippuvaisuus rautatiekuljetuksista raakapuun hankinnassa. Metsätaloudellinen Aikakauslehti, ss. 187—89.
- Jayme, G. — Blischnok, B. 1938. Über die chemische Zusammensetzung der verschiedenen Anteile des Kiefernholzes. Holz als Roh- und Werkstoff, ss. 538—43.
- Jennings, W. H. 1948. Seasonal and geographical variations in tall oil composition. *Paper Trade Journal*, TS, ss. 134—35.
- Jensen, W. 1945. En smörjoljekampanj. Suomen Paperi- ja Puutavaralehti, erikoisnumero, ss. 32—35.
- »— 1948. Om ytskiktsavfallet vid framställning av björkfaner. Helsingfors.
- »— 1949 a. Chromatographic Analysis of Tall Oil, I. Determination of Neutral Matter. Suomen Paperi- ja Puutavaralehti, ss. 225—27.

- »— 1949 b. Chromatographic Analysis of Tall Oil, II. Determination of Free Fatty Acids. *ibid.*, ss. 293—94.
- »— 1950. A Study of the Neutral Fraction of Tar from the Outer Bark of Birch. *Paperi ja puu B*, ss. 168—72.
- Johansson, D. 1942. Utvinning av kemiska produkter ur svartlut. *Industriens Utredningsinstitut. Norrlandsutredningen*, ss. 188—202.
- Juvelius, E. 1747. Tiärtilwäreckningen i Österbotn, Korteligen beskrifwen och Genom en Gradual Disputation, under Professorens i Naturkunnigheten och Kongl. Weten-skaps Academiens Ledamots Herr Carl Fridric Mennanders Inseende Utgifwen af Eric Juvelius, Österbotninge. Den 13. Junii, år 1747. Sedermera af Auctorn ifrån Latin på Swenska efter befallning öfversatt och något ändrad samt tilökt til trycket befordrad. Åbo.
- Juvonen, V. V. 1947. Mäntyöljy. Suomen Kemistilehti, ss. 18—27.
- »— 1950. Production of Tall Oil in Finland. *Paper Trade Journal*, Vol. 130, TS, ss. 27—29.
- Kadmer, E. H. 1941. Schmierstoffe und Maschinenschmierung. 2. Auflage, Berlin.
- Kahila, S. 1945. Käynti Teollisuuden Tervatuote Oy:n tervatehtaalla Kajaanissa ja tehtaan tuotteiden tutkiminen. Keskuslaboratorio Oy:n tutkimuseloste, Helsinki.
- »— 1947. Kantotervan käyttömahdollisuuksista. Keskuslaboratorio Oy:n tutkimuseloste. Helsinki.
- »— 1948. Mäntyöljyn analyysimenetelmistä. Suomen Paperi- ja Puutavaralehti, ss. 144—46, 164, 171—74, 198—202.
- »— 1950. Sulfaattiselluloosatehtaiden mustalipeiden mäntyöljypitoisuuksista. *Paperi ja Puu B*, ss. 238—42.
- »— 1951. Mäntyöljystä. Suomen Kemistilehti A, ss. 175—88.
- Kahila, S. K. — Kurkela, A. 1950. Sulfaattitärpätin talteenotto, puhdistus ja käyttö. Oy Keskuslaboratorion kirjallisuustutkimus n:o 26.
- Kaila, E. E. 1931. Tervanpolton leviäminen Suomessa 1700-luvun puolimaissa. *Silva Fennica* 21, Helsinki.
- Kajanne, P. 1950. Composition of the fatty acids of pine wood extract and tall oil — a spectrophotometric investigation. *Acta Chemica Scandinavica*, ss. 1147—49.
- Kalala, E. K. 1946. Pihkomiskokeita pohjoisissa männiköissä. *Acta forestalia fennica* 52. 3. Helsinki.
- Karrman, K. J. 1947. Reten — ett skandinaviskt kolväte. IVA 1947:3, ss. 79—88.
- Keith, P. C. 1946. Synthetic Oils Promise to Bolster Petroleum Reserves. *Chemical Engineering*, n:o 4, ss. 101—03.
- Kettunen, K. 1942. Juurikaspuu ja sen käyttö. Metsätaloudellinen Aikakauslehti, ss. 206—10.
- Khudovkov, V. D. 1949. Sbor i pererabotka suirogo sulfatnogo muila. *Bumazhnaya Promishlennost*, ss. 22—25.
- Khudovkov, V. D. — Kartseva, M. V. 1950. Puti uvelitschenija sbora sulfatnogo muila. *Bumazhnaya Promishlennost*, ss. 30—32.
- Kienitz, G. A. 1936. Kiefernstockholz als Rohstoff für Cellulose-, Harz- und Terpentinöl-Gewinnung. *Papierfabrikant*, ss. 345—49.
- Kirjakka, P. — Kajanne, P. 1950. Suomalaisen mäntyöljyn rasvahappo-osan koostumusta koskeva tiedonanto SKS:n kokouksessa 5. 4. 1950. Suomen Kemistilehti, s. 150.
- Klar, M. 1910. *Technologie der Holzverkohlung*. 2. Auflage, Berlin.

- Klason, P. 1923 a. Försök till en teori för torrdestillation af trä. Sveriges industriellt viktigaste träslag. Stockholm.
- »— 1923 b. Kolning och torrdestillation av ved och därvid framställbara produkter. *ibid.*
- Klason, P. — v. Heidenstam, G. — Norlin, E. 1912. Teoretiska undersökningar rörande kolning av ved. I Om torrdestillation af cellulos. II Torrdestillation av furu-, gran-, björk- och bokved. Sveriges industriellt viktigaste träslag II, Stockholm.
- Klingstedt, F. W. 1947. Pyrolys av hartssyra. Svensk Papperstidning, Festschrift tillägnad Erik Hägglund 1887—1947, ss. 127—29.
- Knutson, B. 1942. Smörjfetternas klassifikation, egenskaper och användningsområden. Kurs i smörjningsteknik. Norrköping, ss. 23—25.
- Kollman, F. 1951. Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, I. Nördlingen.
- Kolningslaboratoriet. 1942. Förslag till metoder för undersökning av trätjärer och tåterpentinolja. Stockholm.
- Komppa, G. 1908. Tervan poltto. Oma Maa II, ss. 439—46. Porvoo.
- Komppa, O. J. 1944. Nestemäisen polttoaineen valmistus turpeesta. Teknillinen Aikakauslehti, ss. 9—18.
- »— 1949. Synteettisen metanolin valmistus puusta. Teknillinen Aikakauslehti, ss. 339—41.
- Korpisaari, P. 1911. Suomen Ulkomaankauppa 1812—25. Helsinki.
- Kovero, M. 1926. Suomen vientiteollisuus. Helsinki.
- Krczil, F. 1938 a. Aktive Tonerde, ihre Herstellung und Anwendung. Stuttgart.
- »— 1938 b. Technische Adsorptionstoffe in der Kontaktkatalyse. Leipzig.
- »— 1940. Kurzes Lehrbuch der Polymerisationstechnik. Band I. Leipzig.
- Kurth, E. F. 1933. Distribution and Nature of Extractives in Longleaf and Shortleaf Pine. Industrial Engineering Chemistry, ss. 192—95.
- »— 1946. The Extraneous Components of Wood. Wise L. E.: Wood Chemistry, Chapter 12, ss. 385—445.
- Kurth, E. F. — Sherrard, E. C. 1931. Distribution of Ether Extractive in Slash Pine. Industrial Engineering Chemistry, ss. 1156—59.
- Kähr, H. 1950. Användning av tjärer och tjärderivat såsom motorbränsle. IVA 1950:3, ss. 88—99.
- König, F. 1940. Sätt att framställa värdefulla, särskilt smörjöljeliknande produkter ur terpenhaltiga råämnen. Ruotsalainen patentihakemus n:o 4113/40.
- Köstler, J. 1943. Wirtschaftslehre des Forstwesens. Berlin.
- Laakso, P. V. 1949. Retene Investigations V. Preparation of Retene from Tar by Means of Dehydrogenation. Annales Academiae, Scientiarum Fennicae, A II Chemica, 30.
- Lagerqvist, J. — Sandström, G. 1944. Isolerolja som biprodukt vid sulfatcellulosatillverkningen. Svensk Papperstidning, ss. 59—62.
- Laitakari, E. 1927. Männyn juuristo. Väitöskirja. Helsinki.
- La Lande, W. A. 1934. Pyrolysis of Abietic Acid. Industrial Engineering Chemistry, ss. 678—81.
- Larinkari, G. 1947. Om tallvedens kemiska sammansättning. Helsingfors.
- Larinkari, J. 1946 a. Heinolan tervavoiteluöljytehtaan toimintakertomus. Konekirjoitelma. Heinola.
- »— 1946 b. Tervavoiteluöljyn laadun parantaminen. Suomen Paperi- ja Puutavaralehti, ss. 30—32.
- »— 1947. Tervavoiteluöljyn valmistuksessa saatavien sivutuotteiden käyttömahdollisuuksista. Suomen Paperi- ja Puutavaralehti, ss. 22—26.

- Larsen, K. R. 1944. Kontinuerlig kolning. Meddelanden från AB. Svenska Fläktfabriken, Fläkten, ss. 135—38.
- Larsson, E. 1905. Ett hartsämne ur svenskt tallträ. Svensk Kemisk Tidskrift, ss. 148—51.
- Larsson, F. A. 1944. Hartsutbytet vid sulfatkokning. Svensk Papperstidning, ss. 281—88.
- Lassenius, T. 1948. Tillverkningen av sulfitsprit i Sverige och Finland. Cellulosa och Papper, S.P.C.I. 1908—1948, ss. 398—405.
- »— 1950. Statistiska data om sulfatbiprodukternas användning i Finland. Paperi ja Puu B, Erikoinumero, ss. 22—30.
- »— 1951. Cellulosaindustrin och dess biprodukter 1950. Teknillisen Kemian Aikakauslehti, ss. 156—58.
- Lassila, I. 1945. Tervan ja tärpätin valmistus. Helsinki.
- Levy, B. 1945. Tjärsörjöljors beständighet mot oxidation med och utan tillsats av organiska järnföreningar. IVA 1945:1, ss. 39—45.
- Liander, H. 1943. Svensk transformatorolja. Aseas Tidning, ss. 164—74.
- Liander, H. ym. 1942. Smörjmedelsbesparing inom industrien. Kurs i smörjningsteknik. Norrköping, ss. 64—86.
- Lindblad, A. R. 1928. Sätt att bearbeta sulfatsåpa eller tallolja. Ruotsalainen patentti n:o 69470.
- Linder, Å. 1941. Biprodukter vid sulfatcellulosaindustrin. NKI. Stockholm. Ref. G a b r i e l s s o n, 1950.
- Lindgren, K. 1943. Erfarenheter med vagnretortugnar. Bränsletekniska kommittén vid Ingeniörsvetenskapsakademien. Pyrolysmötet 5 mars 1943, ss. 23—26.
- Lindholm, A. J. 1892. Bidrag till kännedom om Finlands ekonomiska tillstånd under tidskriftet 1634—1654. Akademisk Afhandling, ss. 107—13. Helsingfors och Uleåborg.
- Lindman, K. 1941. Handbok i kolning. Eksjö.
- Lindquist, W. 1937. Estländska oljeskifferindustrin. Teknisk Tidskrift, ss. 71—75.
- Lombard, R. 1946. Produits Resineux, Gemmes, Colophanes & Derives. Paris.
- Lundberg, K. 1916. Skogsavfallets tillgodogörande. Norrlands Skogsvårdsförunds Tidskrift.
- Löfgren, B. E. 1942. Retortkolning av töre. Meddelande från AB. Svenska Fläktfabriken. Fläkten, ss. 52—61.
- »— 1943. Erfarenheter med Svenska Fläktfabrikens töreugn enligt Kolningslaboratoriets modell. Bränsletekniska kommittén vid Ingeniörsvetenskapsakademien. Pyrolysmötet 5 mars 1943, ss. 21—22.
- Magnusson, G. 1943. Driftserfarenheter vid Aminoff-ugnen i Bysjön samt vid kolningsugnar enligt Svenska Gengasaktiebolagets modell. Bränsletekniska kommittén vid Ingeniörsvetenskapsakademien. Pyrolysmötet 5 mars 1943, ss. 2—5.
- Malinen, P. 1948. Maaailman öljyvarat hupenevat. Uusi Suomi, 29. 5.
- Markley, K. S. 1947. Fatty Acids. New York.
- Marks, B. M. — Howard, H. C. Jr. 1928. The Catalytic Decomposition of Oleic Acid. Journal of Physical Chemistry, ss. 1040—48.
- Mayr, H. 1894. Das Harz der Nadelhölzer. Seine Entstehung, Vertheilung, Bedeutung und Gewinnung. Für Forstmänner, Botaniker und Techniker. Berlin.
- McKee, R. H. — Blangslie, H. L. 1936 a. Tall Oil I. Historical Development of the Tall Oil Industry. Paper Trade Journal, Vol. 103, TS., ss. 208—09.
- »— 1936 b. Tall Oil II. A new Method of Refining Tall Oil. *ibid.*, 227—28.
- Meritt, R. W. — White, A. A. 1943. Partial Hydrolysis of Wood. Industrial Engineering Chemistry, ss. 297—301.

- Metsänheimo, U. 1944. Kantotervan tuotannon lisäämisestä. Metsätaloudellinen Aikakauslehti, ss. 127–28.
- »— 1945. Tervakset ja niiden hankinta. Metsäkalenteri, ss. 211–16, 282–85.
- Molin, E. ym. 1942. Ersättningsoljor och deras tillverkning. Kurs i smörjningsteknik. Norrköping, ss. 94–107.
- Murto, J. O. 1945 a. Matkavaikutelmia Ruotsin hiiltoteollisuudesta keväällä 1945. Konekirjoitelma, Helsinki.
- »— 1945 b. Terva- ja tervavoiteluöljyteollisuuden v:n 1946 toimintahahmoittelua. Kansanhuoltoministeriölle laadittu lausunto 1. 12. Helsinki.
- »— 1946. Kotimainen voiteluöljyteollisuus. Kemian Keskusliiton eripainoksia 32. Helsinki.
- »— 1950. Suomen puu selluloosan ja paperin raaka-aineena. 30. 11. pidetty julkaisematon esitelmä.
- Murto, J. O. — Kiviharju, K. 1949. Eräs tapa valmistaa voiteluöljyä sulfaattiselluloosatehtaiden raakasuoista. Teknillinen Aikakauslehti, ss. 483–84.
- Murto, T. G. 1949. Lappeenranta 300 vuotta kaupunkina. Lappeenranta.
- Mäntysaari, V. 1944. Muistio toimenpiteistä sekä suunnitelmista kantotervan valmistamiseksi ja jalostamiseksi voiteluöljyksi. Konekirjoitusmoniste. Helsinki.
- Naucleer, J. O. 1943. Termodynamiska förhållanden vid ytkondensering och vid uttvättning. Bränsletekniska kommittén vid Ingeniörsvetenskapsakademien. Pyrolysmötet 5 mars 1943, ss. 44–48.
- Noll, A. 1948. Rapid determination of the components of tall oil varnish. Seifen-Öle-Fette-Wachse, ss. 270–71.
- Nordenskjöld, I. 1912. Bidrag till kännedom om törebildningen i tallved. Sveriges industriellt viktigaste träslog. Stockholm.
- Norlin, E. 1943. Förarbeten och undersökningar med Duffins och Timkens oljeprovningssmaskiner. IVA 1943:1, ss. 107–17.
- Norta, T. 1941. Teknillisesti arvokkaiden tuotteiden valmistus raakatärbäristä. Suomalainen patentti n:o 21111. (Ruotsal. pat. n:o 106327.).
- Nylinder, P. 1951. Om patologiska hartskanaler. Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut. Band 40, n:o 7.
- Nyman, G. A. 1934. Zur Chemie des Retens und des Dihydreretens. Suomalaisen tiedeakatemian toimituksia A, XLI, n:o 5. Helsinki.
- Olsson, J. 1931. Bidrag till kännedom om barrvedtjärans högkokande beståndsdelar. IVA 1931:2, ss. 53–54.
- Olsson, G. — Brandberg, Å. 1951. Om identifiering av hartssyror ur en trätjära. Svensk Kemisk Tidskrift, ss. 73–90.
- Osara, N. A. 1945 a. Moottoripolttoaineista. Moottori n:o 1, ss. 4–7.
- »— 1945 b. Polttoainekysymyksemme nyt ja lähivuosina. Metsätaloudellinen Aikakauslehti, ss. 190–201.
- »— 1945 c. Puutalouden säännöstely. Nestemäisten polttoaineiden, voiteluaineiden ja kuljetusvälineiden säännöstely. Kansanhuoltoministeriö: Viisi vuotta kansanhuoltoa, ss. 150–64, 165–75. Helsinki.
- »— 1950. Substitution of Liquid Fuels by Other Materials in Finland during the Second World War. Fourth World Power Conference, Section C 2, Paper n:o 7.
- Osara, N. A. — Pöntynen, V. — Erkkilä, E. E. 1948. Suomen puun käyttö ja metsätase. Metsätieteellisen Tutkimuslaitoksen Julkaisuja 36. Helsinki. Summary: Wood Utilization and Forest Balance in Finland.

- Othmer, D. F. — Katzen, R. 1943. Tar Elimination in Pyrolygneous Acid. Industrial Engineering Chemistry, ss. 288–96.
- Outakoski, A. 1949. Oulun konepaja Osakeyhtiö 1873–1948. Oulu.
- Paatela, J. 1947. On the Possibilities of Growing Oil Flax in Finland. Väitöskirja. Helsinki.
- Paavonen, T. V. 1911. Suomen metsäntuotteiden vienti 25-vuotiskaudella 1886–1910. Helsinki.
- Pajari, K. 1943. Untersuchungen über die Kiefernrinde und das Rindenöl. Väitöskirja. Suomalaisen Tiedeakatemian Toimituksia A, LIX, n:o 6.
- Palmen, E. G. 1908. Tervanpoltto ja tervakomppaniat. Oma Maa II, ss. 435–39. Porvoo.
- Pauk, W. F. 1943. Erdöle, Schmierstoffe, Maschinenschmierung. Born.
- Pekkala, K. R. J. 1945. Suomalaisen tervavoiteluöljyn käytöstä sellaisenaan moottoriöljynä. Suomen Autolehti, ss. 95–98.
- Pelkonen, A. 1902. Entisajan muistoja Rantasalmen kihlakunnasta. Suomen Muinaismuistoyhdistyksen Aikakauskirja XXII: ss. 231–38. Helsinki.
- Petrini, Sv. 1928. Kolning och tjärbränning. Sveriges Skogar II, ss. 1313–60. Stockholm.
- Pictet, A. — Potock, J. 1919. Sur la distillation du stéarate et de l'oléate de soude sous pression réduite et sur l'origine du pétrole. Helvetica Chimica Acta, ss. 501–10.
- Pollak, A. — Wiley, P. R. 1947. The fuel and soda value of tall oil skimmings. Paper Trade Journal, TS, ss. 97–100.
- Putkisto, K. 1949. Puutavaran hakkuu. Puutavarakaupan käsikirja I, ss. 241–80. Helsinki.
- Päämajan Stal.E:n Poltto- ja Voiteluaineosasto. 1942. Autojen, moottoripyörien ja traktorien oikea voitelu. Helsinki.
- Pöntynen, V. 1945. Suomen puun käyttö vuosina 1939–43. Metsätaloudellinen Aikakauslehti, ss. 159–66.
- Rauhala, V. T. 1949. Teknillisesti tärkeistä vahoista. Suomen Kemistilehti, ss. 150–62.
- Rautanen, N. 1950. Fotosynteesin kemiasta. Suomen Kemistilehti, ss. 253–63.
- Routala, O. 1936. Puukemia ja puukemiallinen teollisuus. Porvoo.
- Routala, O. — Kuula, O. 1932. Tutkimuksia hiiltotärbähtiöljyn polymerisoitumisesta. Suomen Kemistilehti, B, ss. 52–66.
- »— 1938. Tutkimuksia hiiltotärbähtiöljyn polymeroinnista. Teknillinen Aikakauslehti, ss. 347–61.
- Ruben, S. — Hassid, W. Z. — Kamen, M. D. 1939. Radioactive Carbon in the Study of Photosynthesis. Journal of American Chemical Society, ss. 661–62.
- Ruben, S. — Kamen, M. D. 1941. Photosynthesis with Radioactive Carbon IV. Molecular Weight of the Intermediate Products and a Tentative Theory of Photosynthesis. Journal of American Chemical Society, ss. 3451–55.
- Ruben, S. — Kamen, M. D. — Hassid, W. Z. 1940. Photosynthesis with Radioactive Carbon II. Chemical Properties of the Intermediates. Journal of American Chemical Society, ss. 3443–50.
- Ruben, S. — Kamen, M. D. — Perry, L. H. 1941. Photosynthesis with Radioactive Carbon III. Ultracentrifugation of Intermediate Products. Journal of American Chemical Society, ss. 3450–51.
- Ruben, S. — Randall, M. — Kamen, M. — Hyde, J. L. 1941. Heavy Oxygen (O_{18}) as a Tracer in the Study of Photosynthesis. Journal of American Chemical Society, ss. 877–79.

- Rönholm, C. G. 1940. Moottoritärpäin valmistus. Suomen Paperi- ja Puutavara-lehti, ss. 339–42.
- Saari, E. 1934. Puun käyttö Suomessa. Metsätieteellisen Tutkimuslaitoksen Julkaisuja 14. Helsinki. Summary: Wood Utilization in Suomi (Finland).
- »— 1948. Suomen metsäteollisuuden raakapuun saanti metsätason kannalta tarkasteltuna. Kansantaloudellinen Aikakauskirja, ss. 201–51. Helsinki.
- Sallinen, K. 1945. Tärpättiöljyn polymerointi savikatalyyttien avulla. Kemian erikoistyö. Helsinki.
- Sandelin, A. E. 1925. Pinabetinihapon hajottaminen hiilivedyksi. Teknillinen Aikakauslehti, ss. 525–29.
- Sander mann, W. 1938. Über die Zusammensetzung und die Biogenese der ursprünglichen Harzsäuren. Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft, ss. 2005–14.
- »— 1941. Studien über Harze V. Mitt. Wichtige physikalisch-chemische Vorgänge beim Harzfluss der Koniferen. Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft, ss. 1696–99.
- »— 1942. Studien über Harze. VII Mitteilung. Über die Hitzeisomerisierung der Harzsäuren und die Zusammensetzung technischer Harze. Fette und Seifen, ss. 578–85.
- »— 1943. Über technische Harzgewinnungsmethoden. Cellulose-Chemie, ss. 25–32.
- Sandquist, H. 1922. Om tallolja (flytande harts). Ingenjörsvetenskapsakademiens Handlingar n:o 10.
- Sarkanen, K. — Kahila, S. 1950. The Fat Acid Composition of Finnish Tall Oil. Paperi ja Puu B, ss. 203–08.
- Sarrat, B. 1951 a. Production of Naval Stores. Naval Stores Review. International Yearbook, ss. 25–29.
- »— 1951 b. Naval Stores Market Statistics. Naval Stores Review. International Yearbook, s. 65.
- Schwalbe, C. G. — Schulz, W. 1918. Zur Kenntniss des Kiefernharzes. Zeitschrift für angewandte Chemie, Bd I, ss. 125–28.
- Sellberg, S. v. 1949. Transportabel anläggning för kolning eller torrdestillation av organiskt material, såsom trä. Ruotsalainen patentti n:o 124198.
- Seppänen, U. 1941. Synnin miilu. Helsinki.
- Shreve, R. N. 1945. The Chemical Process Industries. Introduction, and Chapter VI. The Destructive Distillation of Coal, ss. 78–98.
- Sieber, R. 1925. Über das Harz der Nadelhölzer und die Entharzung von Zellstoffen. 2. Auflage. Berlin.
- Siimes, F. E. 1938. Suomalaisen mäntypuun rakenteellisista ja fysikaalisista ominaisuuksista. Erikoisesti kutistumis- ja laajenemisilmiöstä puun vesipitoisuuden vaihdellessa. Väitöskirja. Helsinki.
- Siintola, S. 1917. Terva. Tervanpoltto. Tietosanakirja, osa 9, pp. 1432–37, 1439–50. Helsinki.
- Skärbloom, K. I. 1944. Undersökning beträffande hydrering av tötetjäljor. IVA 1944:1, ss. 25–34.
- Skärbloom, K. J. — Linder, Å. 1937. Några undersökningar rörande terpentinjor. Teknisk Tidskrift, ss. 25–28.
- Smedslund, T. 1951. Om sulfatterpentinets halt av dimetylsulfid och dennas utvinning i ren form. Paperi ja Puu B, ss. 185–88.
- Snellman, P. W. 1939. Kertomus Oulun Kauppaseuran ja Oulun Kauppiainien Eläkelaitoksen toiminnasta vuosina 1771–1939. Oulu.

- Soldan, A. F. 1862. Suomen tervanpoltosta ja kuinka se olisi parannettava. Helsinki.
- Sprengling, G. R. 1947. Improved methods of analysis for tall oil. Suomen Paperi- ja Puutavara-lehti, ss. 124–26, 128, 130, 165–66.
- Stenberg, O. 1941. Bestämning av gascirkulation och luftinläckning i kolugnar ur gasanalyser. IVA: 3, ss. 153–56.
- »— 1943 a. Driftprov med »rökipipugnen» RP-3 i Tystberga. Bränsletekniska kommittén vid Ingenjörsvetenskapsakademien. Pyrolysmötet 5 mars 1943, ss. 34–39.
- »— 1943 b. Eldningsekonomien vid kolugnar. Bränsletekniska kommittén vid Ingenjörsvetenskapsakademien. Pyrolysmötet 5 mars 1943, ss. 49–52.
- Stenberg, O. — Lagerström, K. E. 1944. Pyrolys enligt »rökipip»-metoden. IVA 1944:1, ss. 1–15.
- Stephenson, J. N. 1950. Pulp and Paper Manufacture. Volume 1. Preparation and Treatment of Wood Pulp. New-York—Toronto—London.
- Stevenson, L. T. 1949. The Future of Research in the Paper Industry. Paper Mill News, ss. 16–17.
- Suomen Autojärjestöt. 1935. Moottorialkoholikysymyksemme. Helsinki.
- Swanson, J. M. 1944. Bitumen-aggregate adhesion—modification by chemical treatment. Industrial Engineering Chemistry, ss. 584–88.
- Svedberg, Th. 1947. The Aims and Means of Research. IVA 1947:5, ss. 127–33.
- Svenska Teknologföreningens Beredskapskommitté. 1942. Kurs i smörjningsteknik. Norrköping.
- Svenska Träforskningsinstitutet, Tjärforskningskommittén. 1950. Bränsle och smörjmedel ur trätjära under andra världskriget 1939–1945. Stockholm.
- Talvitie, Y. 1924. Puun hiilto ja hartsin valmistus. Porvoo.
- Tammela, V. 1948. Kirjallisuustutkimus mäntyöljyn rasva- ja hartsihappojen sekä neutraaliaineen erottamisesta. Oy Keskuslaboratorion tutkimusseloste. Helsinki.
- Tammenoksa, O. 1948. Kivihillen kuivatuslauksesta. Suomen Kemistilehti A 21, ss. 139–45.
- Ternstedt, B. 1942. Stubbved; tillgång och brytningsmetoder. Industriens Utredningsinstitut. Norrlandsutredningar, ss. 47–58. Stockholm.
- Thielens, W. P. — Fuller, R. R. 1946. Collector for sulphate soap. Paper Trade Journal, TS., ss. 221–22.
- Thorbjörnson, B. 1941. Inhemskt flytande bränsle och förutsättningarna för dess tillverkning. Teknisk Tidskrift, ss. 93–100.
- Tikka, P. S. 1940. Puiden vikanaisuusien merkitys ja huomioon ottaminen Perä-Pohjolan mäntymetsien hoidossa. Acta Forestalia Fennica 50. Helsinki.
- Toivila, T. M. 1947. Tervan tuotannon ja kaupan kehitys Suomessa 1930- ja 1940-luvuilla. Metsätaloudellinen pro gradu. Helsinki.
- Toivonen, N. J. 1937. Uudesta diterpeenistä, α -difenkeenistä. Tiedonanto SKS:n kokouksessa 7. 4. 1937. Suomen Kemistilehti A, ss. 49–50.
- »— 1951. Zur Kenntnis der Fenchol $\leftrightarrow$ Isofenchol-Umlagerung. Suomen Kemistilehti B, ss. 62–69.
- Toivonen, N. J. ym. 1941. Zur Chemie der synthetischen Diterpene. I Dimerisation der Fenchene mit Tonkatalysatoren: β -Difenken. Journal für praktische Chemie, ss. 70–114.
- Treibs, A. 1950. Die Entstehung des Erdöls. Die Umschau in Wissenschaft und Technik, ss. 233–34.

- Trendelenburg, R. 1939. Das Holz als Rohstoff. München.
- Trendelenburg, R. — Schaile, O. 1937. Harzuntersuchungen an Nadelhölzern I. Papierfabrikant, ss. 221—30.
- Troye, T. 1943. Katalyserad pyrolys. Bränsletekniska kommittén vid Ingeniörsvetenskapsakademien. Pyrolysmötet 5 mars 1943, ss. 55—58.
- Tschirch, A. — Stock, E. 1933. Die Harze. I Band. Berlin.
- »— 1935 a. Die Harze. II Band, 1. Hälfte. Berlin.
- »— 1935 b. Die Harze. II Band, 2. Hälfte, 1. Teil. Berlin.
- »— 1936. Die Harze. II Band, 2. Hälfte, 2. Teil. Berlin.
- Tähtinen, M. 1951. Om möjligheter att i finska förhållanden tillverka låghartshaltiga fettsyror av tallolja. Espainos NIM 4:ssä pidetystä esitelmästä. Helsinki.
- Törnblom, G. 1947. Voiteluaineet. Helsinki.
- Wahlberg, H. E. 1917. Något om oljor och flytande harts. Svensk Papperstidning, ss. 242—45.
- Wahlforss, E. 1924. Nya monosubstitutionsprodukter av reten. Akademisk avhandling. Helsingfors.
- Walden, E. 1950. Manufacturing of Lubricating and Emulsifying Oils from Tall Oil. Paperi ja Puu B, ss. 140—41.
- Vasilev, G. A. 1942. Cracking resin oils. Chimie & Industrie, ss. 542—47. Ref. Chemical Abstracts, 1943, s. 4913.
- Wegelius, Th. 1939. The Presence and Properties of Knots in Finnish Spruce. Acta Forestalia Fennica 48. 1. Helsinki.
- »— 1942 a. Framställning av ersättningsmedel för flytande bränsle och smörjämnen ur träförädlingsprodukter. Suomen Paperi- ja Puutavaralehti, erikoisnumero, ss. 62, 64, 66, 68.
- »— 1942 b. Om kådtappning i Fjärrkarelen. Skogsbruket, ss. 187—93.
- Velander, E. 1941. Redogörelse för Ingenjörsvetenskapsakademiens verksamhet under arbetsåret 1940—41. IVA 1941:1, ss. 170—79.
- »— 1948. Directors Annual Report, Royal Swedish Academy of Engineering Sciences, IVA 1948:6, ss. 253—96.
- Venable, Ch. 1923. The Effect of Fullers Earth on Pinene and Other Terpenes. Journal of American Chemical Society, Vol. 45, I, ss. 728—34.
- Venemark, E. 1941. Synpunkter på biproduktutvinningen vid tillverkning av sulfatcellulosa I. Teknisk Tidskrift, K, ss. 90—92.
- »— 1942. Synpunkter på biproduktutvinningen vid tillverkning av sulfatcellulosa II. Teknisk Tidskrift, K, ss. 5—8.
- West, C. J. 1942 A Bibliography of Tall Oil. Appleton.
- »— 1945. A Bibliography of Tall Oil. Supplement I. Appleton.
- »— 1948. A Bibliography of Tall Oil. Supplement II, Appleton.
- White, A. R. 1949. The Resins in Coniferous Wood. Pulp and Paper Magazine of Canada, ss. 166—67.
- Widell, T. 1943. Kondensationsförhållanden vid inre och yttre cirkulation. Bränsletekniska kommittén vid Ingeniörsvetenskapsakademien. Pyrolysmötet 5 mars 1943, ss. 40—43.
- »— 1944. Meddelande från Bränsletekniska försöksstationen. Bränsletekniska kommittén vid Ingeniörsvetenskapsakademien. Pyrolysmötet 12 maj 1944, ss. 40—42.
- Widell, T. — Wiberg, K. V. 1941. Pyrolys genom inverterad förbränning. IVA 1941:1, ss. 28—37.

- Vilkuna, K. 1935. Suomen päävientitavara terva. Suomen Kulttuurihistoria III, ss. 108—22. Jyväskylä—Helsinki.
- Virtanen, A. I. 1918. Pinabietiinihapon konstitutiosta. Väitöskirja. Helsinki.
- Vuorela, A. A. 1947. Maaöljytutkimuksen uusimmat saavutukset. Teknillinen Aikakauslehti, ss. 395—403.
- Zetterholm, A. E. 1942. Smörjöljornas klassifikation, egenskaper och användningsområden. Kurs i smörjningsteknik. Norrköping, ss. 11—22.
- Zischka, A. 1942. Taistelu öljystä. Käännös teoksesta Ölkrieg, Wandlung der Weltmacht Öl. Porvoo.
- Ågren, P. H. W. 1942. Inhemsk raffinering av oljor. Kurs i smörjningsteknik. Norrköping, ss. 39—45.

Arkisto- ym. lähteitä.

- Asetus tulenarkojen nesteiden valmistuksesta, varastossa pidosta, myynnistä ja kuljetamisesta. 29. 3. 1924. Suomen Asetuskokoelma 1924, n:o 8186, ss. 213—23.
- Enso-Gutzeit Oy:n voiteluöljytehtaiden käyttötilastot ja teknilliset kertomukset. Hangon tervaöljykoehintaan ja Keskuslaboratorio Oy:n välinen kirjeenvaihto. Oy Keskuslaboratorion arkisto.
- Impregnoimistoimikunnan mietintö. Helsinki 1947.
- Kansanhuoltoministeriön puu- ja polttoainelosaston tervas-, terva- ja voiteluainetoimistojen arkistot.
- Ab Kemi Oy:n voiteluöljytehtaan tilastot ja teknilliset kertomukset.
- Kemiallisen Teollisuuden Komitea. Ehdotuksia Suomen kemiallisen teollisuuden edistämistä tarkoitaviksi toimenpiteiksi. Osamietintö 12: Puun pyrolyysi. Kemian Keskusliiton julkaisuja 1944, n:o 4, ss. 74—87.
- Margariiniöljykomitean mietintö. Moniste. Helsinki. 1951.
- Oulu Osakeyhtiön voiteluöljytehtaiden käyttötilastot ja vuosikertomukset.
- Oy Tervaöljy Ab:n johtokunnan kokousten pöytäkirjat, vuosikertomukset, kirjeenvaihto ja piirustusarkisto.
- Valtioneuvoston päätös kotimaisen kantotervan hintatakuusta 17. 2. 1944. Suomen Asetuskokoelma 1944, n:o 132, ss. 271—73.
- Valtioneuvoston päätös kotimaisen kantotervan hintatakuusta annetun valtioneuvoston päätöksen muuttamisesta 29. 11. 1945. Suomen asetuskokoelma 1945, n:o 1161, ss. 2026—27.

Havaittuja painovirheitä

			virheellisenä	korjattuna	
sivulla	3	rivillä 6-7	alhaalta	työskenneille	työskennelleille
»	30	»	1 ylhäältä	Saksalaisessa	saksalaisessa
»	32	»	4. alhaalta	raseemista	asymmetristä
»	33	asetelmassa		karotiini	krosetiini
»	36	rivillä 23	alhaalta	pinus	Pinus
»	37	»	18 ylhäältä	peräisin	peräisin
»	37.	»	19 »	von Bayerin	von Baeyerin
»	49	»	9 »	1949 a	1941 a
»	56	»	3 alhaalta	aeman	aseman
»	58	»	15 »	n,	n.
»	58	»	10 »	termiitti-nimisiä	termiitti-nimisiä
»	60	»	4 »	jo	ja
»	72	väliotsikossa		tervatekotekniikan	tervantekotekniikan
»	73	alaviitteessä		”yhdistettä” C ₁₆ H ₄₀ O ₂	kaavaa C ₁₆ H ₄₀ O ₂
»	76	rivillä 13	alhaalta	Luvussa VI	Sivuilla 118—19
»	76	»	2 »	näet	näin
»	79	»	8 »	too m ³ :n	100 m ³ :n
»	80	»	1 »	pääeduksi	pääeduksi
»	82	»	6 »	nelinkertaistunut	nelinkertaistanut
»	83	»	9 ylhäältä	Hohentein	Hohenstein
»	90	»	16 alhaalta	tervakappaleen	tervaskappaleen
»	91	»	5 »	pienenyskoneilla	pienennyskoneilla
»	103	»	11 »	ulostulovauhdin	ulostulovauhdin
»	111	»	11 »	siinä	siinä
»	116	»	8 »	kostumusta	koostumusta
»	121	»	5 »	pinus	Pinus
»	129	»	1 »	tuohenterva	tuohi
»	130	»	4 ylhäältä	10	40
»	131	»	9 »	mittakaavassa 71 kg:n	mittakaavassa 1 7 kg:n
»	135	»	3 alhaalta	lisäaineksi	lisäaineksi
»	149	»	3 ylhäältä	1798	1788
»	149	»	4 »	23 605	20 596
»	150	»	11 alhaalta	39	42
»	151	»	2 ylhäältä	abd	and
»	162	»	15 »	tervavoiteluöljytehtaissa	tervavoiteluöljytehtaissa
»	183	»	2 alhaalta	Oy:ssä Keskuslaboratorio	Keskuslaboratorio Oy:ssä
»	212	»	6 »	liukenemattoman	liukenemattoman
»	217	»	11 »	vaalentumiseksi	vaalentamiseksi
»	233	»	12 »	raaka-aineidenmittahäviöt	raaka-aineiden mittahäviöt
»	234	»	6 »	luovuttaa	luovuttaa
»	246	»	11 »	”hitaussaamaa”	”hitaussaamaa”
»	247	»	18 ylhäältä	biotosynteesin	biosynteesin
»	249	»	1 alhaalta	1939	1940
»	258	»	17 »	tilauksessa	tilauksessa
»	262	»	15 ylhäältä	15 000	25 000
»	263	»	4 »	etteikö	etteivätkö
»	274	»	10 alhaalta	petroleum	tall oil
»	285	»	22 »	Avskiljnin sanordning	Avskiljningsanordning
»	287	»	8 ylhäältä	Kemiska Samfundets	Kemistsamfundets
»	288	»	11 alhaalta	Metsäteollisuudeun	Metsäteollisuuden
»	294	»	5 ylhäältä	metsätason	metsätaseen