

METSÄ- JA KALATALOUDEEN TUTKIMUSLAITOS  
KALANTUTKIMUSOSASTO

KAUKAAN TUTKIMUS IV.  
SULFIITTISELLULOOSATEOLLISUUDEN  
JÄTEVESIEN VAIKUTUKSISTA VASTAAN-  
OTTAVAN VESISTÖN PLANKTONKOOSTUMUKSEEN.

Tekstiosa.

Helsingissä 1963

E. Tirronen

Sulfiittiselluloosateollisuuden jätevesien vaikutuksista  
vastaanottavan vesistön planktonkoostumukseen

Erkki Tirronen

1963

Tutkimuksen tarkoituksena on todeta oy.Kaukas ab:n sulfiittiselluloosatehtaan jätevesien aiheuttamat mahdolliset muutokset Saimaan planktonkoostumuksessa, kartoittaa tämän perusteella jäteliemen kulkureitit ja itsepuhdistumisen edistyminen tehtaan edustalta Suur-Saimaalle siirryttäessä sekä todeta Lappeenrannan asumajätevesien vaikutus Pien-Saimaalla ja niiden mahdollisesti aikaansaama Kaukaan jäteliemen itsepuhdistumisen tehostuminen. Lisäksi on pyritty selvittämään elokuussa 1961 käyttöön otetun jäteliipeän polttolaitoksen vaikutusta. Vertailumateriaalina on käytetty JÄRNEFELTin (1961) tutkimusta.

S I S Ä L L Y S L U E T T E L O

I	K I R J A L L I S U U T E E N P E R U S T U V A K A T S A U S	3
	A. Sulfiittiselluloosateollisuuden jätevedet	3
	1. Jätevesien koostumuksesta	3
	2. Jätevesien vaikutuksista vesistöön	4
	a. Vaikutus vastaanottavan veden fyysiikkaan ja kemiaan	4
	b. Vaikutus kalastoon	6
	c. Vaikutus pohjaeläimiin	8
	d. Vaikutus planktonkoostumukseen	9
	3. Yhdistelmä asumajätevesi-sulfiitti- selluloosajätevesi	10
II	O M A T T U T K I M U K S E T	12
	A. Tutkimusalue	12
	1. Tutkimusalueen hydrologiaa	12
	2. Tutkimusalueen ja sen ympäristön geologiaa	13
	3. Kulttuuritekijöistä	13
	a. Maanviljelys ja asutus	13
	b. Teollisuus	15
	4. Tutkimuksen suoritus aika	17
	5. Tutkimusasemat ja niiden sijainti	17
	B. Metodiikka	18
	1. Meteorologiset tiedot	18
	2. Käytetyt mittaus- ja analyysimenetelmät	18
	3. Planktonitutkimus	20

C. Tulokset	23
1. Planktonmiljöötä koskevat tutkimukset	23
a. Lämpötila	23
b. Happi, hiilidioksidi ja alkaliniteetti	34
c. $\text{KMnO}_4$ -kulutus ja pH	49
d. Johtokyky ja veden väri	52
2. Planktontutkimus	55
a. Kesä- ja heinäkuu 1961	77
b. Elokuu 1961	78
c. Heinäkuu 1962	86
3. Vertailua Järnefeltin tutkimuksiin v:lta 1956 ja 1957	90
III L O P P U K A T S A U S	96
Kirjallisuusluettelo	98
Liitteet	
1. Analyysitaulukot	103
2. Planktontaulukot	124
3. Käytetyt planktontilavuudet	160
4. Luettelo indikaattorilajeista	165
5. Tutkimusalueen syvyyskartta	166

I KIRJALLISUUTEEN PERUSTUVA KATSAUS

A. Sulfiittiselluloosateollisuuden jätevedet

1. Jätevesien koostumuksesta

Sulfiittiselluloosateollisuuden käyttämät raaka-aineet kuusi ja mänty sisältävät noin 50 % kuituainesta ja 50 % ns. inkrustiaainesta, joiden toisistaan erottaminen suoritetaan keittämällä happamassa kalsium-, natrium-, ammonium- tai magnesiumbisulfiittiliuoksessa. Näin joutuu puolet käytetystä raaka-aineesta hukkaan, useimmiten vesistön "taakaksi". Karkeasti esitettynä kahdesta tonnista puuta saadaan 950 kg selluloosaa ja 1 050 kg orgaanista jätettä, josta 750 kg on ligniniyhdisteitä, 250 kg puusokeria ja 50 kg hartsiaineita (SIERP 1959, ss. 319-323). Vettä käytetään valmistusprosessissa osittain liuottimena tai puhdistusvälineenä ja osittain kuitujen ym. kuljetusvälineenä. Käyttövesi, jota ei palauteta prosessiin, johdetaan joko sellaisenaan tai osittain puhdistettuna vesistöön. 100 tonnia selluloosaa tuottavan tehtaan jätevesimäärä on 20 000 - 40 000 m<sup>3</sup>/vrk (HOLDERBY & WILEY 1950, s. 61). Vesiin kulkeutuvat jäteaineet ryhmitellään seuraavasti: kuoriliete, jätekuidut, kiinteät ja liuenneet epäorgaaniset aineet sekä liuenneet orgaaniset aineet (VESISTÖNSUOJELUKOMITEAN MIETINTÖ 1958, ss. 62-63).

Kuori irroitetaan puista koneellisesti ja huuhdellaan pois vedellä. Karkeampi kuoriaines siivilöidään ja hienempi laskeutetaan saostusaltaisiin. Kuorilietteen määrä on yleensä 0 - 1.5 % tehtaan tuotannon määrästä. Massa- ja paperiteollisuuden jätevesien sisältämä kuitumäärä vaihtelee riippuen valmistusmenetelmistä ja tuotteen

laadusta. Sulfiittiselluloosatehtailla se on 2-5 % tuotannon määrästä (VESISTÖNSUOJELUKOMITEAN MIETINTÖ 1958, s. 63).

Epäorgaanisia kiinteitä aineita kuten meesajätteitä, kivihiilituhkaa ja kaoliinia sisältävät jätevedet ohjataan yleensä saostusaltaiden kautta, joten vesiin pääsevä määrä on verrattain pieni. Sen sijaan selluloosan keitossa käytetyt rikkipitoiset kalسيوم- ja natriumsuolat, valkaisuun tarvittava kloori sekä käyttöveden puhdistukseen tarvittavat aluminium- tai rautasulfaatti poistuvat tehtaista jätevesiä liuenneina (VESISTÖNSUOJELUKOMITEAN MIETINTÖ 1958, s. 64).

Huomattavimmat orgaanista alkuperää olevat jätemäärät joutuvat vesiin juuri sulfiittiselluloosatehtailta. Niiden jätevedet sisältävät mm. pentooseja, heksooseja, furfuroolia, aldehydejä, muura-hais- ja etikkahappoa, lignosulfiitteja, hartseja sekä rasvayhdisteitä (SIERP 1959, s. 320). Puusokerien määrää voidaan pienentää valmistamalla niistä alkoholeja. Vesistöön kohdistuvan rasituksen helpottamiseksi on otettu käyttöön myös jäteliipeän polttolaitoksia (SIERP 1959, ss. 333-336). Näissä pienenee jäteliemen kuiva-ainepitoisuus 12-16 prosenttiin alkuperäisestä (TÖTTERMAN 1960, s. 349).

## 2. Jätevesien vaikutuksista vesistöön

### a. Vaikutus vastaanottavan veden fysiikkaan ja kemiaan

Jäteliemen välittämistä vaikutuksista on tärkein vesistön happikonsentraatiossa tapahtuva muutos. Ns. välittömän hapenkulumisen aiheuttavat kemialliset reaktiot hapen ja pelkistyneiden rikkiyhdisteiden välillä. Aerobiset, orgaanisia aineita hajottavat bak-

teerit aikaansaavat sen sijaan ns. biologisen hapenkulutuksen (WALDICHUK 1959, ss. 163-165).

Meikäläiset vedet ovat heikosti puskuroituja (JÄRNEFELT 1958, s. 94). Sulfiittijäteliemen, jonka pH on yleensä 2.5 - 4, aiheuttamat muutokset vastaanottavan veden reaktiossa ovat sen vuoksi usein suuret. VALLININ (1939, s. 1) mukaan saattaa alusveden pH laskea alle 5. Reaktion alenemisen saavat aikaan jäteliemen sisältämä vapaa rikkihappo (SIERP 1959, s. 322), bakteerien (mm. Thiothrix, Achromatium, Thiobacillus) suorittama rikin hapetus (KUSNEZOV 1959, ss. 192-195) sekä orgaanisen aineksen hajoamisen tuloksena syntynyt hiilidioksidi (JÄRNEFELT 1958, s. 287).

Fysikaalisista muutoksista on tärkeimpiä veden värin tummeminen. Jäteliemen oma väri sekä orgaanisen aineksen hajotessa syntyvät liuenneet aineet saattavat pienentää veden valonläpäisykyvyn 1/4 - 1/5:aan normaalista (WALDICHUK 1959, ss. 163-165).

Vesistön kannalta haitallisia ovat myös veden ja ilman vuorovaikutusta ehkäisevän pintakalvon muodostuminen sekä lämpimien lauhdevesien aiheuttama lämpötilan kohoaminen (JÄRNEFELT 1938, s. 158).

Pohjan lähelle (erikoisesti syvänteisiin) kerrostunut jäte-  
liemi saa aikaan alusvedessä voimakkaan hajoitustoiminnan. Tämän seurauksena muuttuneet fysikaaliset ja kemialliset olosuhteet sekä pohjan laadun huononeminen aiheuttavat puolestaan järven biologisen tasapainon häiriintymisen.



b. Vaikutus kalastoon

Jäteliemen suuri orgaanisen aineksen määrä aiheuttaa erittäin voimakkaan hapen kulutuksen. Teollisuuslaitosten osuutta vesien pilaantumisessa, lähinnä hapenkulutusarvojen suhteen, voidaan vertailla ns. asukasvastinelukujen avulla (VESISTÖNSUOJELUKOMITEAN MIETINTÖ 1958, s. 16). Sulfiittiseluloosatehtaan jätevesien asukasvastineluku on 4 000 - 6 000/1 tonni selluloosaa (IMHOFF 1962, s. 231).

Vesistössä bakteerien toimesta tapahtuville hajoitustoiminnoille on ominaista, että ne yleensä alkavat hapen läsnäollessa. Aerobinen ja fakultatiivinen mikrobisto rikastuu jatkuvasti tiettyyn tasapainoon asti sitä nopeammin, mitä edullisempi ravinnetilanne vallitsee. Hapen loputtua hapetus-pelkistyspotentiaali laskee 0-tason alapuolelle (MORTIMER 1941-42, s. 195), ja fakultatiivisten bakteerien rinnalla alkaa esiintyä anaerobisia lajeja, jotka viimein saavat ylivallan ja täydentävät katastrofin. Vesi saattaa muuttua sameaksi ja harmaaksi (JÄRNEFELT 1960, s. 122).

SIERPIn (1959, s. 321) mukaan normaalisti vain 1/3 sulfiittijäteliemen sisältämistä orgaanisista aineista hajoaa luonnollisen itsepuhdistumisen edellyttämällä nopeudella, loput jäävät rasittamaan vesistöä pitemmäksi ajaksi. LIEBMANNin (1938, s. 58) tutkimukset Bleilochalsperrestä osoittavat, että jäteliemen pitää laimentua vähintään suhteessa 1:100, ennenkuin biologinen hajoitus pääsee alkuun.

Talvella tuulten aiheuttaman sekoittumisen puuttuessa tapahtuu jäteliemen kasautumista syvänteiden ohella myös mataliin

vesiin. Jätteen lähtiessä pääsevät eri vesikerrokset sekoittumaan. Tällöin jätteiden likaama alusvesi, joka sisältää talven aikana syntyneitä erittäin pelkistyneitä yhdisteitä, riistää pintaveden hapen. Tästä johtuva kalojen joukkokuoleminen on pahimmin likaantuneilla alueilla melkein säännöllinen ilmiö (JÄRNEFELT 1938, s. 156, VALLIN 1939, s. 1).

Hapen kulumisen, sen seurauksena syntyneet myrkyt (rikkivety, metaani) sekä jäteliemen sisältämät hartsihapot muodostavat ylivoimaisimmat haitat sulfiittiselluloosateollisuuden likaamissa kalavesissä (EBELING 1930, ss. 234-240). Järvessä alkaa välittömästi hapen loputtua tapahtua voimakasta rikkivedyn kehitystä. Rikkivedyn syntymisen edellyttämä redokspotentiaali  $eH$  0-0.1 esiintyy vain hapettomuuden vallitessa (MORTIMER 1941-42, s. 195). Toisena edellytyksenä KUSNEZOV (1959, s. 203) mainitsee suuren sulfaattipitoisuuden.

Suuremmissa konsentraatioissa rikkivety on kaloille tappava myrkky, laimeampana riippuu vahingollisuus osittain myös hapen puutteesta (EBELING 1932, s. 344). SIERP (1959, s. 321) mainitsee laimennuksen 1:200 kaloille myrkyllisenä, kun taas VALLIN (1936, s. 125) pitää jo laimennusta 1:2000 kaloille vahingollisena.

Myös hartsiaineiden sisältämät eteeriset öljyt (terpeeni) sekä eräät ligniiniyhdisteiden hajoamistulokset ovat voimakkaita myrkkyjä kaloille. Lisäksi ne aiheuttavat kaloihin epämiellyttävän, fenolia muistuttavan hajun ja maun (EBELING 1930, ss. 240-241).

c. Vaikutus pohjaeläimiin

Jäteliemen korkea pentoosin, heksoosin, furfurolin ja lignosulfiittien määrä aiheuttaa sangen voimakasta bakteeri- ja sienimuodostusta (Sphaerotilus, Leptomitus, Fusarium) (SIERP 1959, s. 320). Tällaiset sienimassat kohoavat ajoittain levyinä pinnalle ja ajautuvat tuulen ja virtausten mukana pitkiäkin matkoja, kunnes jälleen painuvat pohjalle. Siellä ne mukana kulkeutuneiden kuituainesten kanssa saattavat aiheuttaa melkoista liejun kerrostumista haitallisine sivuilmiöineen (LIEBMANN 1940, s. 3).

Pohjalle laskeutuneet kuitu- ja kuoriainekset muodostavat eräänlaisen eristävän kerroksen pohjan ja veden välille estäen siten niiden luonnollisen vuorovaikutuksen. Pohja ikäänkuin tukehtuu (JÄRNEFELT 1938, s. 155). Tämän lisäksi tulevat vielä edellämainitut jäteliemestä peräisin olevat suoranaiset myrkyt. Pahimmin likaantuneelta alueelta saattavatkin pohjaeläimet puuttua kokonaan. Tällaisia jätelipeää karttavia lajeja ovat mm. herne- ja pallosimpukat (Pisidium ja Sphaerium), päiväkörennon toukat (Ephemerida), harvasukamadot (Oligochaeta) ja useat surviaishyttystoukat (Polypedilum, Cryptochironomus) (JÄRNEFELT 1940, s. 184 ja KALATALOUSSÄÄTIÖN KAUKAAN TUTKIMUS 1956).

d. Vaikutus planktonkoostumukseen

Klorofyllipitoisten organismien aineenvaihdunnalla on tärkeä merkitys vesien itsepuhdistumiselle. Kaikki autotrofiset levät pystyvät käyttämään hyväkseen liuenneita orgaanisia yhdisteitä, ja hapen muodostuksellaan ne tasoittavat bakteerien aiheuttamaa hapenkulumista (LIEBMANN 1960, ss. 57-58). Koska vesien itsepuhdistumisen tehokkuus riippuu eri organismiryhmien kitkattomasta yhteistyöstä, ei jätevesi saa sisältää mitään myrkyllisiä aineita, ei edes sellaisia, jotka haittaavat vain jonkin tietyn eliöryhmän toimintaa (LIEBMANN 1960, ss. 59-60). Organismi reagoi veden kemiassa tapahtuviin muutoksiin sitä voimakkaammin mitä yksinkertaisempi se on rakenteeltaan, ts. mitä pienempi tilavuus ja mitä suurempi pinta-ala sillä on (LIEBMANN 1962, s. 242).

Tärkeä jäteliemen planktonpopulaatioille aiheuttama haitta on veden valonläpäisykyvyn pieneneminen. Se aiheuttaa valoa tarvitsevan lehtivihreällisen kasviplanktonin yhteyttämistoiminnan vähenemisen nostamalla järven kompensaatiotasoa.

Jäteliemen on todettu aiheuttavan huomattavia sekä kvalitatiivisia että kvantitatiivisia muutoksia järven planktonpopulaatioissa (JÄRNEFELT 1940, ss. 180-187; 1956, s. 54; 1961, ss. 1057-1062). On voitu erottaa lajeja, joille jäteliemi on myrkyä pienissäkin konsentraatioissa, sekä toisaalta sellaisia lajeja, jotka viihtyvät suuremmissakin jäteliemikonsentraatioissa. Tällaisten jäteliemen suhteen resistenttien lajien runsas esiintyminen juuri kaikkein likaisimmalla alueella ei johdu kuiten-

kaan siitä, että ne olisivat jäteliipeän suosijoi~~ta~~, vaan lähinnä ravintokilpailijoiden puutteesta.

JÄRNEFELT (1961, s. 1059) on todennut eliöiden joukossa olevan lajeja kuten Closterium macilentum, C.pronum, Anuraeopsis fissa ja Filinia brachiata, joiden herkkyys näyttää riittävän varsin heikon jäteliipeäkonsentraation toteamiseksi. Mainittava on myös Daphnia pulexin runsas esiintyminen voimakkaasti liikaantuneella alueella (SCHRÄDER 1958, s. 495, JÄRNEFELT 1961, s. 1061).

Jäteliemen aiheuttama voimakas rikkivedyn kehitys ja sen alhainen reaktio ovat myös huomattavia planktonin esiintymistä rajoittavia tekijöitä. FJERDINGSTADIN (1960, s. 166) mukaan mm. lajit Euglena viridis, Oscillatoria chlorina, O.minima, O.limosa, Phormidium tenue ovat verrattain resistenttejä suurillekin rikkivetykonsentraatioille.

### 3. Yhdistelmä asumajätevesi-sulfiittijäteliemi

Yhdistelmällä asumajätevesi-sulfiittiselluloosajätevesi on varsin suuri merkitys vesien likaantumista selvitettäessä. Asia ei sinänsä ole uusi, sillä esim. Amerikassa on suoritettu kokeita jäteliipeän puhdistamiseksi asumajätevesien avulla. Onnistumisen edellyttämät vesimäärät ovat kuitenkin siksi valtavat, ettei voida ajatellakaan teollisuuslaitosten rakentavan tarvittavia allassysteemejä (SIERP 1959, s. 330).

Jäteliemen on oltava riittävästi laimennettua, LIEBMANNIN (1938, s. 58) mukaan vähintään suhteessa 1:100 (vrt. s. 6 ). Tämän lisäksi, jotta itsepuhdistuminen olisi tehokasta, pitäi-

si jäteliemen joukkoon laskettavan asumajäteveden määrän olla noin kymmenkertainen jäteliemen määrään nähden (SIERP 1959, s. 330).

On olemassa kuitenkin eräänlaisia luonnollisia puhdistusaltaita, joissa on voitu todeta menetelmän tehokkuus. Ilmiön voi havaita esim. Vanajaveden vesistössä (JÄRNEFELT 1956, s. 54) ja ehkä vielä selvemmin Lappeenrannan ja Suur-Saimaan välisellä vesialueella (JÄRNEFELT 1961, s. 1057).

JÄRNEFELT (1961, s. 1059) on erottanut Saimaan itsepuhdistumisessa seuraavan vyöhykkeellisyyden (vrt. KARTTA 2, s. 92):

1. enemmän tai vähemmän puhtaan veden vaihe Pien-Saimaalla;
2. asumajätevesien vaikutuksen vaihe;
3. jäteliipeän voimakkaimman vaikutuksen vaihe;
4. voimakkaimman fotosynteettisen puhdistumisen vaihe;
5. heikkenevän itsepuhdistumisen vaihe.

Ensimmäiselle vaiheelle on ominaista useiden puhdasvesimuotojen esiintyminen, toiselle runsasravinteista vettä suosivien levien suhteellisen suuri asutustiheys, kolmannelle aluksi vihreiden eliöiden syrjäytyminen bakteerien tieltä ja viherryksen alkaminen salmia lähestyessä, neljännelle erittäin voimakas kasvillisuusväritys ja viidennelle veden itsepuhdistumisen päättymistä osoittava yleisen tuotannon heikkeneminen, runsasravinteista vettä suosivien lajien vähittäinen häviäminen sekä puhdasvesimuotojen ilmaantuminen.

II OMAT TUTKIMUKSET

A. Tutkimusalue

1. Tutkimusalueen hydrologiaa

Tutkimusalue käsittää eteläisimmän osan varsinaista Suu-Saimaata sekä siitä lounaaseen sijaitsevan Pien-Saimaan. Alue kuuluu Vuoksen vesistöön ja sen sijainti on  $61^{\circ}20'$  pohjoista leveyttä ja  $28^{\circ}00'$  itäistä pituutta. Siihen laskevat koillisesta Puumalansalmen kautta Pihlajavesi, pohjoisesta Lietvesi, luoteesta Yövesi ja lännestä Partakosken kautta Kuolimojärvi. Saimaan kaakkoisosasta vedet laskevat Vuoksen kautta Laatokkaan (SUOMEN KARTASTO 1960).

Rantaviivalle on ominaista suuri liuskaisuus. JÄRNEFELT (1956, s. 85) mainitsee sille arvon 5,2, mitä voidaan pitää tyypillisenä Suomen suurimmille järville (RENQVIST 1936, s. 289).

Eräät suuret saaret ja niemet jakavat tutkimusalueen tavallaan kolmeen osaan (KARTTA 1. s. 91). Lounaassa on varsinaisen Pien-Saimaa, siitä itään ja koilliseen lukuisten saarien muodostama salmivesialue ja näitten pohjoispuolella Suur-Saimaan selkä. Tutkimusalueen syvyysuhteet käyvät parhaiten selville liitteenä olevasta syvyyskartastosta (LIITE 5, s.166).

## 2. Tutkimusalueen ja sen ympäristön geologiaa

Saimaa sijaitsee alueella, jonka kallioperä on prekambriasta graniittia, pääasiassa rapakiveä. Pien-Saimaan pohjoisosissa on pieniä happamien syväkivilajien (granodioriitti, kvartsidioriitti) muodostamia alueita. Tämän lisäksi esiintyy pienempiä määriä prekambrisia kiteisiä liuskeita: metabasalttia, amfiboliittia, sarvivälkegneissia ja kiillegneissia (SUOMEN KARTASTO 1960, kivilajikartta).

Saimaan ympäristön maalajeista suurin osa on moreenia. Huomattavimmat sora- ja hiekka-alueet ovat molemmat Salpausselät. Näistä poikittaisharjuista toinen kulkee Lappeenrannan ja Imatran suunnassa ja toinen pohjoisempi Savitaipaleen ja Kyläniemen kohdalla. Ainoat savi- ja hiesualueet ovat Imatran etelä- ja lounaispuolella (SUOMEN KARTASTO 1960, maalajikartta).

## 3. Kulttuuritekijöistä

### a. Maanviljelys ja asutus

Laajat viljellyt alueet puuttuvat Saimaan ympäristöstä lähes kokonaan. Suur-Saimaan pohjoisranta-alueilla on maa-alasta peltoa vain n. 3-10 %. Pien-Saimaan ympäristössä vastaava prosenttiluku on 10-20 ja Suur-Saimaan savialueilla 20-30 (SUOMEN KARTASTO 1960, väestö ja peltoala III).

Tutkimusalueen tärkeimmät asutuskeskukset ovat Lappeenrannan kaupunki ja Lauritsalan kauppala (KARTTA 1). Niiden asukasluvut olivat 1.1.1961. henkikirjoituksen mukaan 22 284 ja 11 859. Aukkaista oli liitetty viemäriverkoston piiriin v.1954 edelli-



sessä 96 % ja jälkimmäisessä 22 % (VESISTÖNSUOJELUKOMITEAN MIE-  
TINTÖ 1958, s. 55). Lappeenrannan kaupungin ja siellä sijaitse-  
vien teurastamon, meijerin ja panimon jätevesistä vain vajaat  
5 % lasketaan Saimaaseen. Loput johdetaan biologisen puhdistus-  
mon kautta Haapajärveen.

Alueella sijaitsevat Etelä-Saimaan keskussairaala, ma-  
keistehdas Chymos, konepaja sekä Joutsenon Vesi- ja viemäri-  
osuuskunta johtavat sen sijaan jätevetensä kokonaan Saimaa-  
seen. Vesiensuojelutoimistosta saadut tiedot on koottu seu-  
raavaan taulukkoon, josta käy tarkemmin selville tutkimusalu-  
eelle tulevien asumajätevesien määrä ja laatu.

Taulukko 1.

	Jätevesimäärä $m^3/vrk$	Jätevesien laatu
Lappeenrannan kaupunki	250	
Etelä-Saimaan keskussairaala	430	$KMnO_4$ -kul
Chymos Oy	230	250 mg/l
Kaukas Oy:n alueen asutus (1 073 henkeä)	246	
Konepaja	21	
Joutsenon Vesi- ja viemäri- osuuskunta	150	Asukasvastine- luku 650

b. Teollisuus

Tutkimusalueen huomattavin vesien likaaaja on puunjalostusteollisuus. Lappeenrannan alueella sijaitsevat mm. sulfiittiseluloosa-, vaneri-, sprii- ja rikkihappotehdas sekä saha. Tämän lisäksi on mainittava Joutsenon lähellä oleva Joutseno-Pulpin sulfaattiseluloosatehdas.

Kaukaan sulfiittiseluloosatehdas sijaitsee Lauritsalan kauppalassa (KARTTA<sup>1</sup>s. 91), Sen Saimaaseen laskema jätevesimäärä on Vesien suojelutoimiston ilmoituksen mukaan 170 600 m<sup>3</sup>/vrk. Rikkihappotehtaan jätevesimäärä on 2 930 m<sup>3</sup>/vrk ja Joutseno-Pulpin sulfaattiseluloosatehtaan 74 000 m<sup>3</sup>/vrk.

Vuosina 1896-1934 kaikki Kaukaan tehtaitten jätevedet laskettiin suoraan Myrkkylahden kautta Saimaaseen. Vuoteen 1948 mennessä saatiin valmiiksi kuitujen laskeuttamista varten tarkoitettut Myrkkylahden laskeutusaltaat ja vuonna 1954 Tuosan jäteliemiallas.

Jotta jäteliemen pääsy Pien-Saimaalle saataisiin estetyksi rakennettiin v. 1936 Vehkataipaleen pumppuasema, teholtaan 35 m<sup>3</sup>/sek ja talvella 1952-53 vedenpäälliset padot Tuosan saaresta Hyötiönsaareen, tästä Pien-Lamposaaren ja Kotaliessaaren kautta Mikonsaareen (KARTTA<sup>1</sup> s. 91) (KALATALOUSSÄÄTIÖN KAUKAAN TUTKIMUS 1956). Elokuussa 1961 otettiin käyttöön jäteliipeän poltto laitos.

Taulukko 2.

kesä 1961.				kesä 1962.				
Myrkkylahdesta tuleva vesi				Myrkkylahdesta tuleva vesi 100 m <sup>3</sup> /min				
pv.	KMnO <sub>4</sub> -kul.mg/l	pH	t°C	pv.	KMnO <sub>4</sub> -kul.mg/l	pH	t°C	
1.6	2 417	4.3	19.0	30.6	1 270	5.0	21.0	
5.6	1 493	4.1	22.0	3.7	828	5.0	21.0	
8.6	1 251	5.0	27.0	6.7	1 144	4.9	20.5	
12.6	2 237	4.0	22.0	7.7	860	4.9	22.0	
15.6	1 564	7.9	22.5	9.7	1 492	6.7	23.0	
19.6	948	6.7	22.0	10.7	1 087	4.5	20.0	
22.6	2 470	3.8		11.7	2 364	4.0	20.0	
26.6	1 540	4.5	20.0	12.7	2 477	4.4	21.5	
Keskiarvo 1 740			5.0	22.0	14.7	860	4.5	20.5
				18.7	1 365	3.9	22.0	
1.7	1 910	5.7	21.5	19.7	733	4.5	23.0	
5.7	600	5.8	21.5	21.7	828	4.8	23.0	
8.7	2 930	4.3	22.0	27.7	654	5.2	24.0	
11.7	1 780	3.6	22.0	30.7	970	5.1	23.0	
14.7	1 040	4.7	23.0	keskiarvo 1 209		4.8	21.7	
17.7	1 240	4.8	23.0	Tuhka-altaasta tuleva vesi				
20.7	1 680	6.8	26.0	4 m <sup>3</sup> /min				
22.7	1 160	7.2	22.5	30.6	2 541	12.1	21.5	
25.7	1 510	5.8	25.0	3.7	1 640	12.0	21.0	
28.7	2 580	4.8	23.0	6.7	1 251	11.7	22.5	
31.7	1 950		24.5	7.7	1 612	11.8	22.5	
keskiarvo 1 670			5.3	23.0	9.7	507	11.8	22.5
2.8	3 120	4.8	23.0	10.7	555	11.7	18.5	
5.8	3 170	5.0	23.0	11.7	705	12.1	20.0	
8.8	1 200	5.0	22.0	12.7	577	12.4	22.0	
11.8	2 020	4.5	22.5	14.7	608	11.9	21.5	
14.8	1 140	4.3	22.0	18.7	1 390	7.8	22.5	
17.8	1 260	5.2	22.0	19.7	665	12.0	22.0	
19.8	1 264	5.7	22.0	21.7	597	11.7	24.0	
21.8	2 212	4.1	21.0	27.7	9 859	11.4	22.5	
23.8	1 638	5.5		30.7	6 462	6.5	24.0	
25.8	1 843	7.4		keskiarvo 2 069		11.2	21.9	
28.8	1 422	5.0						
30.8	964	4.6	20.5					
keskiarvo 1 771			5.0	22.0				

Taulukossa 2. (s. 16) on esitetty tarkemmin Kaukaan tehtaitten Saimaaseen laskemien jätevesien laatu niiltä kuukausilta, joiden aikana tutkimus suoritettiin. Tulokset perustuvat Kaukaan tehtaitten omiin analyyseihin.

#### 4. Tutkimuksen suoritus aika

Kenttätutkimukset suoritettiin kesällä 1961 ja 1962. Näytesarjat otettiin v. 1961: 13.6. - 15.6., 4.7. - 6.7. ja 15.8. - 17.8. ja seuraavana kesänä 4.7. - 6.7. Planktonnäytteen laskeminen suoritettiin syksyllä 1962.

#### 5. Tutkimusasemat ja niiden sijainti

Tutkimusasemia on kaikkiaan kaksikymmentä. Ne on pyritty valitsemaan likaantumisasteen ja jäteliemen kulkureitin selvittämistä silmälläpitäen sekä mikäli mahdollista syvänteiden kohdalle. Valinta perustuu osittain myös JÄRNEFELTin (1961) tutkimuksen tuloksiin.

Asemat on numeroitu arabialaisilla numeroilla 1 - 20, ja niiden sijainti käy parhaiten selville kartasta 1 (s. 91).

## B. Metodiikka

### 1. Meteorologiset tiedot

Kaikki meteorologiset tiedot on saatu Ilmatieteelliseltä Keskuslaitokselta, jonka tutkimusalueelta lähinnä oleva säähavaintoasema sijaitsee Lappeenrannassa.

Vuorokauden keskilämpötila on saatu klo 8, 14 ja 20 otettujen lämpötilojen keskiarvosta. Tulos on ilmoitettu  $0.1^{\circ}\text{C}$  tarkkuudella. Havainnot ovat vuosien 1961 ja 1962 kesä-, heinä- ja elokuulta, ja ne on esitetty diagrammissa 1 (s.24 ). Samaan diagrammiin on liitetty myös Saimaan pintaveden lämpötilat edellämainittuina aikoina. Nämä tulokset perustuvat Kaukas Oy:n omiin tutkimuksiin.

Pilvisyydestä on ilmoitettu klo 14 tehty havainto. Tuloksen ilmoittamisessa on käytetty asteikkoa 0 - 8, jossa 0 ilmaisee täysin pilvettömän sään, 1 ilmaisee, että 1/8 taivaan kanna-  
ta on pilvien peittämä jne 8:n ilmaistessa pilviverhon peittävän koko taivaankannen (LIITE 1. ss. 103-123).

Tuulisuudesta on ilmoitettu klo 14 tehdyt havainnot tuulen suunnasta ja voimakkuudesta. Voimakkuuden dimenssiona on käytetty m/s (LIITE 1. ss. 103-123).

### 2. Käytetyt mittaus- ja analyysimenetelmät

Kaikilta tutkimusasemilta suoritettiin seuraavat planktonmiljöön kuvauksen kannalta tarpeelliset analyysit: lämpötilakerrostuneisuus, happi, veden väri, pH, johtokyky,  $\text{KMnO}_4$ -kulutus sekä muutamilta tutkimusalueen eri osia edustavilta asemilta edel-

lämminainittujen lisäksi hiilidioksidi ja alkaliniteetti. Analyysistä ja mittauksista suoritettiin paikan päällä lämpötila, hiilidioksidi, alkaliniteetti ja happinäytteiden esikäsitteleminen, kaikki muut Kaukas Oy:n laboratoriossa.

- Lämpötila. Mittaus suoritettiin  $0.1^{\circ}\text{C}$ :n tarkkuudella Ruttner-tyyppiseen vedennoutajaan sijoitetulla lämpömittarilla.
- Värin määrittäminen tapahtui kahta menetelmää käyttäen. Puhtaammista vesistä väri mitattiin Lumetron-sähkö-fotometrisellä kolorimetrillä, jolla saavutettiin tarkkuus  $\pm 1$  mg Pt/l. Likaisimpien vesien värin määrittämiseen käytettiin Helligen-värikiekkokolorimetriä, jonka tarkkuus oli  $\pm 5$  mg Pt/l.
- Veden reaktio l. pH mitattiin potentiometrisesti pH-mittarilla (Beckman) lasielektrodia käyttäen.
- Elektrolyyttinen johtokyky mitattiin Philips GM 4144 ominaisvastusmittarilla. Veden lämpötila mittaushetkellä otettiin  $0.1^{\circ}\text{C}$ :n tarkkuudella. Tulos on ilmoitettu  $\mu\text{S}$ :nä.
- Happi analysoitiin käyttämällä Alsterbergin bromisalisylaattimenetelmää. Tulos on ilmoitettu mg/l (MAUCHA 1932, ss. 56-59).
- Hiilidioksidi analysoitiin 100 ml:n mittapullossa titraamalla  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -liuoksella. Indikaattorina käytettiin fenolftaleinia (MAUCHA 1932, s. 75).
- Alkaliniteetti. Määrittäminen suoritettiin 100 ml:sta näytettä. Indikaattorina oli Misoh-1. sekaindikaattori (DEUTSCHE EINHEITSVERFAHREN 1954, ss. 69-70).
- $\text{KMnO}_4$ -kulutus määritettiin keittämällä 100 ml tislattua vedellä laimennettua näytettä alkalisisä liuoksessa (HOLLUTA & HOCHMULLER 1959, s. 165).

### 3. Planktontutkimus

Planktonnäytteitä otettaessa on pyritty noudattamaan UTERMÖHLin (1958, ss. 3-5) suosittamaa menetelmää ottamalla yhtenäisiä trofogeenista kerrosta edustavia patsaanmuotoisia profiilinäytteitä. Tässä menetelmässä ei tosin ole otettu huomioon planktoneliöiden parveillusta (JÄRNEFELT 1958, s. 192) mahdollisesti johtuvia virheitä.

Näytteet on otettu kahden metrin mittaisella putkinoutajalla, jonka halkaisija on 3 cm, nostamalla ensin 0-2 m:n näyte ja sen jälkeen 2-4 m:n näyte muoviastiaan. Huolellisen sekoittamisen jälkeen siitä on mitattu 100 ml:n mittapullolla planktonnäyte, joka vastaa siis koko 4 m:n profiilia. Näytteet on konservoitu välittömästi näytepulloihin lisäämällä 3 ml 40 % formalinia kuhunkin. Näytteitä on säilytetty pimeässä mikroskopoimiseen asti.

Planktereiden määrittäminen ja laskeminen on suoritettu Utermöhlin käänteismikroskoopilla ns. modernia kammiomenetelmää käyttäen (UTERMÖHL 1958, ss. 11-31). Sen mukaan näytteet on laskeutettu 50 ml:sta 4 mm korkeaan ja 25.5 mm:n läpimittaiseen kammiioon, josta laskeminen on sitten suoritettu. Pahimmin likaantuneilta alueilta olevat näytteet on laskeutettu 25 ml:sta. Sedimentoitumisaika on ollut 24 tuntia.

UTERMÖHLin (1958, s. 23) mukaan olisi ajan säästämiseksi laskennassa edullisinta käyttää mahdollisimman pieniä suurennuksia edellyttäen kuitenkin, ettei lajinmääritys kärsi. Käytettäessä esim. 1 000-kertaista suurennusta tarvitaan yli 3 000 kertaa enemmän aikaa yhtä suuren pinta-alan läpikäymiseen kuin 30-kertai-

sella suurennuksella (UTERMÖHL 1958, s. 23).

Pienin laskennassa käytetty suurennus on ollut 100-kertainen. Sillä laskettiin kaikki eläinplankterit ja suurimmat kasviplankterit kuten Closterium-lajit, Coelosphaerium-, Synura-, Uroglena-koloniat, suurimmat Pediastrum- ja Staurastrum-lajit, Anabaena-, Oscillatoria-, Melosira varians-, M. granulata-, M. spp.- nauhat (M. spp. käsittää lajit M. ambigua ja M. italica) sekä Ceratium hirundinella. 400-kertaisella suurennuksella laskettiin valtaosa kasviplanktereista. Samaa suurennusta ja vaihevastakoh-  
taoptiikkaa käyttäen laskettiin mm. Rhizosolenia longiseta, Attheya zachariasii, Diceras chodati, tyhjä Dinobryon-kodat sekä pienimmät Dinobryon-lajit. 800-kertaista suurennusta käytettiin vain kaikkein pienimpien lajien määrittämisessä.

100-kertaista suurennusta käytettäessä laskettiin lajit koko sedimentistä. 400-kertaisella suurennuksella laskettiin näyte sarakkeittain siten, että harvinaisimmat lajit laskettiin jokaiselta tai joka toiselta sarakkeelta ja muut yksilöitiheydestä riippuen joka neljänneltä tai joka kahdeksannelta sarakkeelta. Laskennassa käytettiin seuraavia yksikköjä.

- nauha (kaikki nauhamaiset levät)
- kolonia (Apha nocapsa, Aphanothece, Coelosphaerium, Gomphosphaeria, Microcystis, Coelastrum, Phormidium, Eudorina, Pandorina, Pyrobotrys, Spondylomorom, Gloeocystis, Sphaerocystis, Actinastrum, Oocystis, Pediastrum, Synura, Uroglena).
- 4-soluryhmä (Chroococcus, Merismopedia, Brachionococcus, Crucigenia, Dictyosphaerium, Scenedesmus, Desmarella, Quadrigula)
- 2-soluryhmä (Scenedesmus bicellularis)
- solu (kaikki yksisoluiset ja lisäksi Dactylococcopsis, Elaka-



tothrix, Kirchneriella, Selenastrum, Nephrocytium, Dinobryon, Tabellaria, Asterionella).

Koska planktonissa tavataan kokonsa puolesta toisistaan suurestikin poikkeavia lajeja, eivät pelkät yksilölukumäärät ole keskenään riittävän vertailukelpoisia tutkittaessa esim. jätevesien vaikutusta planktoniin. Vertailun kannalta parempia tuloksia saadaan muuttamalla yksilölukumäärät tilavuuksiksi (JÄRNEFELT 1952, s. 15 ja 1956, ss. 4-5).

Käytetyistä planktontilavuuksista (LIITE 3, ss. 160-164) suurin osa on saatu Helsingin Yliopiston Limnologian laitokselta. Omia mittauksia on suoritettu vain eräiden lajien kohdalla, ja muutama tilavuus on jouduttu laskemaan kirjallisuudesta saatujen mittojen perusteella. Liitteessä 3 ( ss. 160-164) on jokaiselle lajille laskettu lisäksi kerroin, joka ilmaisee kuinka monta ko. planktonyksilöä mahtuu  $1\ 000\ \mu^3$ :n tilavuuteen. Planktonmäärät on ilmoitettu liitteessä 2 ( ss. 124-159)  $1\ 000\ \mu^3$ :nä 100 ml:a kohti.

Levien määrittäminen suoritettiin CHODAT'n (1926), GEITLERin (1932), HUBER-PESTALOZZIN (1938-1955), PASCHERin (1914-1915), PRESCOTTin (1951), SKUJAN (1948 ja 1956) ja WEST & WESTin (1900-1923) teoksiin nojautuen. Eläinplankterit määritettiin CARLININ (1945) ja RYLOVIN (1935) mukaan.

C. Tulokset

1. Planktonmiljöötä koskevat tutkimukset

a. Lämpötila

Suomen järvissä on lämpötilalla tärkein merkitys veden tiheyden muutoksissa. Vesi on raskainta lämpötilan ollessa +4°C. Lämpötilan noustessa tai laskiessa tästä arvosta pienenee veden tiheys (RUTTNER 1962, s. 18).

Lämpötilan muutokset aiheuttavat järvissä tiettyä vuodenaikaista täyskiertojen ja kerrostuneisuuskausien vaihtelua (HUTCHINSON 1957, ss. 450-452).

Ilman ja pintaveden lämpötilojen vaihtelut on esitetty diagrammissa 1 (s. 24). Alkukesällä 1961 vallitsi hellekausi, joka aiheutti pintaveden lämpötilan huomattavan kohoamisen. Ensimmäinen näytteiden ottoaika sattui tämän hellekauden loppupuolelle. Kesäkuun lämpötilakäyristä (DIAGRAMMIT 2-9, ss. 25-32) voidaan havaita lämpimän ja verrattain tyynen sään ansiosta syntynyt vesimassojen selvä korostuneisuus. Useimmille asemille oli tyypillistä varsinaisen päällysveden vaillinaisuus ja väliveden voimakas kehittyminen. Tuuli on tärkein seisovan veden sekoittamisen aiheuttaja (BIRGE 1916, s. 341; RUTTNER 1962, s. 41). Vallinneen heikon tuulen ansiosta pääsi vesimassoista sekoittumaan vain 2-4 ylimmän metrin kerros. Samasta syystä oli myös välivedessä tapahtuva lämpötilan lasku erittäin jyrkkä.

Eräiden asemien mataluus ei myöskään muodostunut kerrostuneisuutta ehkäiseväksi tekijäksi. Esim. Asemalla 12 oli vettä vain 4 metriä, pinnan ja pohjan lämpötilaeron ollessa 7.5 astetta.

17.6. - 26.6. välisenä aikana tapahtui ilman lämpötilassa jyrkkä lasku. Koska veden ominaislämpö on korkea, ovat siinä tapahtuvat lämpötilan muutokset hitaita (JÄRNEFELT 1958, s. 45). Tästä johtuen viivästyi kylmän kauden aiheuttama pintaveden kylmeneminen huomattavasti.

Heinäkuun näytesarjat otettiin 4.7. - 6.7. välisenä aikana. Lämpötilakäyristä havaitaan pinnan ja pohjan lämpötilaerojen tasoittuneen, mikä johtuu lähinnä pintaveden kylmenemisestä ja tuulten sekä virtausten aiheuttamasta vesimassojen sekoittumisen lisääntymisestä. Väliveden yläpinta oli painunut huomattavasti kesäkuun tasoa syvemmälle. Muutamilta asemilta puuttui jo alusvesikin. Selväpiirteistä kerrostuneisuutta voitiin havaita vain asemilla 3 (s. 25), 19 ja 20 (s. 32). Sekoittumisen ansiosta oli alusveden lämpötila kohonnut kesäkuusta huomattavasti.

Heinäkuun puolivälistä alkaen pysytteli pintaveden lämpötila  $18^{\circ}\text{C}$ :n yläpuolella, huolimatta ilman lämpötilassa tapahtuneista muutoksista. Tämän arvon alapuolelle lämpötila laski vasta 16.8.

Elokuun (15.8. - 17.8.) lämpötilakäyrät ovat muodoltaan verrattain samanlaiset kuin heinäkuun vastaavat käyrät. Kaikki vesikerrokset olivat vain kauttaaltaan lämpimämpiä kuin edellisessä kuussa, ja väliveden yläraja oli siirtynyt vielä syvemmälle.

Asemalla 19 (s. 32) oli kolme, tosin verrattain heikosti kehittyntä väliwettä. Useamman väliveden syntymisen aiheuttaa tyynen ja lämpimän kauden sekä toisaalta tuulisen ja kylmän kauden vuorottelu (RUTTNER 1962, s. 51).

Kesä 1962 (erikoisesti kesäkuu) oli huomattavasti kylmem-

pi kuin edellinen kesä (DIAGRAMMI 1 s. 24). Pintaveden lämpötila pääsi kohoamaan yli 18°C:n vasta heinäkuun loppupuolella. Vesimassat olivat kauttaaltaan kylmemmät kuin edellisenä kesänä samaan aikaan. Selväpiirteistä kerrostuneisuutta voitiin havaita vain muutamilla asemilla. Lämpötilakäyrät (DIAGRAMMIT 2-9 ss. 25-32) ovat muodoltaan hyvin samanlaiset kuin edellisen vuoden heinäkuun vastaavat käyrät.

b. Happi, hiilidioksidi ja alkaliniteetti

Luonnonvesissä toimivat hapen lähteenä pääasiassa ilmakähi ja fotosynteesitapahtuma (WHIPPLE 1954, s. 189). Ilmasta veteen liukenevan hapen määrä riippuu ilmanpaineesta ja lämpötilasta. Normaalipaineessa (760 mm Hg) liukenee +4-asteiseen veteen 12.7 mg happea litraa kohti. Lämpötilan tai paineen kohotessa pienenee veteen liukenevan hapen määrä (RUTTNER 1962, s. 91). Elävät organismit voivat joko lisätä tai kuluttaa veden happea. Autotrofiset organismit tuottavat fotosynteesin yhteydessä happea, kun taas heterotrofiset eliöt kuluttavat sitä elintoimintoissaan.

Järven happitilanne on riippuvainen trofia-asteesta sekä päällyls- ja alusvesien tilavuuksien suhteesta (JÄRNEFELT 1953, ss. 203-206; ÅBERG & RODHE 1942, ss. 192-194). Voidaan erottaa kaksi olennaisesti erilaista happikerrostuneisuustyyppiä. Ortogradinen l. suora happikäyrä on tyypillinen oligotrofiselle sekä yleensä suuren alusveden omaaville järville. Eutrofisten ja pienen alusveden omaavien järvien happikäyrä on sen sijaan klino-gradinen l. mutkakäyrä.

Happitilanteeseen vaikuttavat myös suuresti erilaiset jätevedet. Niiden sisältämien runsaiden helposti hapettuvien aineiden ansiosta voi niiden saastuttamissa vesissä esiintyä varsin perusteellisia alusveden happikatoja (JÄRNEFELT 1958, s. 109).

Veden happipitoisuus ilmaistaan joko absoluuttisena määränä (mg/l) tai kyllästysprosenttina ( $O_2$  %). Kun vesi sisältää happea sen määrän, minkä se vallitsevissa olosuhteissa kykenee liuottamaan, sanotaan veden olevan hapen kyllästämää. Kyllästysarvo ilmoittaa, kuinka monta prosenttia tästä 100-prosenttisesta kyllästysmäärästä happea tutkimushetkellä on vedessä (KAARTOTIE & RYHÄNEN 1957).

Happiarvot on ilmoitettu liitteessä 1 (ss. 103-123). Kaikilta asemilta on lisäksi esitetty happikerrostuneisuus kyllästysprosenttien mukaan (DIAGRAMMIT 10-15 ss. 35-40).

Tulosten tarkastelussa tutkimusalue on jaettu vyöhykkeisiin noudattaen JÄRNEFELTin (1961, s. 1058) käyttämää jaottelua (vrt. s. 11).

Asemien 1, 2, 3 ja 4 happikerrostuneisuus on esitetty diagrammissa 10 (s. 11). Kyseisten asemien muodostamalla alueella oli happitilanne kesällä 1961 yleensä hyvä. Pinta-vedessä esiintyi jopa ylikyllästystä. Alusvedessä kyllästysprosenttien keskiarvo oli 81. Happikäyrien kulku noudatti joka asemalla lämpötilakerrostuneisuutta. Niinpä heinä- ja elokuussa vesimassojen vähittäisen sekoittumisen ansiosta tapahtui päällyys- ja alusveden happipitoisuuksien tasoittuminen. Poikkeuksena oli asema 3, jossa lämpötilakerrostuneisuus säilyi koko kesän, ja happipitoisuus sen johdosta laski alusvedessä huomattavasti.

Heinäkuussa 1962 happitilanne oli sekä päällyys- että alus-

vedessä hyvä. Vesimassat olivat sekoittuneet kauttaaltaan. Pää-lysvedessä kyllästysprosenttien keskiarvo oli 96 ja alusvedessä 92.

- Asemien 5 ja 6 happikäyrät on esitetty diagrammissa 11 (s.36). Aseman 6 happitilanteessa näkyy ajoittain selvä Kaukaan tehtait-ten jätevesien vaikutus (esim. kesäkuu 1961). Nämä jätevedet saattavat tuulten synnyttämien pintavirtausten mukana kulkeutua pitkällekin padon luoteispuolelle. Koska jäteliemi ja erikoises-ti sen sisältämät ligniiniyhdisteet hajoavat verrattain hitaas-ti saattaa niiden happea kuluttava vaikutus tuntua hyvinkin kauan. Asemalla 5 pintaveden kyllästysprosentti vaihteli 98-101 ja alusveden kyllästysprosentti koko alueella 54-89 (keskiarvo 81 %).

Heinäkuussa 1962 laski kyllästysprosenttien keskiarvo sekä pinta- että alusvedessä alle 80:n.

- Asemilla 7, 8, 9 ja 10 (DIAGRAMMIT 11-12 ss.36-37) vallitsi kesällä 1961 erittäin huono happitilanne, kyllästysprosenttien vaihdellessa kaikissa vesikerroksissa 2-34. Huonoin tilanne oli asemalla 7, jolla happipitoisuus käytännöllisesti katsoen oli nollassa koko kesän ajan. Heinä- ja elokuussa vallitsi myös ase-milla 8 ja 9 hapen kato.

Täyskierron alkaessa ei puhdasta vettä huomattavasti ras-kaampi jäteliemi pääse heti sekoittumaan ylempiin vesikerrok-siin, mikäli sen  $KMnO_4$ -kulutus on yli 1 000 mg/l (KALATALOUSSÄÄ-TIÖN KAUKAAN TUTKIMUS 1956). Tällöin pintaveteen liukenee ilmas-ta happea. Kierron jatkuessa sekoittuu viimein myös alusvesi muuhun vesimassaan ja kuluttaa välittömästi pintaveden hapen loppuun, koska sen sisältämä jäteliemi käyttää hajotessaan enem-

män happea kuin ilmasta ehti liueta. Asemalla 10 heinäkuussa 1961 oli happipitoisuus alusvedessä suurempi kuin päällysvedessä. Jäteliemi saattaa hajotessaan ja laimentuessaan niin, että sen  $\text{KMnO}_4$ -kulutus on alle 250 mg/l esiintyä väkevimpänä pinta- ja välivedessä ja aiheuttaa siten voimakkaan hapenkulutuksen näissä vesikerroksissa (KALATALOUSSÄÄTIÖN KAUKAAN TUTKIMUS 1956).

Pintaveden huonoon happitilanteeseen erikoisesti asemilla 7, 8 ja 9 vaikutti osaltaan myös kesällä 1961 esiintynyt pintakalvo, estäessään ilman ja veden vuorovaikutuksen (vrt. JÄRNEFELT 1958, ss. 29-30).

Heinäkuussa 1962 tilanne oli edelliseen kesään verrattuna jo parantunut. Hapen katoa esiintyi vain asemalla 7. Heikkoa pintakalvon esiintymistä voitiin havaita vain tehtaan edustan lähisalmassa.

- Asemien 11, 12, 13, 14, 15 ja 16 (DIAGRAMMIT 12-13 ss.37-38) muodostamasta alueesta voidaan yleispiirteenä todeta pintaveden huono happipitoisuus kesällä 1961. Tämän aiheuttajana oli juuri aikaisemmin mainittu päällysvedessä kulkeutuva jäteliemi. Sen vaikutus oli erittäin selvä kesäkuussa, jolloin vesissä vallitsi lämpötilakerrostuneisuus. Kerrostuneisuuden hävittyä tuulet sekoittivat vesimassoja yhä syvemmälle ja tasoittivat pinnan ja pohjan happipitoisuuksien erot. Elokuussa happea kuluttavat aineet olivat kerrostuneet jo pohjan lähelle ja happikäyrä muuttui vähitellen klinogradiseksi. Kesäkuussa asemalla 14 esiintyneen happikadon aiheuttajana olivat Joutseno-Pulpin sulfaattiselluloosatehtaan jätevedet, jotka suuren väkevyytensä ( $\text{KMnO}_4$ -kulutus 15 400 mg/l) johdosta eivät olleet päässeet vielä sekoittumaan muuhun vesimassaan.

Heinäkuussa 1962 ei happipitoisuuksissa pinnan ja pohjan välillä ollut sanottavampia eroja, mikä johtuu lähinnä siitä, etteivät vesimassat olleet kerrostuneet. Kyllästysprosentit olivat koko alueella sekä pinta- että alusvedessä suuremmat kuin edellisellä kesänä.

Asemien 17, 18, 19 ja 20 happikäyrät (DIAGRAMMIT 14-15 ss.39-40) ovat yleensä ortogradisia happipitoisuuden vähetessä tasaisesti pohjaa kohti. Tämä on tyypillistä juuri suuren alusveden omaaville järville (ÅBERG & RODHE 1942, ss. 192-194). Asemalla 19 (6.7.61) voitiin havaita kolme happipitoisuuden äkillistä laskua. Niiden aiheuttajana voitaneen pitää alaspäin painuvia, laimentuneita jätevesikerroksia tai hajoamistilassa olevaa planktonia (vrt. JÄRNEFELT 1958, s. 112). Kyllästysprosenttien keskiarvo koko alueella oli pintavedessä 99 ja alusvedessä 80.

Heinäkuussa 1962 vastaavat prosenttiluvut olivat 100 ja 87.

Hiilidioksidikerrostuneisuutta esittävistä käyristä (DIAGRAMMIT 10-15 ss.35-40) huomataan  $\text{CO}_2$ :n määrän lisääntyvän säännöllisesti pohjaa kohti. Käyrän muoto vastaa useimmiten saman aseman  $\text{O}_2$ -käyrän peilikuvaa. Tämän  $\text{O}_2$ - ja  $\text{CO}_2$ -käyrien muodostaman ristikuvion syntyminen johtuu pääasiassa siitä, että trofogeenisessä kerroksessa assimilaation yhteydessä sitoutuu hiilidioksidia happikonsentraation kasvaessa. Samanaikaisesti trofolyyttisessä kerroksessa happi sitoutuu orgaanisen aineen hapettuessa, ja hiilihapon sekä sen suolojen määrä kasvaa (RUTNER 1962, s. 91). Eri kesien tuloksia verrattaessa voidaan todeta  $\text{CO}_2$ -arvojen muuttuvan samassa suhteessa kuin vastaavat  $\text{O}_2$ -arvot.



Tutkimuksissaan Etelä-Ruotsin järvistä ovat ÅBERG ja RODHE (1942, ss. 210-211) todenneet pintaveden CO<sub>2</sub>- ja O<sub>2</sub>-millimoolien summan olevan 0.27 - 0.33 mmol/l ja näiden lukujen yleensä suurenevan pohjan lähellä. Tämän lisäksi aiheuttaa koko vesimassan lämpeneminen ko. ekvivalenttisuuden suurenemisen.

Verrattaessa Saimaan vastaavia arvoja (TAULUKKO 3 ss. 46-48) edellisiin voidaan todeta heinäkuun arvojen sekä v:lta 1961 että v:lta 1962, kaikkein likaisinta aluetta (asemat 7 ja 8) lukuunottamatta, olevan jokseenkin saman suuruisia. Elokuussa, vesimassojen lämmitettyä kauttaaltaan, suurenivat ekvivalenttisuudet. Aseman 7 verrattain suuret arvot osoittavat osaltaan erittäin voimakkaan orgaanisen aineen hajoituksen tapahtumista ja sen tuloksena syntyvän hiilihapon suurta määrää.

Alkaliniteetillä tarkoitetaan veden hapensitomiskykyä. Se ilmoittaa siis veden puskuriarvon. Suomalaisissa järvissä alkaliniteetti on yleensä huomattavasti alle 0.4 - 0.5 (JÄRNEFELT 1958, s. 90). Kun levien massaesiintymisessä hiilidioksidi loppuu assimilaatiotoiminnan johdosta, käyttävät levät hiilenlähteenään hydrokarbonaatteihin sidottua hiilidioksidia, ja alkaliniteetti pienenee. Levien määrän laskiessa pienenevät karbonaattimäärät, ja bikarbonaatit lisääntyvät. Varsinaiset karbonaatit häviävät heti, kun veteen muodostuu vapaata hiilidioksidia, ja alkaliniteetti muodostuu yksinomaan hydrokarbonaateista (JÄRNEFELT 1958, s. 90).

Tutkimusalueella tulokset vaihtelivat rajoissa 0.07 - 0.25. Selviä eroja eri asemien ja eri syvyyksien arvojen välille ei saatu. Tulokset on ilmoitettu liitteessä 1 (ss. 103-123).

Taulukko 3.

Happi- ja hiilidioksidimillimoolit ja millimoolien summat.

Asema 1. 4.7.61.				Asema 7. 6.7.62.			
Syv.	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub>	Syv.	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub>
m	mmol/l	mmol/l		m	mmol/l	mmol/l	
1	0.29	0.04	0.33	1	0.06	0.40	0.46
4	0.29	0.05	0.34	4	0.05	0.31	0.36
6	0.30	0.06	0.36	8	0.01	0.45	0.46
8	0.29	0.07	0.35	12	0.01	0.54	0.55

  

Asema 1. 15.8.61.				Asema 8. 6.7.62.			
Syv.	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub>	Syv.	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub>
m	mmol/l	mmol/l		m	mmol/l	mmol/l	
1	0.29	0.09	0.38	1	0.08	0.27	0.35
6	0.29	0.09	0.38	4	0.08	0.38	0.46
12	0.28	0.10	0.38	8	0.04	0.45	0.49

  

Asema 2. 5.7.62.				Asema 11. 5.7.61.			
Syv.	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub>	Syv.	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub>
m	mmol/l	mmol/l		m	mmol/l	mmol/l	
1	0.29	0.05	0.34	1	0.20	0.11	0.31
4	0.29	0.05	0.34	4	0.23	0.08	0.31
7	0.29	0.07	0.36	8	0.25	0.08	0.33
				12	0.25	0.10	0.35
				14	0.23	0.12	0.35

  

Asema 4. 5.7.62.				Asema 11. 16.8.61.			
Syv.	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub>	Syv.	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub>
m	mmol/l	mmol/l		m	mmol/l	mmol/l	
1	0.28	0.04	0.32	1	0.19	0.18	0.37
4	0.28	0.04	0.32	4	0.19	0.18	0.37
10	0.28	0.06	0.34	6	0.21	0.20	0.41

  

Asema 7. 4.7.61.				Asema 11. 16.8.61.			
Syv.	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub>	Syv.	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub>
m	mmol/l	mmol/l		m	mmol/l	mmol/l	
1	0	0.47	0.47	8	0.21	0.25	0.46
4	0	0.40	0.40	10	0.19	0.25	0.44
6	0	0.45	0.45	12	0.14	0.25	0.39
8	0	0.50	0.50	14	0.10	0.29	0.39
11	0	0.56	0.56				

  

Asema 7. 4.7.61.				Asema 12. 6.7.62.			
Syv.	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub>	Syv.	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub>
m	mmol/l	mmol/l		m	mmol/l	mmol/l	
1	0	0.47	0.47	1	0.21	0.11	0.32
4	0	0.40	0.40	4	0.19	0.18	0.37

Taulukko 3, (jatkoa)

Asema 13. 6.7.62.

Syv. m	O <sub>2</sub> mmol/l	CO <sub>2</sub> mmol/l	O <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub> mmol/l
1	0.25	0.08	0.33
3	0.27	0.06	0.33
6	0.28	0.06	0.34

Asema 14. 5.7.62.

1	0.27	0.04	0.31
4	0.26	0.05	0.31
10	0.27	0.07	0.34

Asema 15. 5.7.61.

1	0.25	0.06	0.31
4	0.26	0.08	0.34
8	0.27	0.06	0.33
12	0.27	0.07	0.34
14	0.26	0.10	0.36
16	0.25	0.13	0.38

Asema 15. 16.8.61.

1	0.28	0.06	0.34
4	0.26	0.09	0.35
7	0.25	0.11	0.36
10	0.22	0.15	0.37
12	0.22	0.22	0.44
14	0.12	0.25	0.37
16	0.08	0.29	0.37

Asema 16. 5.7.62.

1	0.27	0.05	0.32
4	0.27	0.05	0.32
10	0.27	0.07	0.34
14	0.29	0.08	0.37

Syv. m	O <sub>2</sub> mmol/l	CO <sub>2</sub> mmol/l	O <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub> mmol/l
1	0.29	0.04	0.33
4	0.29	0.05	0.34
8	0.30	0.05	0.35
12	0.30	0.06	0.36
15	0.30	0.07	0.27

Asema 18. 6.7.62.

1	0.30	0.04	0.34
4	0.29	0.05	0.34
8	0.29	0.05	0.34
12	0.30	0.06	0.36
15	0.30	0.08	0.38

Asema 19. 6.7.62.

1	0.29	0.04	0.33
10	0.30	0.05	0.35
20	0.30	0.06	0.36
27	0.31	0.08	0.39

Asema 20. 6.7.61.

4	0.28	0.05	0.33
8	0.27	0.06	0.33
12	0.28	0.06	0.34
16	0.29	0.07	0.36
20	0.26	0.08	0.34
24	0.27	0.08	0.35
28	0.26	0.08	0.34
36	0.29	0.10	0.39
40	0.29	0.10	0.39
44	0.30	0.10	0.40
52	0.28	0.10	0.38
56	0.24	0.12	0.36

Taulukko 3, (jatkoa)

Asema 2o. 17.8. 61.

Syv.	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub>
m	mmol/l	mmol/l	
1	0.29	0.07	0.36
7	0.29	0.07	0.36
14	0.29	0.11	0.40
21	0.28	0.12	0.40
28	0.29	0.13	0.41
35	0.29	0.15	0.44
42	0.28	0.15	0.43
55	0.29	0.16	0.45
58	0.27	0.17	0.44

Asema 2o. 6.7.62.

1	0.29	0.04	0.33
20	0.30	0.06	0.36
40	0.32	0.08	0.40
50	0.31	0.08	0.39
55	0.31	0.08	0.39
63	0.29	0.09	0.38

c. KMnO<sub>4</sub>-kulutus ja pH

Asemien 1, 2, 3 ja 4 muodostamalla alueella olivat KMnO<sub>4</sub>-luvut kesällä 1961 pintavedessä suuremmat kuin pohjan lähellä (LIITE 1 ss. 103-123). KMnO<sub>4</sub>-kulutuksen ajoittaisen kasvamisen aiheuttajana voitaneen pitää varsinkin asemalla 1 Tullinsalmen (asemat 12 ja 13) ja Vehkataipaleen kautta tulevia vähäisiä jätevesimääriä. Tätä käsitystä tukevat myös suoritetut planktonitutkimukset (vrt. s. 78). Vaihtelurajat koko alueella olivat pintavedessä 36-61 mg/l ja pohjan lähellä 35-52 mg/l.

Heinäkuussa 1962 KMnO<sub>4</sub>-kulutus oli koko alueella pienempi kuin edellisenä kesänä. Vesimassat olivat sekoittuneet kauttaaltaan, joten arvot pinnan ja pohjan välillä eivät vaihdelleet paljoakaan.

Padon luoteispuolisella alueella (asemat 5 ja 6) KMnO<sub>4</sub>-kulutuksen kasvaminen johtuu suurimmaksi osaksi asumajätevesistä. Tämän lisäksi pitkäaikaiset Suur-Saimaalta puhaltavat tuulet aiheuttavat pintavirtauksia, jotka tuovat mukanaan Kaukaan tehtaitten jätevesiä padon luoteispuolisille alueille. Näiden vaikutus oli erittäin selvä asemalla 6.

Jäteliemen hajoaminen on huomattavasti hitaampaa kuin asumajätevesien, siksi niiden vaikutus saattaa tuntua hyvinkin kauan. Toisaalta taas asumajätevedet nopeuttavat jäteliemen hajoamista. Edellämainituista seikoista johtuen on verraten vaikea sanoa, kummanko jäteveden vaikutus on suurempi tällä alueella.

Heinäkuussa 1962 KMnO<sub>4</sub>-kulutus oli koko alueella huomattavasti pienempi kuin edellisenä kesänä.

- Asemien 7, 8, 9 ja 10 muodostamalla alueella  $\text{KMnO}_4$ -luvut (LIITE 1, ss. 110-112) osoittavat alueen olleen erittäin voimakkaasti likaantunutta. Jäteliemi oli sekoittunut verrattain tasaisesti koko vesimassaan. Vain asemalla 7 oli jäteliemi kesäkuussa kerrostunut väkevänä ( $\text{KMnO}_4$ -kulutus 3 160 mg/l) pohjalle.

Heinäkuussa 1962 oli tilanne parantunut edellisestä kesästä huomattavasti. Tämä voitane katsoa osittain poikkeuksellisen runsasvetisen kesän (Saimaan pinta oli 80 cm:ä korkeammalla kuin edellisenä kesänä) ja osaksi elokuussa 1961 käyttöön otetun jäteliipeän polttolaitoksen ansioksi.

- Asemien 11, 12, 13, 14, 15 ja 16  $\text{KMnO}_4$ -luvut (LIITE 1 ss. 112-113) osoittavat jäteliemen kerrostuneen tällä alueella väkevimpänä päällysveteen, mikä seikka todettiin jo alueen happituloksia tarkasteltaessa (vrt. ss. 43-44). Pintavedessä kulkuvan jäteliemen kulkureitti ei ollut enää riippuvainen syvänteistä. Erikoisesti asemien 12 ja 13 suuret pintaveden  $\text{KMnO}_4$ -luvut (106-304 mg/l ja 64-93 mg/l) osoittavat jäteliemen kulkuneen myös Kattelussaaren länsipuolitse matalan Tullinsalmen kautta Suur-Saimaalle. Näistä jätevesistä saattaa pieniä määriä joutua virtausten mukana Vehkatakiaipaleen kautta Pien-Saimaalle (vrt. asema 1 s. 49).

Kesäkuussa olivat Joutseno-Pulpin sulfaattiselluloosatehtaan jätevedet kerrostuneet erittäin väkevinä pohjalle. Tästä osoituksena on aseman 14 alusveden suuri  $\text{KMnO}_4$ -kulutus (15 400 mg/l).

Heinäkuun 1962  $\text{KMnO}_4$ -arvot vaihtelivat koko alueella pintavedessä 35-73 mg/l ja pohjan lähellä 29-58 mg/l. Suurimmat

pintaveden  $\text{KMnO}_4$ -arvot olivat kuten edellisenäkin kesänä asemilla 12 ja 13. Jätevesien saavuttua varsinaiselle Suur-Saimaalle (asemat 17, 18, 19 ja 20, LIITE 1, ss. 119-123) ovat ne jo verrattain tehokkaasti laimentuneet ja hajonneet. Selvä jäteliemen vaikutus voitiin havaita kesäkuussa 1961 vielä asemilla 19 ja 20, erikoisesti niiden pintavedessä.

Suur-Saimaalla jätevesien kulkusuunta on riippuvainen vallitsevista tuulista ja virtauksista.

Heinäkuun 1962  $\text{KMnO}_4$ -arvot olivat kauttaaltaan pienemmät kuin edellisenä kesänä ja osoittivat veden olevan verrattain puhdasta Suur-Saimaalla.

Jäteliemi saa aikaan selviä muutoksia vastaanottavan veden reaktiossa. Tämä johtuu siitä, että meikäläiset vedet ovat yleensä huonosti puskuroituja, mikä käy ilmi pienistä alkaliniteettiarvoista (vrt. ss. 45 ).

$\text{KMnO}_4$ -lukujen ja pH-arvojen (LIITE 1, ss. 103-123) välillä voidaan havaita tietty riippuvaisuussuhde, joka on erittäin selvä pahimmin likaantuneella alueella.  $\text{KMnO}_4$ -kulutuksen lisääntyessä pH yleensä laskee. Parhaiten tämä käy selville seuraavasta taulukosta, jossa (TAULUKKO 4) on ilmoitettu molemmilta kesiltä eri alueiden  $\text{KMnO}_4$ -lukujen ja pH:n keskiarvot pintavedessä sekä pohjan lähellä. Pienimmät mitatut pH-arvot olivat asemalla 7. Kesällä 1961 pH vaihteli sillä rajoissa 4.2-5.9. Suur-Saimaan syvimmillä asemilla, missä jäteliemen vaikutus ei ollut enää niin selvä, voitiin yleisenä piirteenä havaita pH:n verrattain tasainen lasku pohjaa kohti.

Sulfaattiselluloosatehtaan jätevesien vastaanottavan veden reaktiota kohottava vaikutus (vrt. SIERP 1959, s. 347) näkyi

Taulukko 4.  $\text{KMnO}_4$ -kulutus ja pH.

Alue	Kesä 1961				Heinäkuu 1962			
	pintavesi		alusvesi		pintavesi		alusvesi	
	$\text{KMnO}_4$ -k	pH	$\text{KMnO}_4$ -k	pH	$\text{KMnO}_4$ -k	pH	$\text{KMnO}_6$ -k	pH
Asemat: 1, 2,	47	6.9	44	6.6	31	7.1	30	7.0
" 3, 4,								
" 5, 6	71	6.7	79	6.5	40	6.8	38	6.7
" 7,8,9,10	186	6.1	396	6.0	77	6.4	74	6.6
11,12,13,14,								
15,16	104	6.6	67	6.5	51	6.8	37	6.7
17,18,19, 20	49	6.9	45	6.6	31	7.0	29	6.8

selvästi asemalla 14. Joutseno-Pulpin jätevedet kohottivat kesäkuussa tällä asemalla alusveden pH:n 9.6:een.

d. Johtokyky ja veden väri

Johtokykyarvot (LIITE 1 ss. 103-123) vaihtelivat kesällä 1961 tutkimusalueen puhtaimmissa osissa. Pien-Saimaalla pinnalla 35-46  $\mu\text{S}$  ja pohjan lähellä 34-43  $\mu\text{S}$  sekä Suur-Saimaalla pinnalla 28-46  $\mu\text{S}$  ja pohjan lähellä 35-39  $\mu\text{S}$ . Arvot vastaavat hyvin Kalataloussäätiön tutkimuksissa (1956) mainittua Suur-Saimaan keskimääräistä johtokykyarvoa 35  $\mu\text{S}$ .

Asemilla 5 ja 6 havaittiin johtokykyarvoissa selvä nousu, mikä johtuu lähinnä asumajätevesien tuomasta elektrolyyttien lisästä.

Suurimmat johtokykyarvot olivat jäteliemen voimakkaimmin likaamalla alueella (asemat 7, 8, 9 ja 10). Koska jätevesien



hajoaminen tällä alueella oli vielä verrattain vähäistä, voidaan korkeitten johtokykyarvojen katsoa johtuneen suurimmaksi osaksi jäteliemen omasta suuresta elektrolyyttipitoisuudesta.

Asemilla 11, 12, 13 ja 14 osoittivat johtokykyarvot hyvin itsepuhdistumisen tehokkuutta. Näillä asemilla saattoi  $\text{KMnO}_4$ -kulutus laskea huomattavastikin johtokykyarvojen pysyessä jokseenkin muuttumattomina. Jäteliemen hajotessa ja mineralisoituessa veden  $\text{KMnO}_4$ -kulutus yleensä pienenee. Samalla kuitenkin vapautuu elektrolyyttejä, joiden johdosta planktonituotanto tehostuu. Mikäli plankton kykenee käyttämään hyväkseen jäteliemen mineralisoituessa syntyneet ravinteet, kuten tässä tapauksessa on tapahtunut, ei johtokyky pääse kasvamaan.

Heinäkuussa 1962 tapahtui selvää johtokykyarvojen pienemistä edelliseen kesään verrattuna vain kaikkein likaisimmalla alueella. Parhaiten selviävät kyseisten kesien ja eri alueiden johtokykyjen väliset erot seuraavasta keskiarvojen perusteella laaditusta yhdistelmästä:

	Johtokyky $\mu\text{S}$ .			
	Kesä 1961		Heinäkuu 1962	
	pinta	pohja	pinta	pohja
Asemat 1, 2, 3, 4	39	38	38	37
" 5, 6	44	47	45	43
" 7, 8, 9, 10	71	74	59	61
" 11, 12, 13, 14, 15, 16	51	43	46	38
" 17, 18, 19, 20	38	36	33	34

JÄRNEFELT (1956, s. 85) mainitsee Saimaan veden keskimääräiseksi väriksi 40 mg Pt/l. Kesällä 1961 vaihteli väri Pien-Saimaan

puhtaalla alueella sekä Suur-Saimaalla 25-40 mg Pt/l, eikä pinta- ja pohjaveden arvojen välillä voitu havaita suuriakaan eroja (LIITE 1 ss. 103-123).

Huomattava veden värin lisääntyminen tapahtui jäteveden vaikutuksen alaisilla alueilla. Muutoksen aiheuttajana voidaan pitää osittain jäteveden omaa väriä (BRAUNS 1952, s. 539) ja osittain orgaanisten aineiden hajotessa syntyviä liukoisia aineita, joista osa on ns. huminihappoja ja niiden yhdisteitä (ÅBERG & RODHE 1942, s. 145, JÄRNEFELT 1958, s. 131).

Heinäkuussa 1962 väriarvot olivat kauttaaltaan pienempiä kuin edellisenä kesänä.

## 2. Planktontutkimus

Liitteessä 2 ss. esitetään eri lajien kokonaismäärät 1 000  $\mu^3$ :nä 100 ml kohti kullakin asemalla elokuussa 1961 ja heinäkuussa 1962. Kokonaiskuvan muodostamiseksi kesästä 1961 on otettu mukaan tulokset asemilta 1, 5, 7, 8 ja 17 kesä- ja heinäkuulta 1961. Eri lajien kokonaismäärät tilavuusyksikköinä esitetään lisäksi pylväsdiagrammeina (ss. 59-71). Taulukoinnissa on noudatettu kasviplanktereiden ryhmittelyn osalta SKUJAN (1948) ja eläinplanktereiden osalta RYLOVIN (1935) systematiikkaa. Pylväsdiagrammeissa on plankterit jaettu 12:ksi ryhmäksi noudattaen seuraavaa JÄRNEFELTIN (1961, s. 1060) käyttämää jaottelua, joka perustuu planktonlajien erilaiseen jätelipeän sietokykyyn: 1. jätelipeän suhteen hyvin arat lajit. Esiintyvät vain padon luoteispuolella ja uloimmilla havaintopisteillä Suur-Saimaalla; 2. kuten edelliset, mutta esiintyvät myös padon itäpuolella, mahdollisesti sinne ajautuneina ja hitaammin reagoivina; 3. pääasiallisesti padon luoteispuolella esiintyviä, mutta myös muualla tavattavia; 4. verraten indifferentejä lajeja; 5. Lappeenrannan jätevesien vaikutuksen alaisia lajeja, jotka eivät siedä Kaukaan jätevesiä; 6. Lappeenrannan jätevesistä hyötyviä mutta muuten indifferentejä lajeja; 7. selvästi Lappeenrannan vaikutuksen alaisia lajeja, jotka Kaukaan jätevesien vahvimmin likaamalla paikoilla olevan minimin jälkeen taas lisääntyvät; 8. kaikkialla esiintyviä lajeja, joiden painopiste tehtaan läheistä minimiä lukuunottamatta on Kaukaan jätevesien vaikutuspiirissä; 9. käytännöllisesti katsoen vain Lappeenrannan ja Kaukaan jätevesien vaikutuspiirissä esiin-

tyviä lajeja; 10. pääasiallisesti Kaukaan likaamalla alueilla tavattuja lajeja; 11. Kaukaan voimakkaimmin likaamalla alueella välittömästi Kaukaan alapuolella olevia asemia luokunottamatta esiintyviä; 12. Kaukaan alapuolella olevaa jonkin verran puhdistunutta aluetta suosivia lajeja.

Diagrammeja laadittaessa on sovellettu LOHMANNIN (1908, ss. 192-194) pallokäyrän periaatetta. Kunkin lajin kokonaismäärä tilavuusyksikkönä on oletettu pallon tilavuudeksi, jolloin ko. lajin pylväsdigrammi vastaa pallon sädettä. LOHMANN (1908, s. 361) on käyttänyt säteen laskemiseksi kaavaa  $r = \sqrt[3]{\frac{V}{4}}$ , jossa V = pallon tilavuus (= lajin kokonaismäärä) ja laskeut eri tilavuuksia vastaavat säteiden pituudet. Tämän tutkimuksen diagrammit on laadittu näitä Lohmannin arvoja hyväksikäyttäen.

Taulukossa 5 (ss. 58) esitetään kasvi- ja eläinplanktonin lajilukumäärät, indikaattorilajien (eutrofisten l. E-lajien ja oligotrofisten l. O-lajien) lukumäärät, näiden suhteet (E/O), edellämainittujen lajien kokonaistilavuudet ja näiden suhteet (EV/OV) kullakin asemalla.

E-lajeiksi (LIITE 4 ss. 165) on laskettu ne lajit, joita JÄRNEFELTIN (1952, ss. 17-26) tutkimuksen mukaan on tavattu 3 tai yli 3 kertaa useammin eutrofisissa järvissä kuin oligotrofisissa ja O-lajeiksi lajit, joilla vastaava kerroin on alle 0.7.

Parasta mahdollista kuvaa eutrofitumisesta eivät suhteet E/O ja EV/OV tässä tapauksessa anna, koska jätelipeällä on monien levälajien esiintymiseen rajoittava vaikutus (vrt. jaottelu ss. 55-56).

Vertailun vuoksi mainittakoon eräs eliöiden ryhmitely, joka perustuu niiden erilaiseen suhtautumiseen epäpuhtauksiin nähden, mutta jota ei sen eräiden puutteiden vuoksi ole sovellettu tähän tutkimukseen. Siinä eliöt on ryhmitelty puhtaan veden muotoihin, katarobeihin ja likaantuneen veden muotoihin saprobeihin. Jälkimmäiset on edelleen jaettu sen perusteella, missä määrin ne suosivat tai sietävät orgaanisia aineita ja niiden hajoamistulosten vaikutusta oligo-, meso- ja polysaprobeihin (KOLKWITZ 1922, ss. 1-259; LIEBMANN 1962, ss. 1-588). Tämän menetelmän puutteena on ensinnäkin se, että saprobisysteemi on tehty vain jokia varten, vaikka jätevesien vaikutus virtaavassa vedessä on aivan erilainen kuin järvessä (ELSTER 1962, ss. 211-218). Lisäksi systeemi soveltuu vain orgaanisten aineiden aiheuttamaan likaantumiseen. Siten ei esim. epäorgaanisten myrkkyjen vaikutus tule huomioidaksi, eikä myöskään seisovissa vesissä likaantumistapausten yhteydessä usein esiintyvä sekundaarinen vaikutus (HYNES 1960, ss. 160-161).

Seuraavassa tutkimustulosten käsittelyssä asemat on jaettu viideksi ryhmäksi, joista jokainen muodostaa oman, tyypillisen, likaantumisen eri vaihetta kuvaavan alueensa. Ryhmään 1 kuuluvat asemat 1, 2, 3 ja 4; ryhmään 2 asemat 5 ja 6; ryhmään 3 asemat 7, 8, 9 ja 10; ryhmään 4 asemat 11, 12, 13, 14, 15 ja 16; ryhmään 5 asemat 17, 18, 19 ja 20.

Tilannetta tarkastellaan erikseen kunkin ryhmän edustamalla alueella. Tällöin huomio kiinnitetään erikoisesti planktonlajeihin, kunkin lajin kokonaistilavuuksiin, kasvi- ja eläinplanktonin kokonaistilavuuksiin, E/O- ja EV/OV-lukuihin sekä kaikissa näissä tapahtuviin muutoksiin asemalta toiselle siirryttäessä.

Taulukko 5.

Elokuu 1961

1 000  $\mu^3$ :nä

Ase- ma	Kasvipl. lajeja	Eläin- pl. lajeja	E- laje- ja	O- laje- ja	E-lajien tilavuus	O-lajien tilavuus	E/O	EV/OV
1	78	8	14	6	4 752	487	2.3	9.7
2	68	12	14	5	7 333	358	2.8	20.3
3	80	10	14	5	9 467	693	2.8	13.6
4	74	9	12	4	5 532	280	3.0	19.7
5	69	9	12	4	1 590	1 041	3.0	1.5
6	81	7	16	4	13 959	1 086	4.0	12.8
7	67	2	16	3	5 961	709	5.3	8.4
8	58	3	14	3	16 547	113	4.6	146.4
9	59	3	13	2	13 568	125	6.5	108.5
10	55	3	18	1	27 346	32	18.0	854.5
11	69	8	22	2	35 260	199	11.0	177.7
12	64	6	21	2	32 489	266	10.5	122.1
13	76	12	18	3	34 170	768	6.0	44.4
14	65	9	19	1	34 416	303	19.0	113.5
15	73	11	20	2	96 371	261	10.0	369.2
16	71	13	12	3	11 151	545	4.0	20.4
17	63	11	13	3	23 023	307	4.3	74.9
18	68	7	14	3	14 707	407	4.6	36.1
19	77	10	18	3	5 600	545	6.0	10.2
20	56	7	5	3	1 112	665	1.6	1.6

Heinäkuu 1962

1	55	9	6	2	6 981	4 733	3.0	1.5
2	64	13	8	3	4 555	1 949	2.6	2.3
4	53	11	5	3	2 324	1 585	1.6	1.4
5	61	9	10	3	4 363	643	3.6	6.8
6	61	12	11	2	6 921	725	5.5	9.5
7.	45	6	10	2	6 795	1 830	5.0	3.7
8	53	8	14	2	8 730	776	7.0	11.2
9	43	11	15	1	4 363	135	15.0	32.3
10	60	11	16	1	5 688	574	16.0	9.9
11	65	12	15	2	4 805	327	7.5	14.8
12	57	8	10	2	734	213	5.0	3.4
13	46	9	5	2	3 809	2 745	2.5	1.4
14	52	11	11	2	18 140	2 966	5.5	6.1
15	60	10	11	2	12 983	3 356	5.5	3.8
17	55	8	10	2	5 264	1 536	5.0	3.4
18	58	8	13	2	5 850	4 468	6.5	1.3
19	45	4	7	2	7 019	4 655	3.5	1.5
20	42	7	5	3	3 660	4 360	1.6	0.8

a. Kesä- ja heinäkuu 1961.

Kesäkuun planktonkoostumukselle oli ominaista pieni lajilukumäärä (23-43) ja kokonaiskvantiteetti (LIITE 2 ss. 124-159). Kasviplanktonin valtaosan useimmilla asemilla muodostivat eräät Cyanophyta- ja Chrysophyta-ryhmien lajit, viimeksimainituista erikoisesti piilevät. Desmidialekset puuttuivat käytännöllisesti katsoen kokonaan. Jäteliemen voimakkaimmin likaamalla alueella (asemat 7 ja 8) laski Chrysophyceae-lajien määrä huomattavasti. Sen sijaan viherlevien kokonaistilavuus näillä asemilla kohosi lähinnä Dictyosphaerium pulchellumin runsaan esiintymisen vaikutuksesta. Asemalta 7 puuttuivat myös kaikki sinilevät lukuunottamatta voimakkaan orgaanisen likaantumisen indikaattoria Spirulina jenniferiä (vrt. LIEBMANN 1962, s. 272). Tärkeimpiä, JÄRNEFELTin (1961, s. 1059) mukaan jäteliemen aiheuttamaa likaantumista indikoivia lajeja, jotka esiintyivät vain asemilla 7 ja 8, olivat Chlorogonium sp., Pyrobotrys elongata, Euglena acus ja Phacus sp. Eläinplanktonin osalta voidaan todeta Ciliatien runsas esiintyminen asemilla 7 ja 8.

Heinäkuussa tapahtui planktonin lajilukumäärissä ja kokonaistilavuuksissa huomattava kasvu edellisen kuukauden arvoihin verrattuna.

Pien-Saimaan alueella (asemat 1 ja 5) muodostivat kasviplanktonin pääasiassa eräät Chrysophyceae-, Diatomae- ja Cyanophyta-ryhmiin kuuluvat lajit. Kaukaan jätevesien voimakkaimmin likaamalla alueelta (asemat 7 ja 8) puuttuivat Mallo-

monas- ja Dinobryon-lajit kokonaan. Valtalajeina tällä alueella olivat piilevät sekä Dictyosphaerium pulchellum.

b. Elokuu 1961

Ryhmä 1.

Vehkasaloa ympäröivän vesialueen (asemat 1, 2, 3 ja 4) planktonkoostumukselle oli tunnusomaista kasvi- ja eläinplanktonin suuri lajilukumäärä. Kasviplanktonin kokonaiskvantiteetit (asema 3 lukuunottamatta) olivat sen sijaan pienet verrattuina vastaaviin arvoihin tutkimusalueen muilla asemilla. EV/OV-luvut viittaavat selvään joskin heikkoon eutrofoitumiseen. Tämän ryhmän asemat muodostavat tutkimusalueen piirissä ns. puhtaan veden alueen, koska jäteliemen vaikutus niillä on pieni.

Vehkasalon pohjoispuolisella alueella (asema 1) muodostivat piilevät ja sinilevät kasviplanktonin valtaosan. Merkille partavaa on O-lajien suuri lajilukumäärä mutta pieni kokonaistilavuus. Näistä lajeista voidaan erikoisesti mainita Merismopedia glauca, jota ei tavattu muilla asemilla. Runsaimmin esiintyneet E-lajit olivat Microcystis aeruginosa, Pandorina morum, Kirchneriella contorta, Synura uvella, Pediastrum boryanum, Asterionella gracillima ja Fragillaria crotonensis.

Anuraeopsis fissan esiintyminen tällä alueella on parhaana todisteena Vehkataipaleen kautta ajoittain tulevista vähäisistä jätevesimääristä. JÄRNEFELTin (1961, s. 1059) mukaan edellämainitun lajin herkkyys riittää pienenkin jäteliipeäkonentraation toteamiseen.



Vehkasalon länsi- ja eteläpuoliset alueet (asemat 2, 3 ja 4) olivat planktonkoostumukseltaan keskenään verraten samanlaiset. Plankterilajien kokonaistilavuudet sen sijaan vaihtelivat eri asemilla huomattavasti. E/O- ja EV/OV-luvut ovat suuremmat kuin asemalla 1.

Vehkasalon länsipuolisella alueella (asema 2) oli merkillepantava erikoisesti seuraavien ravinnerikasta vettä suosivien lajien Pediastrum boryanum, Scenedesmus bijuga, Kirohneriella contorta, K.lunaris, Lagerheimia longiseta, Asterionella gracillima, Melosira varia ja M.granulata runsas esiintyminen.

Asemalla 3 ilmenee erikoisesti Cryptomonas sp:n, Melosira- ja Mallomonas-lajien runsaan esiintymisen vaikutus kasviplanktonin kokonaistilavuuden kasvussa. E-lajeista Dictyosphaerium ehrenbergianum, Synura uvella, Asterionella gracillima ja Fragillaria crotonensis saavuttivat maksiminsa tällä asemalla. Toiselta puolen oli eri tutkijoiden (NYGAARD 1938, s. 619; NAUMANN 1924, s. 134) mukaan ravinnepitoisuuden suhteen vaatimattomien Desmidiáles-lajien määrä lisääntynyt huomattavasti. O-lajeista Diceras chodati saavutti maksimin tällä asemalla.

Vehkasalon kaakkoispuoliselle alueelle (asema 4) oli tyypillistä sinilevien, erikoisesti jätelipeän suhteen aran lajin Anabaena flos-aquae suuri määrä. Vaikka E-lajien kokonaistilavuus pieneni, kasvoi suhde EV/OV kuitenkin edelliseen asemaan verrattuna. Tämä johtui lähinnä O-lajien Dinobryon divergens, D.bavaricum ja Mallomonas allorgei määrän vähenemisestä.

Ryhmä 2.

Padon luoteispuolisen alueen asemista sijaitsee asema 6 selvästi Lappeenrannan asumajätevesien vaikutuksessa. Asema 5 sensijaan on ehkä liian syrjässä. Aiheellista olisi ollut valita yksi asema myös aivan Lappeenrannan kaupungin edustalta.

Asemalla 5 johtui pieni EV/OV-luku lähinnä vähäravinteista vettä suosivan Mallomonas allorgein suuresta määrästä. E-lajien Oscillatoria limnetican, Kirchneriella contortan, Scenedesmus bijugan, Cyclotella meneghinianan ja Melosira variansin esiintyminen tällä asemalla viittaa kuitenkin ravinnerikkaan veden vaikutukseen.

Asemalla 6 oli tyypillistä kasviplanktereiden suuri lajilukumäärä ja kokonaiskvantiteetti. Varsinkin E-lajien runsaus (E/O-luku 4.2) osoittaa pitkälle mineralisoituneiden asumajätevesien vaikutusta. Asemalla 5 tavattujen E-lajien lisäksi esiintyivät tällä asemalla mm. seuraavat indikaattorilajit: Actinastrum hantzschii, Lagerheimia longiseta, Trachelomonas varians ja Synedra acus var. angustissima. O-lajien lukumäärä oli laskenut neljään.

Kuten jo aikaisemmin planktonmiljöön tutkimustuloksia käsiteltäessä todettiin, on myös Kaukaan tehtaiden jätevesillä osuutensa aseman 6 likaantumisessa. Tätä todistaa jätelipeän suhteen kaikkein arimpien lajien puuttuminen tai ainakin niiden kokonaiskvantiteettien pieneneminen juuri tällä alueella.

Ryhmä 3.

Kaukaan jätevesien voimakkaimmin likaamalla alueella

Hyötiö-Tuosa-Hirvisaari (asemat 7, 8, 9 ja 10) näkyi jäte-  
liemen vaikutus sekä kasvi- että eläinplanktereiden lajiluku-  
määrän huomattavana pienenemisenä ja selvän bakteerisamennuk-  
sen syntymisenä. Kasviplanktonin kokonaiskvantiteetti sensi-  
jaan pysyttelee edellisten asemien tasolla. Planktonkoostumuk-  
sessa tapahtuvia muutoksia voidaan tällä alueella pitää jäte-  
liemen myrkkyyvaikutuksen aiheuttamina, sillä mitä enemmän  
planktonmiljöö poikkeaa luonnontilaisesta siihen laskettujen  
jätevesien aiheuttaman poikkeuksellisen pH:n, niiden sisältä-  
mien myrkyllisten yhdisteiden tai myöhemmässä vaiheessa mah-  
dollisesti ilmaantuvien hajaantumistuotteiden vaikutuksesta,  
sitä monotonisemmaksi planktonpopulaatio muodostuu. Ts.lajisto  
vähenee, mutta jäljellejäävien vastustuskykyisempien lajien  
yksilömäärät tilavuusyksikköä kohden kasvavat (LIEBMANN 1962,  
s. 177).

Yleispiirteenä voitiin todeta Desmidiales-, Chryso-  
phyceae- ja Diatomeae-ryhmien määrissä huomattava pienenemi-  
nen. Vallitseviksi tulivat Volvocales-, Euglenales- ja Crypto-  
phyceae-ryhmien lajit sekä Dictyosphaerium pulchellum.

Suhteiden E/O ja EV/OV osoittamaan voimakkaaseen utro-  
foitumiseen vaikuttaa osaltaan myös se, että useimmat E-la-  
jeista ovat verrattain resistenttejä jätelipeälle.

Hyötiönsaaren itä- ja eteläpuoliselle alueelle (ase-  
ma 7) olivat tyypillisiä ensinnäkin sellaiset lajit, joita  
esiintyy yleensä vain Lappeenrannan ja Kaukaan jätevesien vai-  
kutuspierissä. Niistä voidaan mainita erikoisesti Oscillatoria  
limnetica, Actinostrom hantzschii ja Closterium macilentum.

Toisen tärkeän ryhmän muodostivat erikoisesti Kaukaan jäteve-

siä indikoivat lajit: Spirulina jenniferi, Chlorogonium sp., Pyrobotryx elongata, Ankistrodesmus falcatus var. setiformis.

Tuosaa ja Hirvisaarta ympäröimän vesialueen (asemat 8, 9 ja 10) planktonkoostumus oli verrattain yhtenäinen. Alueella tavattiin koko tutkimusalueen pienimmät lajilukumäärät. 0-lajeista esiintyi enää Dinobryon divergens sekä Dinobryon bavaricumin tyhjiä kotia. Kaukaan jätevesien aiheuttaman voimakkaan likaantumisen tyyppilajit Spirulina jenniferi, Chlorogonium sp., Pyrobotryx elongata, Spondylomorom caudatum, Ankistrodesmus falcatus var. setiformis, Euglena acus, Phaeus sp. ja Anuraeopsis fissa saavuttivat maksiminsa tällä alueella. Edellämainituista Pyrobotryx elongata ja Spondylomorom caudatum ovat lajeja, joita ei JÄRNEFELTin (1961) tutkimuksessa esiintynyt lainkaan. Koska niiden esiintyminen tässä tutkimuksessa rajoittui selvästi alueelle Hyötiö-Hirvisaari (asemat 7, 8, 9 ja 10), on ne laskettu Kaukaan jätevesien aiheuttaman voimakkaan likaantumisen tyyppilajeiksi.

Asemilla 9 ja 10 tavattiin jo fotosynteettisen puhdistumisen tyyppilajeista mm. Brachionococcus chlorelloides, Desmarella moniliformis, Dinobryon behningi ja Closterium macilentum.

Ryhmä 4.

Kattelussaaren länsi-, etelä ja kaakkoispuoliselle alueelle (asemat 11, 12, 13, 14, 15 ja 16) oli tyypillistä voimakkaan fotosynteettisen puhdistumisen seurauksena syntynyt kasvillisuusväritys.

Asemien 12 ja 13 avulla on pyritty kartoittamaan jätevesien mahdollinen kulkeutuminen Kattelussaaren länsipuolitse

Tullinsalmen kautta. Asemat 11 ja 15 sijaitsevat jätelien pääkulkureitillä, kun taas Joutseno-Pulpin jätevesien vaikutusta selvitetään lähinnä asemien 14 ja 16 avulla.

Koko alueelle oli tyypillistä planktonituotannossa tapahtunut jyrkkä nousu, mikä oli välitön seuraus käyttökelpoisten kasviraavinteiden määrän lisääntymisestä (vrt. JÄRNEFELT 1956, s. 8). Jäteliemi oli laimentunut niin paljon, että sen tehokas hajoaminen oli tullut mahdolliseksi. Mukana mahdollisesti kulkeutuneet asumajätevedet lisäsivät osaltaan hajoitustyön tehokkuutta. Mineralisoitumisen tehostuminen kävi ilmi jo mm. johtokykyarvoissakin.

Kattelussaaren eteläpuolisella alueella (asema 12) oli E-lajien lajilukumäärä ja kokonaistilavuus suuri, mitä todistavat myös korkeat E/O- ja EV/OV-luvut.

Ravinteiden likaamalle vedelle tyypillisistä lajeista mainittakoon seuraavat: Microcystis aeruginosa, Coccolithidium microporum, Micractinium pusillum, Pediastrum duplex, Scenedesmus-lajit, Closterium gracile, Euglena acus, Phacus sp., Trachelomonas varians, Melosira granulata ja Melosira varians. Kasviplanktonin valtalajeina olivat kuitenkin Synura uvella ja Cryptomonas sp.

Näiden lisäksi on mainittava vielä jätelien kulkusuunnan kartoittamisen kannalta tärkeät lajit (vrt. JÄRNEFELT 1961, s. 1059) Closterium pronum, Brachionococcus chlorelloides, Desmarella moniliformis, Dinobryon behningi ja Anuraeopsis fissa.

Tullinsalmessa (asema 13) E/O- ja EV/OV-luvut olivat pienemmät kuin edellisellä asemalla. Plankterilajien ja koko-

naiskvantiteettien suhteen ei sensijaan ollut tapahtunut sa-  
nottaviakaan muutoksia.

Erikoisesti edellämäinittujen, jätelipeän pieniäkin  
konsentraatioita indikoivien lajien esiintyminen vielä tällä  
asemalla osoitti selvästi jäteliemen kulkeutuvan myös Tullin-  
salmen kautta Suur-Saimaalle.

Kattelusaaaren etelä- ja kaakkoispuolinen alue (asemat  
11 ja 15) ei poikennut lajikoostumukseltaan paljoakaan edelli-  
sistä asemista (12 ja 13). E/O- ja EV/OV-luvut olivat sensi-  
jaan huomattavasti suuremmat, mikä osoitti itsepuhdistuksen  
saavuttaneen huippunsa juuri näillä asemilla. E-lajien kvanti-  
teetit kasvoivat huomattavasti siirryttäessä asemalta 11 ase-  
malle 15. Erikoisen selvästi tätä kehitystä kuvastivat lajit  
Asterionella gracillima, Melosira granulata, Melosira varians,  
Fragillaria protoneusis ja Chroomonas sp.

Joutseno-Pulpin edustalla (asema 14) ei itsepuhdistumi-  
nen ollut yhtä tehokasta kuin edellisillä asemilla, mikä joh-  
tui lähinnä siitä, etteivät täältä mukaan tulleet sulfaatti-  
selluloosatehtaan jätevedet olleet vielä riittävästi laimen-  
tuneita.

Parhaiten näiden jätevesien vaikutus näkyi kasviplank-  
tonin kokonaiskvantiteetin huomattavana pienenemisenä ja usei-  
den jätelipeän suhteen arkojen lajien (Chroococcus dispersus,  
C. limneticus, Anabaena flos-aquae, Phormidium dictyothallum,  
Staurastrum jaculiferum ja Diceras chodati) puuttumisena.

Asemalla 16 oli itsepuhdistus heikentynyt jo huomatta-  
vasti, mitä todistavat pienentyneet E/O- ja EV/OV-luvut ja  
kasviplanktonin kokonaiskvantiteetti. Sekä Joutseno-Pulpin

että Kaukaan jätevedet näyttivät kulkeutuvan pääasiassa Kattelussaaren itäpuolitse luoteeseen Suur-Saimaalle. Tästä on osoituksena Anuraeopsis fissan, Dinobryon behningin, Closterium gracilen ja C. macilentumin puuttuminen asemalta 16.

Ryhmä 5.

Kattelussaaren pohjoispuoliselle alueelle (asemat 17, 18 ja 19) oli tyypillistä kasviplanktonin kokonaiskvantiteettien ja suhteen EV/OV huomattava pieneneminen asemaan 15 verrattuna. Nämä asemat muodostavatkin ns. heikkenevän itsepuhdistumisen alueen.

Jäteliemen vaikutus tällä alueella oli kuitenkin vielä selvä. Tätä todistaa mm. Anuraeopsis fissan, Desmarella moniliformiksen ja Ankistrodesmus falcatus var. spiriliformiksen esiintyminen asemilla 17, 18 ja 19.

Suuren-Jänkäsalon pohjoispuolella (asema 20) ei jätevesien vaikutusta enää havaittu. Vesi oli täällä jo verrattain ravinneköyhää, mikä ilmenee pienistä E/O- ja EV/OV-luvuista. Aseman 20 voikin katsoa kuuluvaksi tyypilliseen Suur-Saimaan puhtaan veden alueeseen.



c. Heinäkuu 1962

Lämpötila on valon ohella eräs tärkeimmistä planktonin kehitykseen vaikuttavista tekijöistä (JÄRNEFELT 1958, s.164; NAUMANN 1924, s. 53). Planktonmäärien vuotuiset vaihtelut johtuvat ensi sijassa juuri lämpötilan ja valon vaihteluista (NYGAARD 1938, s. 587). Esim. WHIPPLEN (1954, s. 232) mukaan on viherlevien kasvu maksimissa yleensä elokuussa. NYGAARDIN (1938, s. 636) mukaan sattuu koko planktonin kasvun maksimi useimmiten elokuuhun.

Edellämainituista seikoista johtuen eivät tutkimuskuukaudet (elokuu 1961 ja heinäkuu 1962) ole planktonkoostumukseltaan täysin vertailukelpoisia. Eri kesien vertailu suoritetaankin lähinnä vain tiettyjen indikaattorilajien perusteella.

Ryhmä 1.

Vehkasaloa ympäröivän vesialueen (asemat 1, 2 ja 4) E/O-luvut osoittavat alueen trofia-asteen pysyneen samana edelliseen kesään verrattuna. EV/OV-lukujen huomattava pienenus johtui lähinnä O-lajien Dinobryon bavaricum ja D. divergens runsaasta esiintymisestä. E-lajeista väitaosan muodostivat piilevät, lähinnä Asterionella gracillima, Cyclotella meneghiniana, Melosira varians ja Synedra acus.

Anuraeopsis fissan ja Desmarella moniliformiksen esiintyminen asemalla 1 oli selvä osoitus Kaukaan jätevesien kulkeutumisesta Vehkataipaleen kautta Pien-Saimaalle.



Ryhmä 2.

Asemien 5 ja 6 E/O- ja EV/OV-luvut kuvaavat parhaiten padon luoteispuolisen alueen eutrofitumista. Edelliseen kesään verrattuna oli jätevesien vaikutus voimistunut. Nyt se oli selvä myös asemalla 5. Kaukaan jäteliemen ravinnepitoisuutta lisäävä vaikutus oli voimakkaampi kuin edellisellä kesänä. Parhaana todisteena siitä oli Anuraeopsis fissan ja Desmarella moniliformiksen esiintyminen asemalla 6, sekä useiden jäteliipeän suhteen arkojen lajien puuttuminen tältä asemalta. Alueella esiintyivät huomattavin määrin mm. seuraavat ravinteiden aiheuttamalle likaantumiselle tyypilliset lajit: Microcystis aeruginosa, Oscillatoria limnetica, Scenedesmus bijuga, Cyclotella meneghiniana, Fragillaria orotonensis, Melosira granulata ja M. varians.

Kokonaiskvantiteettien pieneneminen asemalla 6 siitä huolimatta, että eutrofia-aste kasvoi, johtui lähinnä runsasvesisen kesän aiheuttamasta, voimistuneesta läpivirtauksesta. JÄRNEFELTin (1958, s. 172) mukaan saattaa läpivirtaus pienentää huomattavasti planktonin väestötiheyttä.

Ryhmä 3.

Planktonmiljöötä koskevissa tutkimuksissa (s. 50) todettiin jäteliemen laimenneen edellisestä kesästä huomattavasti. Tämä voidaan katsoa lähinnä Saimaalla vallinneen hyvän vesitilanteen ja jäteliipeän polttolaitoksen ansioksi. Alueen Hyötiö-Tuosa-Hirvisaari (asemat 7, 8, 9 ja 10) planktonkoostumuksessa voitiin havaita jäteliemen konsentraation pienene-

minen. Osaltaan sitä todisti eräiden jäteliipeän suhteen verrattujen arkojen lajien esiintyminen täällä alueella. Osaa näistä lajeista voidaan kuitenkin pitää virtausten mukana ajautuneina ja hitaammin reagoivina.

Selvästi Lappeenrannan jätevesien vaikutuksen alaisia lajeja, joiden määrä edellisenä kesänä lisääntyi vasta Kaukaan jätevesien voimakkaammin likaamalla alueella olevan minimin jälkeen, esiintyi nyt jo huomattavin määrin myös asemilla 7, 8 ja 9. Näistä voidaan erikoisesti mainita Oscillatoria agardhii, Asterionella formosa, A. gracillima, Fragillaria crotonensis, Melosira varians ja M. spp.

Tehokkaan itsepuhdistumisen voitiin katsoa alkaneen jo asemalla 8. Siitä olivat osoituksena kasvi- ja eläinplanktonin kokonaiskvantiteettien kasvaminen sekä suuret E/O- ja EV/OV-luvut.

Hirvisaaren eteläpuolinen alue oli kuitenkin vielä erittäin voimakkaasti likaantunut, mitä todistaa varsinkin Oscillatoria limosan, Spirulina jennerin, Dictyosphaerium pulchellumin, Closterium macilentumin, Desmarella moniliformiksen ja Anuraeopsis fissan maksimit asemilla 7 ja 8.

Ryhmä 4.

Kasviplanktonin kokonaiskvantiteettien sekä osittain myös E/O- ja EV/OV-lukujen perusteella itsepuhdistumisen huippu oli asemilla 11 ja 12, miltä asemille 13 ja 16 siirryttäessä tapahtui huomattava planktontuotannon heikkeneminen.

Voimakasta eutrofitumista indikoivat lajit olivat yleensä samat kuin edellisenä kesänä, joskin lajilukumäärä

oli nyt pienempi. Sen sijaan on huomattava Anuraeopsis fissan puuttuminen kokonaan Hirvisaaren pohjoispuoliselta alueelta sekä Closterium macilentum ja Desmarella moniliformiksen puuttuminen asemilta 12 ja 13.

Jätelipeän suhteen arkojen lajien Anabaena flos-aquae, Golenkinia radiata ja Mallomonas akrocomos esiintyminen asemilla 11, 12 ja 13 osoitti osaltaan jäteliemen olleen huomattavasti laimeampaa ja sen vuoksi helpommin hajoitettavaa kuin edellisellä kesänä.

Asemalla 16 näkyi Joutseno-Pulpin jätevesien (asema 14) vaikutus erittäin selvänä. Tätä todisti varsinkin lajien Asterionella gracillima, Melosira granulata, M. varians, Oscillatoria limosa, Ankistrodesmus falcatus var. spiriliformis, Brachionococcus chlorelloides ja Desmarella moniliformis määrin kasvaminen asemaan 11 verrattaessa. Tämän lisäksi jätelipeän suhteen arat lajit, joita esiintyi jo asemilla 10-13, puuttuivat asemilta 14 ja 16. Edelliseen kesään verrattuna oli likaantumisaste asemalla 16 kasvanut, mikä osoittaa jätevesien kulkeutuneen nyt myös itään päin.

#### Ryhmä 5.

Kattelussaaren koillispuolisella alueella (asema 17) oli jäteliemen vaikutus vielä selvä. E/O- ja EV/OV-luvut osoittivat heikkoa eutrofitumista. Tällä alueella esiintyivät jätelipeää indikoivista lajeista vielä Closterium gracile ja Brachionococcus chlorelloides.

Planktonin kokonaiskvantiteetit olivat kaikilla tämän ryhmän asemilla (asemat 17, 18, 19 ja 20) jokseenkin yhtä

suuret. Sen sijaan olivat EV/OV-luvut ryhmän kolmella viimeisellä asemalla jo huomattavan pienet. Tämä johtui lähinnä O-lajien Dinobryon bavaricum ja D. divergens suurista määristä. Suur-Saimaan selkää voidaankin pitää Kattelussaaren pohjoispuolelta (asema 18) lähtien verrattain puhtaan veden alueena.

### 3. Vertailua Järnefeltin tutkimuksiin v:ltä 1956-57

JÄRNEFELTIN (1961) tutkimus on suoritettu elokuussa 1956 ja 1957. Siinä on erotettu Saimaan itsepuhdistumisessa tietty vyöhykkeellisyys (vrt. s. 11). Tämän vyöhykkeellisyyden ja jätelipeää indikoivien lajien esiintymisen perusteella on laadittu kartta tutkimusalueen eri osien likaantumisasasteesta em. aikana (KARTTA 2, s. 92). Tutkimusasemien sijainti ja numerointi eivät ole tässä kartassa samat kuin Järnefeltin tutkimuksessa.

Käsillä olevassa tutkimuksessa on JÄRNEFELTIN (1961) esittämien jakoperusteiden mukaan voitu erottaa samanlainen vyöhykkeellisyys kummaltakin tutkimuskesältä (KARTAT 3 ja 4 ss. 93-94).

Tutkimustuloksia verrattaessa voidaan todeta heinäkuun 1962 vyöhykkeiden vastaavan suurelta osaltaan Järnefeltin tutkimuksessa saatuja vyöhykkeitä. Suurimpina eroavaisuuksina ovat lähinnä kesinä 1956 ja 1957 havaittu, huomattavan kauas Kattelussaaren pohjoispuolelle ulottuva, jätevesien vaikutus, joka tuntui vielä Suur-Saimaalla Suuren-Jänkäsälön koil-

lispuolella, sekä heinäkuussa 1962 todettu selvä jäteliemen kulkeutuminen padon luoteispuolelle.

Elokuussa 1962 ulottui jäteliemen voimakkaasti likaa- ma alue huomattavasti kauemmas koilliseen kuin kesien 1956 ja 1957 aikana, Voimakkaan itsepuhdistuksen alue käsitti koko Kattelussaaren etelä- ja kaakkoispuolisen alueen. Järnefeltin tutkimuksissa tämä alue kuului jo heikkenevän itsepuhdistuk- sen vyöhykkeeseen. Jätevesien vaikutus tuntui myös elokuussa 1962 huomattavan kaukana Kattelussaaren luoteispuolella, ei kuitenkaan enää Suur-Saimaan selällä.

Molemmissa tutkimuksissa todettiin jäteliemen kulkeutu- van myös Kattelussaaren länsipuolitse Tullinsalmen kautta, mistä sitä ajoittain joutuu Vehkataipaleen ohi Pien-Saimaal- le. Lisäksi voitiin havaita Lappeenrannan asumajätevesien eut- rofoiva vaikutus padon länsi- ja kaakkoispuolisella alueella sekä Joutseno-Pulpin jätevesien selvä vaikutus Kattelussaaren itä- ja kaakkoispuolisella vesialueella.

### III Loppukatsaus

Suoritettujen plankton- sekä planktonmiljöötutkimusten perusteella voitiin hyvin seurata Kaukaan jätevesien kulkeutumista (pääkulkureitit, KARTTA 1, s. 91) Suur-Saimaalle ja niissä samanaikaisesti tapahtuvaa vähittäistä itsepuhdistumista (KARTAT 3 ja 4, ss. 93-94).

Pääosa jätevesistä kulkeutui Kattelussaaren itäpuolitse Suur-Saimaalle. Kumpanakin tutkimuskesänä havaittiin selvä kulkureitti myös Kattelussaaren länsipuolitse Tullinsalmen kautta. Suur-Saimaalle jätevesien kulkusuunta riippui vallitsevista tuulista ja virtauksista. Elokuussa 1961 havaittiin jätevesien vaikutus vielä Suuren-Jänkäsalon kaakkoispuolella. Ajoittainen Vehkataipaleen kautta kulkeutuneiden jätevesien vaikutus voitiin todeta Pien-Saimaalla Vehkasalon pohjoispuolella. Tämän lisäksi oli jäteliemen vaikutus havaittavissa myös padon luoteispuolisella alueella, erikoisen selvänä heinäkuussa 1962. Lappeenrannan asuma-jätevesien vaikutus tällä alueella voitiin todeta erikoisesti planktonkoostumuksessa tapahtuneina muutoksina. Joutseno-Pulpin jätevesien lannoittava vaikutus Kattelussaaren itäpuolisella vesialueella oli myös selvästi todettavissa.

Alue Myrkkylahti-Hyötiö-Tuosa-Hirvisaari oli voimakkaasti likaantunut. Kesällä 1961 alue ulottui huomattavasti kauemmaksi Hirvisaaren pohjoispuolelle. Tällä alueella jäteliemen hajoaminen oli erittäin vähäistä. Varsinainen jätevesien tehokas itsepuhdistuminen tapahtui alueella Hirvisaari-

Kattelussaari. Kattelussaaren itäpuolelle saavuttuaan jätevedet olivat jo verrattain hyvin mineralisoituneet ja niiden vaikutus oli lähinnä lannoittava.

Missä määrin elokuussa 1961 käyttöönotettu jäteliipeän polttolaitos on vaikuttanut heinäkuussa 1962 todettuun edelliseen kesään verrattuna parempaan tilanteeseen, ei voida varmasti sanoa. Erittäin runsasvetisellä kesällä (Saimaan pinta n. 80 cm korkeammalla kuin 1961) on nimittäin myös huomattava merkitys jätevesien laimenemisessä ja itsepuhdistumisen tehostumisessa.

Kaukaan jätevesien voimakkaimmin likaamalta alueelta määritettiin levät Pyrobotrys elongata ja Spondylomorom caudatum, joita ei mainita JÄRNEFFELTin (1961) tutkimuksessa. Koska niiden esiintyminen rajoittui selvästi vain tälle alueelle, on katsottu aiheelliseksi pitää niitä jäteliemen aiheuttaman voimakkaan likaantumisen indikaattorilajeina.

Kirjallisuusluettelo

- BIRGE, E., 1916: The Work of the Wind in Warming a Lake. --  
Trans. Wis. Acad. Sci. Arts. Lett. 18:2,  
341-391.
- BRAUNS, F. E., 1952: The chemistry of lignin. - Acad. Press.  
Inc. Pub., New York., 808 pp.
- CARLIN, B., 1945: Våra planktonrotatorier. - Medlemsblad  
för biologilärarnas Förening 1,17-23.
- CHODAT, R., 1926: Scenedesmus. Étude de génétique, de systé-  
matique expérimentale et d'hydrobiologie.  
- Rev. Hydrobiol. 3,71-258.
- Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und  
Schlammuntersuchung 1954, 180 pp.
- EBELING, G., 1930: Untersuchung der oberschlesischer Oder  
im Winter 1928-29. - Zeitschr. f. Fischerei.,  
28:2, 221-252.
- " 1932: Untersuchungen über die Wirkung von  
Zellstoffabriks Abwässer auf Fische und  
Fischnährtiere. - Zeitschr. f. Fischerei.,  
30:3, 341-410.
- ELSTER, H., 1962: Seetypen, Fließgewässertypen und Sap-  
robiensystem. - Int. Revue. ges. Hydrobiol.  
47:2, 211-218.
- FJERDINGSTAD, E., 1960: Forurening af vand. biologisk  
bedomt. - Nordisk Hygienisk Tidsskrift.,  
41, 149-196.
- GEITLER, L., 1932: Cyanophyceae. - Rabenhorsts Kryptogamenfl.  
14, 896 pp.



- HOLDERBY, I. M., & WILEY, A. I., 1950: Biological treatment of spent liquor from the sulphite pulping process. - *Serv. and Ind. Wastes.*, 22, 61-70.
- HOLLUTA, I. & K. HOCHMULLER, 1959: Untersuchungen über die Bestimmung der Oxydierbarkeit von Wasser und Abwasser. - *Wom Wasser* 26, 146-173.
- HUBER-PESTALOZZI, G., 1938: Das Phytoplankton des Süßwassers.- *Binnengewässer* 16:1, 342 pp.
- " 1941: Id. - *Ibid.* 16:2, 1, 1-365.
- " 1942: Id. - *Ibid.* 16:2, 2, 366-549.
- " 1950: Id. - *Ibid.* 16:3, 310 pp.
- " 1955: Id. - *Ibid.* 16:4, 606 pp.
- HUTCHINSON, G. E., 1957: A treatise on limnology. - New York., 1015 pp.
- HYNES, H. B., 1960: The Biology of Polluted Waters. - Liverpool., 197 pp.
- IMHOFF, K., 1962: Taschenbuch der Städtewässerung., 19, 347 pp.
- JÄRNEFELT, H., 1938: Selluloosatehtaiden jätevedet ja ve-sistöt. - Suomen tiedeakateman esitelmät ja pöytäkirjat., 153-161.
- " 1940: Die Einwirkung einer Sulfitfabrik auf den Lievestuoreenjärvi. - *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 9, 180-187.
- " 1952: Plankton als Indikator der Trop-hiegruppen der Seen. - *Ann. Acad. Sci. Fenn. A. N.*, 18, 29 pp.
- " 1953: Einige Randbemerkungen zur Seetypen-nomenklatur. - *Schw. Zeitschr. Hydrol.*, 15, 198-211.

- JÄRNEFELT, M., 1956: Zur Limnologie einiger Gewässer Finnlands. XVI. - Ann. Zool. Soc. "Vanamo" 17:1, 201 pp.
- " 1958: Vesiemme luonnontalous. - Porvoo, 325 pp.
- " 1960: Viemäriveresien vaikutus vesistöissä. - Suomen tiedeakatemia esitelmät ja pöytäkirjat 1959., 118-125.
- " 1961: Die Einwirkung der Sulfitblaugen auf das Planktonbild. - Verh. Int. Ver. Limnol., 14, 1057-1062.
- Kalataloussäätöön Kaukaan tutkimus 1956.
- KAARTOTIE, T. & RYHÄNEN, R., 1957: Kalavesitutkimus I. - Suomen kalastusyhđ. opaskirj., 26, 99 pp.
- KOLKWITZ, R., 1922: Pflanzenphysiologie. Versuche und Beobachtungen an höheren und niederen Pflanzen einschlieslich Bakteriologie und Hydrobiologie mit Planktonkunde. - Jena. 259 pp.
- KUSNEZOV, S., 1959: Die Rolle der Mikroorganismen im Stoffkreislauf der Seen., 301 pp.
- LIEBMANN, H., 1938: Die Wirkung von Sulfitzelluloseabwässern auf den Chemismus der Bleilochalsperre, Obere Saale. - Jahrb. vom Wasser, 13, 58.
- " 1940: Der Einfluss von Abwässern der Zellulose verarbeitenden Industrie auf Fische. - Sonderdruck aus "Monatshefte für Fischerei" 11.
- " 1960: Handbuch der Frischwasser und Abwasserbiologie II, 1-70.
- " 1962: Handbuch der Frischwasser und Abwasserbiologie I, 588 pp.
- LOHMANN, H., 1908: Untersuchungen zur Feststellung des vollständigen Gehaltes des Meeres an Plankton. - Wissensch. Meeresuntersuchungen. K. Komision Abteilung Kiel, 10, 131-370.

- MAUCHA, R., 1932: Hydrochemische Methoden in der Limnologie.  
- Binnengewässer, 12, 1-173.
- MORTIMER, C. H., 1941-42: The exchange of dissolved substances  
between mud and water in lakes. - I. Ecol.,  
30, 147-201.
- NAUMANN, F., 1924: Sötvattnets plankton. - Stockholm, 262 pp.
- NYGAARD, G., C., 1938: Hydrobiologischen Studien über dänische  
Teiche und Seen. - Arch. f. Hydrobiol., 32,  
523-692.
- PASCHER, A., 1915: Chlorophyceae II. - Die Süßwasserflora  
Deutschlands, Österreichs und Schweitz, 250 pp.
- PRESCOTT, G., W., 1951: Algae of the Western Great Lakes Area. -  
Cranbrook institute of Science, 30, 946 pp.
- RENQVIST, A., 1936: Sisävedet. - Suomen maantieteen käsikirja,  
279-323.
- RUTTNER, F., 1962: Grundriss der Limnologie, 323 pp.
- RYLOV, W., M., 1935: Das Zooplankton der Binnengewässer. -  
Binnengewässer 15, 272 pp.
- SCHRÄDER, T., 1958: Chemische und biologische Auswirkungen  
von Sulfitablaugen in den Grosstalsperren  
an der oberen Saale. - Verh. Int. Ver. Limnol.,  
13, 491-506.
- SIERP, F., 1959: Die gewerblichen und industriellen Abwässer,  
2, 660 pp.
- SKUJA, H., 1948: Taxonomie des Phytoplanktons einiger Seen  
in Uppland, Schweden. - Symb. Bot. Upsal.,  
9, 399 pp.
- " 1956: Taxonomische und biologische Studien  
über das Phytoplankton schwedischer Binnen-  
gewässer. - Nova Acta Reg. Soc. Sci. Upsal.,  
4:16, 404 pp.
- Suomen kartasto 1960.

- TÖTTERMAN, H., 1960: Massa- och papperindustrins avfallsvattenfrågor. - Teollisuuden keskuslaboratorion tiedonantoja, 251, 347-352.
- UTERMÖHL, M., 1950: Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton. - Methodik. - Mitt. int. Ver. Limnol., 9, 1-38.
- VALLIN, S., 1936: Paper-Waste Pollution. - Engng. News. Rec., 116, 111-144.
- " 1939: Sulfitluten och vattendragen. - SFT. 12, 1-8.
- Vesistönsuojelukomitean mietintö. - Komitean mietintö 13, 1958.
- WALDICHUK, M., 1959: Effects of pulp and paper mill Wastes on the marine environment. - Technical report. W 60-3, 160-176.
- WHIPPLE, G., C., 1954: The microscopy of Drinking Water. - New York, 585 pp.
- WEST, W. & WEST, G. S., 1904-1923: A Monograph of the British Desmidiaceae I-V. - The Ray Society.
- ÅBERG, B. & RODHE, N., 1942: Über die Miliaufaktoren in einigen südschwedischen Seen. - Symb. Bot. Upsal. 5:3, 256 pp.