

Kalataloussäätiön monistettuja julkaisuja n:o 2

KUOPION KAUPUNGIN VAIKUTUSPIIRISSÄ
OLEVAN KALLAVEDEN OSAN LIKAANTUMIS-
TUTKIMUS VV. 1958-59.

OSA I. TUTKIMUSLAUSUNTO

Tapani Sormunen

Rauno Kostiainen

**Kuopion kaupungin vaikutuspiirissä olevan
Kallaveden osan likaantumistutkimus
vv. 1958-59**

Osa I. Tutkimuslausunto

**Kalataloussäätiö
1960**

Tapani Sormunen
toiminnanjohtaja

Rauno Kostainen
tutkimusbiologi

SISÄLLYS.

	Sivu
Alkulause	3
I. Johdanto	4
II. Kallaveteen laskettavat viemäriverdet	4
III. Uimavesien saastuminen	8
IV. Järviveden likaantumisasteen toteaminen eräiden fysikaalisten ja kemiallisten määritysten avulla	11
V. Kuopion lampien likaantumisaste	13
VI. Kuopion länsipuolisten ja Julkulan alueen vesien likaantumisaste	13
VII. Kuopion itä- ja eteläpuolisten rantavesien likaantumisaste	14
VIII. Kuopion kaupungin vaikutus lounaaisuuntaan virtaavaan vesi- massaan	15
IX. Yhteenveto tutkimuksen tuloksista	16

ALKULAUSE

Kalataloussäätiö suoritti vuosina 1958—59 tutkimuksia Kuopion kaupungin vaikutuspiirissä olevan Kallaveden osan likaantumisesta. 6. 6. 1958 päivättyyn tutkimussuunnitelmaan on jouduttu tekemään joitakin muutoksia, pääasiassa kuitenkin lisäyksiä.

Kemialliset ja fysikaaliset analyysit on suoritettu osaksi kentällä, osaksi Savo Oy:n ja kaupungin vesilaitoksen laboratorioissa Kuopiossa ja Kalataloussäätiössä Helsingissä. Mikrobiologiset määräykset on tehty Helsingin yliopiston mikrobiologian laitoksessa. Kestävöity planktonmateriaali on tutkittu Yliopiston limnologian laitoksessa. Tutkimuksen kenttä- ja laboratorioanalyysit on suorittanut MMK Rauno Kostiainen. Eri matkoilla ja laboratoriotöissä ovat tutkimuksiin osallistuneet lisäksi seuraavat henkilöt: yo Erkki Airaksinen, LTK Harri Dahlström ja MMK Seppo Niemelä.

Tutkimuslause on jaettu kolmeen osaan:

Osa I. Tutkimuslausunto.

Osa II. Liitteet (analyysitaulukot).

Osa III. Kallaveden planktonista ja Kuopion kaupungin jätevesien vaikutuksesta sen koostumukseen.

I. JOHDANTO

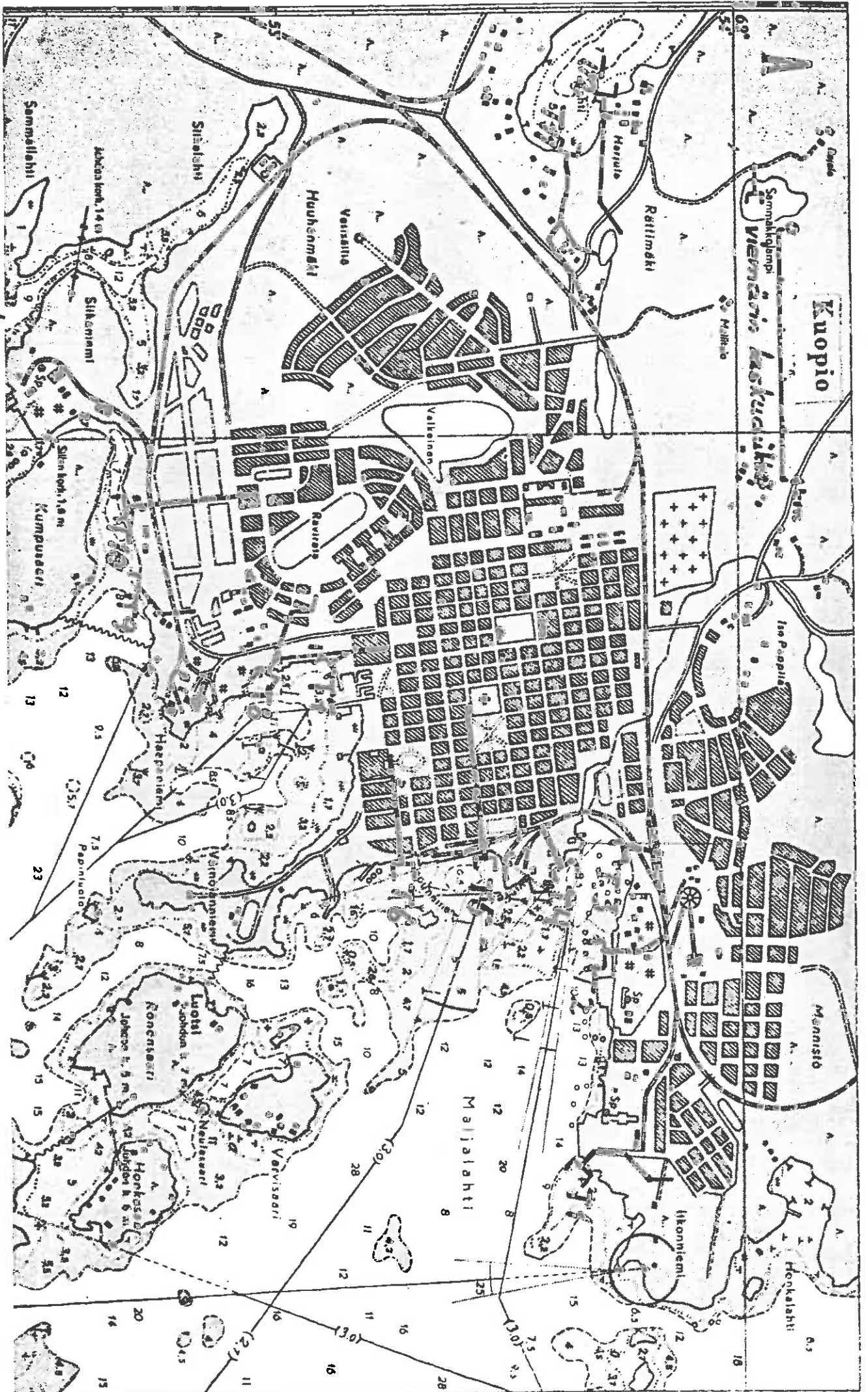
Kuopion kaupungin sijainti on vesistönsuojelumielessä suhteellisen edullinen. Kaupungin pääosa purkaa jätevetensä niihin virtaaviin selkävesiin, mitkä Pohjoiskallavedeltä purkautuvat etelään päin. Kaupungin pohjoispuolella veden vaihto ei ole niin nopea, etenkin Savilahdessa se on jätevesimäärään verrattuna varsin vähäinen.

Kuopion etelä- ja itäpuolisen Kallaveden syvyyssuhteetkin ovat varsin edulliset. Kohta kaupungin rannasta alkaa suhteellisen syvä vesi; veteen joutuvan jätteaineksen laimenemissuhde on suuri, ja raskaat jäteliuokset kulkeutuvat pohjamyötäisesti pois kaupungin lähivesiltä. Kaupungin matalia rantoja lukuunottamatta kaupungin lähialueilla ei yleensä olekaan todettavissa silminnähtävää likaantumista.

Jatkuva likaavien aineiden päästäminen veteen näkyy erittäin selvästi planktonin koostumuksessa. Kun tässä tapauksessa on kysymys vesistöstä, minkä sijainti ja ympäröivän Kallaveden virtailut yhdessä muodostavat eräänlaisen oppikirjaesimerkin asutuskeskuksen vaikutuksesta vesistöön, säätiö on suorittanut varsin yksityiskohtaisen kesäplanktonitutkimuksen kesällä 1958 otetuista näytteistä. Kun ko. alueelta ei ole tarpeeksi vertailuaineistoa planktonin aikaisemmasta koostumuksesta, nyt suoritettua planktonitutkimuksen perusteella ei voida vielä tehdä kovin yksityiskohtaisia päätelmiä. Planktonmäärityksien tärkein merkitys onkin nyt siinä, että ne antavat laajan vertailumateriaalin tulevana vuosina ja vuosikymmeninä tapahtuvaa Kallaveden likaantumisen tai puhdistumisasteen tarkkailua ja tutkimusta varten. — Jo kesällä 1959 otettiin uudelleen planktonnäytteitä, mutta niitä ei rahoitusvaikeuksien vuoksi valitettavasti saatu tutkituksi.

II. KALLAVETEEN LASKETTAVAT VIEMÄRIVEDET.

Kallavesi kuuluu ns. mesohumooosiseen tyyppiin. Tämänlaatuisessa vedessä on suoalueilta veteen uuttuneita humusaineita, mitkä eivät ole pysyviä vaan hajoavat edelleen bakteeritoimintojen seurauksena. Jos tällaiseen veteen lisätään ravinteita, humuksen hajoitus nopeutuu, ja sen tuloksena mm. veden happivarat vähenevät ja ruskea väri heikkenee. Tämänkaltainen kehitys on huomattavissa Kallavedelläkin, mutta hajoamattomien jätteiden suoranainen likaava vaikutus on silti sekä kaupungin rantavesissä että lähiselillä merkitsevämpi.



Viemäri­näyt­teiden analyysit (II: siv. 142—143) osoittavat, että viemäri­vedet lasketaan järveen niin muuttumattomina, että niiden on muiden haittojen lisäksi katsottava olevan ko. alueella sijaitsevien uimarantojen käyttäjien terveydelle vaarallisia. Allekirjoittaneiden käytössä ei tätä kirjoitettaessa ole tietoja Kuopion suolistosairaustilastoista, joten asian tähän puoleen ei voida tarkemmin puuttua.

Kun tiedossa ei ole viemärien tarkkoja kokonaisvesimääriä, varsinaisia asukasvastinelukuja — mitkä viemäri­vesistä puhuttaessa ovat yleensä suhteellisen luotettavia — ei voida tässä yhteydessä antaa. Seuraavassa taulukossa asukasvastineluvut (AVL) on laskettu edellyttäen, että jokaisesta viemäristä on näytteenottohetkellä 10. 8. 1959 purkautunut vain se vesimäärä, mikä taulukossa (II: siv. 142) on ilmoitettu. Asukasvastineluvut on laskettu olettaen, että yhden henkilön jäte 1 vrk:ssa sisältää 10 g tyypeä ja aiheuttaa biologisen hapenkulutuksen (BHK₅) 75 f, kun näytepulloa seisotetaan suljettuna 5 vrk. 20° lämpötilassa. Kuhunkin viemäriin kuuluva henkilö­luku on otettu Kuopion kaupungin 8. 8. 1959 päiväystä viemärikartasta.

Kuopion viemäri­vesien asukasvastineluvut (AVL) kokonaistypen (Kok.-N) ja 5 vrk:n biologisen hapenkulutuksen (BHK₅) perusteella.

Viemäri	Ilmoitettu henk.luku	AVL/Kok.-N	AVL/BHK ₅
T1	1.800	1.243	1.891
T2	500	45	12
T3	2.700	1.429	1.152
T4	13.600	4.032	4.751
T5			
T6	1.300	84	48
T7			
T8	15.000	7.179	7.450
T9	500	321	
T10	1.800	663	993
T11	500	155	147
T12	1.000	124	47

Muiden viemärien vesimääristä ei tätä kirjoitettaessa ole tietoja käytävissä.

Edellä esitettyä taulukkoa ja määrittystuloksia (II: siv. 142—143) tarkasteltaessa todetaan, että vain seuraavissa viemäreissä on ko. ajankohtina (1. 7; 10. 8; 27. 8.) tapahtunut ulostepitoisten jätteiden selvää puhdistumista tai ulostebakteerien muista syistä aiheutunutta tuhoutumista:

- T2 (Sampo Oy:n luona)
- T6 (Gust. Ranin Oy)
- T12 (Keskussairaala)

Kaikissa muissa jokin tai useammat määräykset osoittavat, että asuma­jäte ja muut viemäriin laskettavat jätteet pääsevät Kallaveteen joko puhdistumattomina tai vain vähän hajonneina.

Ulostepitoisen veden biologisessa puhdistuksessa **termotolerantit coliform-bakteerit** — lähinnä **Escherichia coli** — tuhoutuvat suhteellisen nopeasti. Muiden coliform-organismien — lähinnä **Aerobacter aerogenesin** — määrä voi prosessista riippuen aluksi jopa lisääntyäkin. Tätä viimeksi mainittua tyyppiä edustavat bakteerit ovat lanta- ja likabakteereja, joita tosin on ulosteessakin. Viemäriveresistä analysoitiin myöskin 37 ° C:ssa kasvavat coliformit kelmuviljelyllä kongoagarilla. *Escherichia coli* kasvaa tällä alustalla, samoin erät muutkin coliformit. Analyysiliuosten erilaisuus aiheuttaa sen, että 37 °:ssa saattaa joskus kasvaa vähemmän coliformeja kuin 45 °:ssa (vrt. T1, T9, T11). Vain viemäristä T6 voidaan todeta (27. 8. 1959) merkittävän suuri ero 37°:ssa ja 45 °:ssa saatujen lukumäärien välillä, mikä todistaisi voimaperäistä biologista puhdistumista tai termotoleranttisten bakteerien kuolemista muista syistä (viemäriin T6 korkea pH; 10,3).

Vain kahdessa viemäriässä (Sammon ja Sayon kuitulevytehtaat) pH on niin alhainen, että sillä on biologisia hajoitustoimintoja selvästi estävä vaikutus. Silti näiden viemäreiden hapenkulutusarvot (BHK₅) ovat varsin korkeat, mikä aiheutuu siitä, että BHK-määritys on tehty laimennoksesta 1/100, missä happamuus on jo neutraalin tienoilla. Tässä tapauksessa BHK-arvoja on pidettävä suhteellisen luotettavina, mitä ne eivät suinkaan aina ole.

Elektrolyyttisen johtokyvyn (κ_{18}) arvoja (yksikkö $\mu S =$ mikrosiemens) tarkasteltaessa todetaan, että liuenneiden, ionisoituneiden yhdisteiden määrä on varsin korkea viemäreiden T1 ja T9 vesissä. **Kokonaistypen, kloridien, pH:n ja kokonaisrikin** arvot eivät kuitenkaan osoita, että näihin viemäriin olisi laskettu haitallisia määriä mineraalihappoja ko. ajankohtana.

Asumajäteviemäreistä T12 on ainoa, missä sekä **kokonaistypen ja nitraattin** suhde että **BHK**-arvo osoittavat biologisen puhdistumisen olleen tehokasta. Myöskin suolistobakteeriluvut ovat tämän viemäriin vedessä alhaiset.

Asumajätteessä on aina **klorideja**, joita viemäriin voi sitäpaitsi tulla pienistäkin teollisuuslaitoksista tms. niin paljon, että määrä litraa kohti nousee korkeaksi. Ko. havaintokerralla vain viemäreissä T1, T2 ja T3 oli huomattavan runsaasti klorideja.

Kokonaisrikin määrät vaihtelevat myös runsaasti samasta syystä kuin kloriditkin. Ko. havaintokertojen kokonaisrikin analyysit ovat antaneet varsin tasaisia ulostejätteelle ominaisia arvoja, eikä haitallisia rikkihappomääriä voida todeta lasketun mistään viemäristä.

Kaliumpermanganaatin kulutuksen määrityksillä pyritään selvittämään lähinnä orgaanisen aineksen määriä. Tämän analyysin tuloksien arviointia haittaa se seikka, että erilaiset yhdisteet kuluttavat permanganaattia varsin eri tavoin. Eräänlaisena nyrkkisääntönä voidaan sanoa, että tyypilliset, biologisesti helposti hajoitettavissa olevat aineet kuluttavat vähän permanganaattia ja vähätyypiset ja tyypettömät aina sitä enemmän, mitä monimutkaisemmin niiden biologinen hajoitus tapahtuu. Esimerkkitapauksina mainittakoon seuraavat aineet (luvut tarkoittavat 1 g:n aiheuttamaa KMnO₄:n kulutusta normaalilla tavalla analysoitaessa):

KMnO₄-kulutus **KMnO₄-kulutus mg**
1.000 mg vedetöntä ainetta

Parkkihapot	3.530
Sulfiittilipeä	3.000
Raakasokeri	2.650
Maitosokeri	1.550
Dekstriini	850
Humushapot	800
Tärkkelys	800
Albumiini	650
Liivate	130

Olettaen, että viemäriin ei päästetä mainittavia määriä epäorgaanisia yhdisteitä, KMnO₄-luvun ja ionisoituneiden yhdisteiden määrän (esim. $\% \text{ 1 s:n}$) välinen suhde kuvaa usein melko hyvin jätteiden luonnetta. Mitä pienempi tämä murtoluku on, sitä selvemmin se ilmentää uloste- ym. nopeasti hajoavien jätteiden ylivaltaa. Suhde KMnO₄-luku/ $\% \text{ 1 s}$ oli 10. 8. 1959 suurempi kuin 1 vain teollisuuslaitosten viemäriverissä (Sampo kuitul., Savo kuitul.) sekä viemäriässä T1.

Yhteenvetona biologisen hapenkulutuksen (BHK₅) arvioista esitettäköön tässä vain taulukko, missä on laskettu eräiden viemäreiden ilmoitettujen jätevesimäärien perusteella se BHK₅-arvojen mukainen hapenkulutus, minkä kustakin viemäristä yhdessä vuorokaudessa purkautunut jätevesi on ko. ajankohtana aiheuttanut vesistössä sekä se vesimäärä, mikä 14 ° lämpöisenä on sisältänyt ko. hapenkulutusta vastaavan määrän happea liuenneena; (14-asteisen veden 100 % kyllästyshappi = 10 mg/l).

1 vrk:ssa 10. 8. 1959 purkautuneiden viemäriverisien vesistössä aiheuttama hapenkulutus.

Viemäri	Hapenkulutus kg/vrk.	Ko. hapenkulutusta vastaava määrä 100 % kyllästettyä 14-asteista vettä; m ³
T1	145.5	14.550
T2	0.95	95
T3	88.6	8.865
T4	365.6	36.560
T6	36.5	3.655
T8	573.1	57.310
T10	70.4	7.040

Näiden kaupungin itäpuolelle purkautuvien viemäreiden jätevesimäärä on tämän laskun mukaan yht. n. 7.000 m³/vrk. Tämä jätevesimassa kuluttaisi BHK₅-arvojen perusteella 1 vrk:ssa hapen n. 130.000 m³:stä 14-asteista hapella kyllästettyä vettä, esim. 1 m:n korkuisesta ja 13 ha:n laajuudesta järvesimassasta. — Jo tämäkin täysin summittainen laskelma riittää osoit-

tamaan, että vain kaupungin edullinen sijainti pelastaa Kuopion lähivedet vaikealta likaantumiselta nykyisen viemärintisysteemin vallitessa. Tämä näkökohta yhdessä suolistobakteerien analyysitulosten kanssa viittaa selvästi siihen suuntaan, että kaupungin rantavesien hygienian, esteettisten näkökohtien ja osaltaan kalataloudenkin kannalta on välttämätöntä, että Kuopion viemärintisysteemi uusitaan ajanmukaiselle tasolle.

Viemäreiden termotoleranttisten colibakteerien todennäköisin lukumäärä (II: siv. 143) on määritelty glukosilihaliemellä. Kutakin viemärivereslaimennosta on siirrostettu 5:een rinnakkaisputkeen. MPN on otettu kaasua muodostavien putkien lukumäärän perusteella MPN-taulukoista. Tuloksia arvioitaessa voidaan olettaa, että yhdessä grammassa ihmisen ulostetta on n. 1 miljardi termotoleranttisia colibakteereita. Aikaisemmin kirjallisuudessa on esitetty huomattavasti suurempiakin coli-pitoisuuksia, mutta viime vuosina ihmisen ulosteiden coli-pitoisuuden on todettu olevan aikaisempia havaintoja selvästi pienempi. Eräissä Yliopiston mikrobiologian laitoksessa suoritetuissa tutkimuksissa asevelvollisten ulosteiden todettiin sisältävän keskimäärin alle 300 miljoonaa termotoleranttista coli-bakteeria grammassa.

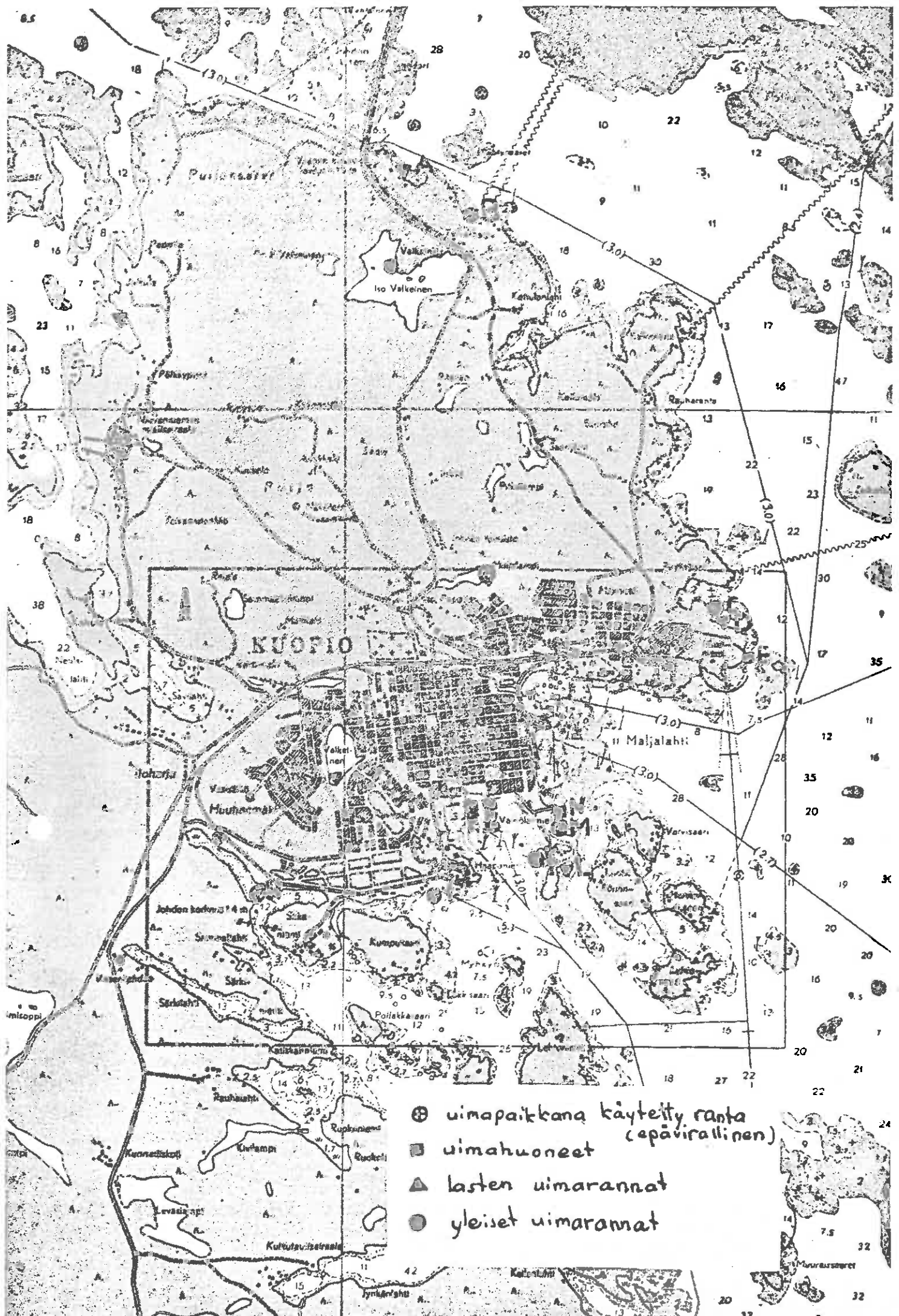
Jos ko. pitoisuudeksi kuitenkin oletetaan em. luku — 10^9 solua/g — ja ulosteen tiheys oletetaan samaksi kuin veden — todetaan, että viemärien T3, Julkula B-mielis. ja Serobakt. vesi on ollut ainakin yhtenä havaintokertana ulostelaimennosta 1/100. Ottamalla kongoviljely avuksi nähdään, että viemärit T1, T4, T9, T11 ja Särkilahti ovat ainakin yhtenä havaintokertoina edustaneet 0.3—0.7 % ulostelaimennosta. Nämä tulokset viittaavat siihen, että viemärien vesimäärät ovat ko. havaintokertoina olleet melko lähellä taulukossa (II: siv. 142) ilmoitettuja.

III. UIMAVESIEN SAASTUMINEN.

Uimapaikkojen sijainti on esitetty seuraavalla sivulla. Suomessa ei ole käytössä virallista uimavesien hygienian arvostelutaulukkoa. Mainittakoon, että ulkolaisessa kirjallisuudessa esitettyjä bakteerien kokonaistiheyden raja-arvoja ei meikäläisten ruskeiden vesistöjen uimarantojen arvostelussa voida käyttää siitä syystä, että jo pelkästään humusta hajoittavia bakteereja voi kertyä viemärivereslikaantumisen luovuttamien ravinnemäärien turvin jopa miljoonia millilitraan vettä.

Uimavesinäytteet (30. VI. ja 27. VIII. 1959) on otettu seuraavasti:
 Merkintä 1 = uimaranta-alueen kahluusvyvyys 0,5 m, vesipatsas
 Merkintä 2 = „ „ vasen laita 2 m:n syvyys, vesipatsas
 Merkintä 3 = „ „ oikea „ „ „ „

Coliform-organismit on määritelty kelmusuodatuksella ja kelmujen viljelyllä kongoagarilla. Bakteerien kokonaistiheys on analysoitu ravintoagar-maljaviljelyllä 20° C:ssa. Uimavedet arvostellaan termotoleranttisten (45° :ssa ko. fysiologisia toimintojaan suorittavien) coliformien perusteella.



- ⊕ uimapaikkana käytetty ranta (epävirallinen)
- uimahuoneet
- ▲ lasten uimarannat
- yleiset uimarannat

Tärkein ja yleisin on ns. *Escherichia coli* I, mikä loisii ihmisen ja lämminveristen eläinten suolistoissa. Tarkennuksen vuoksi kaikista uimarantojen coli-viljelyksistä eristettiin ja identifioitiin bakteeripuhdasviljelmiä. Identifiointi suoritettiin indoli-, Eijkman-, Voges-Proskauer-, metyyliipuna- ja sitraattikokeilla. 37 eristetyistä 42:sta kannasta osoittautui *E.coli* I:si, joten lukumääränmäärittämisä voidaan pitää ko. analyysin virherajojen sisällä varsinaisia suolistocoleja kuvaavina.

Kun virallista arvostelutaulukkoa ei ole, seuraava asteikko sopinee meikäläisiin oloihin toistaiseksi:

Termotol. coliform./100 ml	Arvostelu
0— 20	Puhdas, erinomainen uimapaikka
20— 100	Hyvä uimapaikka
100— 300	Lievästi saastunut, tyydyttävä uimapaikka
300— 1.000	Saastunut, vain välttävä uimapaikka
1.000— 5.000	Saastunut, uimapaikaksi sopimaton
5.000—20.000	Voimakkaasti saastunut, terveydelle vaarallinen uimapaikka
yli 20.000	Hengenvaarallisesti saastunut.

Kun virtailut ja tuulet muuttavat saman uimapaikan coli-pitoisuuksia varsin huomattavasti, periaatteena on pidettävä, että arvostelu suoritetaan sekä suurimpien lukumäärien että eri havaintokertojen perusteella. Toisaalta taas esim. sairaaloiden viemärien läheisyydessä olevat uimarannat on aina tapauksen mukaan arvosteltava muita tiukemmin.

Kun vielä otetaan huomioon, että tuoreen ulosteen termotoleranttisten coliformien määrä vähenee solujen tuhoutumisen vuoksi uimalämpöisessä vedessä n. 10 % vuorokaudessa, Kuopion uimapaikat voidaan ko. aikoina tehtyjen määritysten perusteella arvostella seuraavasti (vrt. II: siv. 144—146).

Uimapaikka	Sijainti	Arvostelu
A = lasten uimaranta	Päiväranta, lastenkoti	Korkeintaan välttävä, jatkuvasti tarkkailtava.
B = yleinen uimaranta	Taivalharju	Yleensä tyydyttävä, ajoittain saastuva.
C = yleinen uimaranta	Honkalahti	Saastunut; tarkkailtava, voidaanko pitää avoinna.
D = lasten uimaranta	Honkalahti	Korkeintaan välttävä.
E = uimahuone	Itkonniemi	Korkeintaan välttävä, ainakin ajoittain saastunut, jatkuvasti tarkkailtava.
F = uimahuone	Kuninkaankadun et.pää	Hengenvaarallisesti saastunut.
G = uimahuone	Piispankadun et.pää	Hengenvaarallisesti saastunut.
H = uimapaikkana käytetty ranta	Siikalahti	Korkeintaan tyydyttävä, tarkkailtava.
I = yleinen uimaranta	Haapaniemen et.ranta	Hengenvaarallisesti saastunut.
K = yleinen uimaranta	Väinölänniemi, länsiranta	Terveydelle vaarallinen, ajoittain hengenvaarallinen.
L = lasten uimaranta	Väinölänniemi, kaakkoisranta	Terveydelle vaarallinen.
M = yleinen uimaranta	Väinölänniemi, itäranta	Terveydelle vaarallinen.
N = uimahuone	Väinölänniemi, koillisranta	Uimapaikaksi sopimaton.
Valkeinen = lasten uimaranta	Lammen eteläranta	Korkeintaan tyydyttävä, jatkuvasti tarkkailtava.
Iso Valkeinen = yl. uimaranta		Yleensä hyvä, ajoittain saastuva.
Julkula = lasten uimaranta	Pölkkypuron ja Julkulan välillä	Välttävä, tarkkailtava.
Majjalampi = uimapaikkana käytetty ranta	Lammen itäpää	Saastunut, vain ajoittain välttävä.

Monet Suomen uimarannat ovat saastuneet vielä pahemmin kuin edellä esitetyt vaikeimmat tapaukset, ja silti niissä uidaan jatkuvasti. Uimavesien hygieniä ja sen tarkkailu on meillä vielä aivan alkeellisella asteella, joten tässä annettu arvostelu tuntuu ehkä ankaralta siitä huolimatta, että asteikko on kansainvälisiä perusteita lievempi. Siksi lieneekin tarpeellista, että kaupungin ao. lääkäri paikalliset olot paremmin tuntevana määrittelee kunkin uimapaikan käyttökelpoisuuden.

IV. JÄRVIVEDEN LIKAANTUMISASTEEN TOTEAMINEN ERAIDEN FYSIKAALISTEN JA KEMIALLISTEN MÄÄRITYSTEN AVULLA.

Ennen järvitutkimusten tulosten yhteenvedoa lienee tarpeen selostaa eräitä periaatteita, joita käytetään järven likaantumisasasteen toteamiseksi.

Vettä likaavan aineksen yhteismäärien ja erilaisten ryhmäanalyysien sekä eri yhdisteiden analyysit antavat luonnollisesti tarkan kuvan likaavien aineiden pitoisuuksista. Likaantumisasaste voidaan määrittää jo näidenkin avulla siinä tapauksessa, että halutaan tietoja veden käyttökelpoisuudesta eri tarkoituksiin — esim. tietyn teollisuuden käyttövedeksi. Varsinaisesti likaantumisasaste on kuitenkin käsite, millä pyritään ilmaisemaan likaantumisen seurauksia ko. vesistön koko vesimassan ja sen eri kerrosten kemiaan, fysiikkaan ja biologiaan. Nämä seuraukset ovat varsin erilaisia eri vesistöissä; syvyyssuhteet, veden vaihto, pinta-ala, järveden kemiallinen tyyppi ym. vaikuttavat ratkaisevalla tavalla siihen, minkälaisia seurauksia sama jätemäärä eri vesistöissä aiheuttaa.

Järvivesi on painavinta n. 4° lämpöisenä. Talvella pohjavesi on lämpimämpää kuin pintavesi; vallitsee ns. **käänteinen kerrostuminen**. Jäiden lähtiessä ja kohta tämän jälkeen pohjan ja pinnan lämpötilaerot tasoittuvat, ja koko vesimassa sekoittuu. Tätä ilmiötä nimitetään kevättäysikierroksi. Jos järvi tai sen erillinen osa on pinta-alaansa verrattuna tarpeeksi matala, täysikierto jatkuu enemmän tai vähemmän selvänä koko kesän; ts. pinta- ja pohjavesi pysyvät kutakuinkin samanlämpöisinä.

Jos järvi on tarpeeksi syvä — suurehkoilla järvillä raja-arvo on n. 25 m — kevättäysikierron jälkeen syntyy ns. **kesäkerrostuminen**. Tuulet vaikuttavat lähinnä pintakerrokseen lämmittäen ja samalla keventäen sen vettä. Pintakerrosten alapuolelle muodostuu horisontaalinen alue, mihin tuulen aiheuttamien virtauksien vaikutus ei enää suoranaisesti ulotu. Tämän ns. harppauskerroksen kohdalla veden lämpötila alenee nopeasti pohjaan päin siirryttäessä. Alinna on sitten alusveden kylmäkerros, minkä lämpötilassa ei ole suuria eroja eri syvyyksissä.

Siitä huolimatta, että Kuopion itäpuoliset selät ovat virtaavaa reittivettä, niissä tapahtuu kesäkerrostumista. Pohjaveden lämpötila ei kuitenkaan kesäisin ole lähelläkään arvoa 4°. Reittivesiluonteesta johtuu, että talvella Kuopion itäpuolisilla syvillä vesillä pohjaveden lämpötila ei nouse + 4°:een.

Järvitutkimuksessa käytettyjen analyysimenetelmien "antavuudesta" on vielä mainittava eräitä seikkoja aikaisemmin esitetyn lisäksi.

pH. Kallaveden vedelle ominainen pH on 6.5—6.8. Tämän arvon nousminen kesällä lukuja 7.2—7.4 korkeammaksi on todisteena ravinnelikaantumisesta, mikä kiihdyttää hiilidioksidia yhteyttävien levien toimintoja.

Elektrolyyttinen johtokyky (κ_{18}). Käytännössä voidaan laskea, että κ_{18} arvo μ S:nä kerrottuna luvulla 0.7 antaa tulokseksi veteen liuenneiden ionisoituneiden yhdisteiden määrän milligrammoina vesilitraa kohti.

Väri. Luku ilmoittaa, kuinka monta mg platinaa/1 veden väri vastaa. Platinaväri on ruskea-kellanuskea. Muut värit (esim. harmaa jäteveden väri) eivät tule ko. platina-asteikolla todeuiksi.

Happi. Hapetta liukenee veteen sitä enemmän, mitä kylmempää vesi on. Seuraavassa taulukossa ei eräitä hapen likaantumisarvoja (mg/l):

° C	O ₂	° C	O ₂	° C	O ₂
0	14.2	8	11.45	16	9.6
2	13.4	10	10.9	18	9.25
4	12.7	12	10.45	20	8.9
6	12.05	14	10.0	22	8.55

Analyysitaulukoissa O₂-määrät on selvyden vuoksi ilmoitettu myöskin prosentteina kyllästysarvoista ko. lämpötiloissa.

Voimakkaan levätuotannon ansiosta — mikä aina on seurauksena viemäriverien aiheuttamasta likaantumisesta — veden hapenpitoisuus voi nousta melkoisiin ylikyllästysarvoihinkin (O₂ %-arvot yli 100). Tämä aiheutuu siitä, että hiilidioksidin yhteyttämispöressissa vesimolekyylejä hajaantuu siten, että hapetta vapautuu.

Tässä tutkimuksessa ei kenttätöohjelman kireyden vuoksi voitu suorittaa hapettomista vesikerroksista ns. **negatiivisen hapen** määrityksiä, mitkä säätiö on ottanut käytäntöön likaantumistutkimuksissa yleensä. Negatiivisella hapella tarkoitetaan ilmiötä, että vesi pelkistyy niin pitkälle, että siihen liuenneet pelkistyneet aineet käyttävät veteen liuennutta hapetta suoranaisiin kemiallisiin hapetuksiin, jos tämäntyyppinen pelkistynyt vesi sekoitetaan happirikkaaseen veteen. Eräiden likaantuneiden asemien O₂-arvo = 0 onkin biologiselta kannalta katsottuna jossakin arvojen 0 ja — 5 välillä.

Näkösyvyys. Näkösyvyys on mitattu veteen upotettuun valkolevyyn siten, että levyä on katsottu yhtäjaksoisesti 3—5 min. ajan, minkä jälkeen katsojan silmä on akkomodoitunut näkemään oikein tummaa vesimassaa vasten. Näkösyvyys riippuu sekä veden sameudesta että väristä. Kesäarvoja tarkasteltaessa on otettava huomioon, että plankton voi samentaa sinänsä kirkkaankin veden.

— Analyysitaulukot (II: siv. 1—141) antanevat selvän kuvan järven eri asemapaikkojen ja lampien likaantumisasteista. Eräänlaisena yhteenvetona seuraavassa esitetäänkin vain lyhyt katsaus eri alueiden antamiin tuloksiin.

V. KUOPION LAMPIEN LIKAANTUMISASTE. (II: siv. 5—11).

Valkeinen. Vaikeasti likaantunut lähinnä viemäri- ja likavesien vaikutuksesta. Jyrkkä kesäkerrostuneisuus. Elektrolyyttien määrä n. 10-kertainen luonnontilaan verrattuna. Pohjaveden hapenkato sekä kesällä että talvella. $KMnO_4$ -luvut osoittavat, että muuta kuin nopeasti hajoavaa ja ravinteita tuottavaa likaantumista ei mainittavasti esiinny.

Iso Valkeinen. Kerrostuu kesällä. Korkea κ_{18} voi johtua piiloveden purkautumisesta. Likaantumisasiaste on toistaiseksi lievähkö, lampi ei ole pilaantumisvaarassa.

Maljalampi. Ruskeavetinen. Runsaasti elektrolyyttejä. Hapittilanne huono sekä kesällä että talvella. Kerrostuu kesällä; ei tasalämpöistä alusvettä. Vaikeasti likaantunut. Pyykinpesu yms. vaarantaa lammen säilymistä esteettisesti tyydyttävänä. Toimenpiteet ovat tarpeelliset maisemallisista syistä (yliopistosuunnitelma?)

Mustinlampi. Ruskea; väri 130—150. Hapittilanne huono. Humuspitoisuutensa vuoksi lampi sietää varsin huonosti viemäri- yms. ravinnelikaantumista.

Sammakkolampi. Ruskea. Runsaasti elektrolyyttejä ($\kappa_{18} = 120—140$). Erittäin vaikeasti likaantunut; tukehtumisvaarassa. Kevättalvella käytännöllisesti katsoen hapenkato pinnasta pohjaan.

VI. KUOPION LANSIPUOLISTEN JA JULKULAN ALUEEN VESIEN LIKAANTUMISASTE.

Savilahti: Asemat VIII, VIII b, VIII c ja VIII d.

Voimakas viemäri-, likavesi- ja maanviljelyslikaantuminen. Ei kerrostu keväällä. Tukehtumisvaarassa talvella. Voimakas yhteyttämistoiminta kesällä; pintaveden pH = 9.7; happi 135 % 24. 8. 1959. Puhdistustoimenpiteet (viemäri-vesien puhdistus) tarpeen sekä hygienisistä että esteettisistä syistä.

Niiva—Julkula—Puijonsarvi; asemat IX, X, X b, XII b, XI ja XII. IX: Syv. n. 13 m. Suhteellisen puhdas, kaupungin vaikutus kuitenkin näkyvissä lähinnä O_2 -arvoissa.

Julkulan B-mielisairaalan edustalla selvä ravinnelikaantuminen (viemärit; maanviljelys). Veden kulkeutuessa edelleen Puijonsarven länsipuolitse ja niemen ympäri puhdistuminen on kesäaikana jo käytännöllisesti katsoen tapahtunut.

Pohjoiskallavedeltä Kuopion koillispuolelle virtaava vesi; V, VI, XIV, XV, XV b, XV c, XV d, XV e, XVII, XVIII.

Ilvessalon pohjoispuolitse itään päin purkautuva vesi on ruskeata (väri 70), ehkä hyvin lievästi maanviljelyksen likaamaa. Humuksen hajoitus aiheuttaa ko. vesityypille ominaisen O_2 - ja CO_2 -kerrostuneisuuden. Kallansiltojen alitse purkautuva vesi on edelleen varsin lievästi likaantunutta; väri kirkastuu n. 10 yksikköä muutaman kilometrin matkalla.

Kaupungin koillispuolelle ennättäessään vesi on suhteellisen puhdasta. Väri on 55—65, $KMnO_4$ -luku 40—55, johtokyky n. 30 ja pH n. 6.7. Likaantuminen on vain biologisin ja kemiallisin menetelmin todettavissa; esteettisiä tai muita selviä virheitä vedessä ei ole.

VII. KUOPION ITÄ- JA ETELÄPUOLISTEN RANTAVESIEN LIKAANTUMISESTA.

Likolahti; as. XIX, XIX b. N. 8 m syvyydellä asemalla jätevesien vaikutus on selvästi todettavissa. Jäteainees on ravinnepitoista ($KMnO_4$ -luvut ovat alhaisia), pohjassa on selvä hapenvajaus.

Itkonniemi. Uimarantojen likaantuminen on aikaisemmin jo esitetty. Viemäriverien vaikutus ei muilla menetelmillä tule läheskään yhtä tehokkaasti todetuksi, kun vesi ei joudu seisomaan paikallaan.

Maljalahti. Keskellä Maljalahtea — asemalla XXIV likaantumisaste ei vielä yli 10 m syvyydessäkään ole selvästi todettavissa vaikka rannat ovatkin likaiset. Sensijaan Savo Oy:n edustalla n. 100 m:n päässä rannasta (as. XXIV c) todetaan voimakas hapenvajaus 15 m:n alapuolella n. 4 m:n vesipatsaassa. Pohjalla on talvella hapenkato ja sinne kertyy muuta vettä raskaampia jäteaineita. Tämä syväne kerää jätteitä melko laajalta Maljalahden pohjoisrannan osalta. Maljalahden perukka rautatien itäpuolella on erittäin vaikeasti likaantunut. Suurin syvyys on n. 10 m. ja 4—5 alinta metriä ovat keskikesällä ja talvella hapettomat. Voimakas likaantuminen näkyy myöskin BHK:n ja johtokyvyn arvoista. Lahden perukka ei kuitenkaan ole välittömässä tukehtumisvaarassa, mikä lienee luettava osaksi Maljapuronkin ansioksi.

Viemäriin T2 edustalla (as. XXVb) 21. 8. 1959 heikot happiarvot ovat viemärisaastutukselle tyypillisiä; $KMnO_4$ -luku on samanaikaisesti pieni. Maljapuron suussa sillan länsipuolella (as. XXVd) vesi on varsin ruskeata (väri 140—150), likaista ja sameata. Maljalammen väri on suunnilleen samoihin aikoihin 65—90.

Viemäreistä T2, T3 ja T4 lähtien pohja laskeutuu suoraan Maljalahden perukan syvänteeseen, missä vaikutukset vasta ovat selvästi todettavissa. Tästä itään — Sammon tehtaan edustalla on 21. 8. 1959 todettu heikko happi-tilanne ja teollisuusjätteiden aiheuttama korkea $KMnO_4$ -luku (as. XXVf).

Ranta-alueet Minna Canthinkadulta etelään.

Kuopion sataman edustalla oleva n. 7 m syvyinen syväne osoittautui havaintokertoina yllättävän puhtaaksi siitä huolimatta, että lähelle purkautuu 3 200:n asukkaan viemäri. Koko tällä ranta-alueella huuhtelu on varsin voimaperäistä. Vain rajoitetussa syvänteessä XXVII todetaan ajoittain pohjaveden hapenkato ja suuria elektrolyyttimääriä. Toinen rajoitettu syväne on Varvisaaren ja Rönönsaaren ja kolmas Neulasaaren ja Honkasaaren välillä (asemat XXVIII d ja XXVIII e). Edellinen kerää tänne asti luoteesta kulkeutuvan jätteen jo niin tarkoin, että jälkimmäinen pysyy pohjaa myöten varsin puhtaana.

Kun vesi on kulkeutunut kaupungin edustalta linjalle Matkusniemi — Muuraisaaret — Hietasalo — Kaijansalo — Säyneensalo, se on ravinnelikaantumisen selvästi "merkitsemää", mutta itsepuhdistuminen on kerinnyt tällä n. 5 km:n matkalla jo tapahtua.

IX. YHTEENVETO TUTKIMUKSEN TULOKSISTA.

Kuopion vaikutus koko Kallaveden likaajana rajoittuu siihen, että kaupungin jätevedet lisäävät veden ravinnepitoisuutta. Kaupungin lähialueiden ulkopuolella — n. 1—2 km:n päässä kaupungista — näillä jätteillä ei enää ole voimakkaasti likaavaa vaikutusta eräiden syvänteiden pohjavesiä lukuunottamatta. Limnologisessa ja kalataloudellisessa mielessä kaupungin jäteaineksen laajaa Kallavettä lannoittava vaikutus on toistaiseksi lähinnä vain biologista — mm. kalatuotantoa — kohottavaa.

Kuopion sijaintipaikan edullisuus ei kuitenkaan estä matalia rantavesiä likaantumasta asumajätevesien vaikutuksesta. Nämä rantavedet, joiden liikkeet aina riippuvat vedenkorkeus-, virtailu- ja tuulisuhteista, ovat yleensä viemäriveriesien saastuttamat. Seurauksena on uimapaikkojen likaantuminen, mistä edellä on esitetty yhteenveto. Vaikka muut seikat eivät erityisemmin kiirehtisikään viemäroimissysteemin uudistamista, tämä toimenpide olisi välttämätön hygienian kannalta.

Kaupungin lähivesistä lähinnä vain Savilahti ja Maljalahden perukka ovat vaikeasti likaantuneita siitä huolimatta, että rantaviivan läheinen matalan veden alue on epäpuhdasta ja paikoitellen esteettisesti epätyytyttävää. Kaupungin itä- ja eteläpuolella olevat rajoitetut syvänteet ovat yleensä voimakkaasti saastuneita, mutta vaikea likaantuminen rajoittuu pohjan läheisiin vesikerroksiin. Näiden syvänteiden ja rantavesien puhdistamisen kannalta olisi edullista, että väkevimmät jätevedet johdettaisiin putkistoa myöten niin kauaksi kaakkoon, että ne voitaisiin päästää suoraan 20 m syvyisiin tai sitä syvempiin ulappavesiin.

Kaupungin tutkituista lammista Sammakkolampi, Maljalampi ja Valkeinen ovat vaikeasti tai erittäin vaikeasti likaantuneita. Maljalammen likaamisen estäminen on mm. esteettisistä syistä tarpeellista.